



**2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή
«Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το
εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές
πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»**

Ρόδος, Παρασκευή 14, Σάββατο 15 και Κυριακή 16 Οκτωβρίου 2016

Πρακτικά Συνεδρίου

Επιμέλεια: Μιχαήλ Σκουμιός, Χρυσάνθη Σκουμπουρδή

Ρόδος 2016

2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή
«Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες:
μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»
Πρακτικά του Συνεδρίου
ISBN: 978-960-86791-6-0

Επιμέλεια έκδοσης: Σκουμιάς Μιχαήλ, Σκουμπουρδή Χρυσάνθη
2016. Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. και
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Πλήρης βιβλιογραφική αναφορά:
Σκουμιάς Μ. & Σκουμπουρδή Χ. (2016). Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή
Συμμετοχή: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές
Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;», σελ. 1-821. <http://ltee.org/sekpy2016>,
Ημερομηνία πρόσβασης: 09/11/2016.

ΣΥΝΔΙΟΡΓΑΝΩΤΕΣ

- Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου
- Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου
- Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου
- Κέντρο Επαγγελματικής Κατάρτισης «Γεώργιος Γεννηματάς»

Υπό την Αιγίδα

της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου

2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή

«Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»

Ρόδος, Παρασκευή 14, Σάββατο 15 και Κυριακή 16 Οκτωβρίου 2016

Συνέδριο με σύστημα κριτών

Όλες οι εργασίες του συνεδρίου κρίθηκαν ανωνύμως από δυο κριτές. Οι κριτές ήταν μέλη της επιστημονικής επιτροπής του συνεδρίου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	7
ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	7
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ	8
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΙΛΙΑ	
Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις; <i>Χρυσάνθη Σκουμπουρδή & Μιχαήλ Σκουμός</i>	15
ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ	
Cultural artefacts: semiotic mediation in the mathematics classroom (with a possible extension to the physics classroom) <i>Maria G. Bartolini Bussi</i>	54
Promoting an interdisciplinary teaching through the use of elements of Greek and Chinese early cosmologies <i>Cécile de Hosson</i>	77
Τα εκπαιδευτικά υλικά στη σχέση εκπαιδευτικών - μαθητών: η μετάβαση από τη σχολική στην επιστημονική κουλτούρα <i>Βασίλης Τσελφές</i>	88
Το εκπαιδευτικό υλικό για τα Μαθηματικά στην εκπαίδευση των Εκπαιδευτικών και στην εκπαίδευση των παιδιών: Πορείες παράλληλες, συγκλίνουσες ή αποκλίνουσες; <i>Μαρία Καλδρυμίδου</i>	104
Η αφήγηση ως διδακτικό εργαλείο: η σημασία της στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών <i>Ιωάννης Χατζηγεωργίου</i>	118
Μαστόρεμα με προσομοιώσεις: πεδίο έρευνας και αξιοποίησης διαισθήσεων και νοηματοδότησης <i>Χρόνης Κωνηρός</i>	136
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	
Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες	
Σχεδιασμός Συνθετικών Μαθησιακών Δραστηριοτήτων για τα Μαθηματικά και τη Φυσική: Κλάσματα και Μείγματα <i>Γεωργία Ιντζίδου & Σόνια Καφούση</i>	165
Σχεδιασμός συνθετικών μαθησιακών δραστηριοτήτων για τα Μαθηματικά και τις ΤΠΕ σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: συνδυαστική και μικρόκοσμος <i>Κωνσταντίνα Φραντζεσκάκη, Σόνια Καφούση & Γεώργιος Φεσάκης</i>	176
Σχεδιασμός συνθετικών μαθησιακών δραστηριοτήτων για τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά στο Νηπιαγωγείο: Καιρός και Στατιστική <i>Περσεφόνη Πετρέλλη & Σόνια Καφούση</i>	186

Ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων για την κατανόηση του μεγέθους στην κλίμακα του νάνο από μαθητές Δημοτικού Σχολείου <i>Αννα Σπύρτου, Γιώργος Πέικος & Λεωνίδα Μάνου</i>	196
Σχεδιασμός φορητού παιχνιδιού για ανάπτυξη εννοιών χώρου και χάρτη σε νήπια <i>Γεώργιος Φεσάκης, Αναστασία- Φεβρωνία Μπεκρή, Αναστασία Κωνσταντοπούλου</i>	206
Διδακτική παρέμβαση με τη χρήση χαρτών στο νηπιαγωγείο στο πλαίσιο της Παιδαγωγικής των Πολυγραμματισμών <i>Σοφία Γκόρια, Βασιλεία Χρηστίδου και Μαρία Παπαδοπούλου</i>	216
Παράγοντες δημιουργικής συνεργασίας εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων για το σχεδιασμό ψηφιακού υλικού στα μαθηματικά <i>Δημήτρης Διαμαντίδης, Μάριος Ξένος & Χρόνης Κυνηγός</i>	226
Περιεκτικότητα διαλύματος & κλίση ευθείας: Μια διδακτική παρέμβαση στο Γυμνάσιο <i>Βασιλική Γκίτζια & Δημήτρης Διαμαντίδης</i>	236
Η γραμμική συνάρτηση στα Μαθηματικά και στη Φυσική από το Γυμνάσιο μέχρι την Άλγεβρα και την Κινηματική της Α΄ Λυκείου <i>Κώστας Μαλλιάρης & Θεοχαρό Ε. Ματζαβίνου</i>	246
Κατανόηση στατιστικών εννοιών μέσω γραφημάτων από ενήλικες <i>Αριστούλα Κοντογιάννη & Κωνσταντίνος Τάτσης</i>	258
Συνδυαστικές Δραστηριότητες Μαθηματικών και Μελέτης Περιβάλλοντος στη Β΄ τάξη του Δημοτικού σχολείου που αναδεικνύουν αναστοχαστικό συλλογισμό <i>Ευάγγελος Μώκος, Ναταλία Μαυρίδου & Βικτώρια Μπόνταρ</i>	269
Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά	
Επιστημονική εγκυρότητα εικονογραφημένων βιβλίων με γεωμετρικά σχήματα <i>Αντωνία Μαθά & Χρυσάνθη Σκουμπουρδή</i>	279
Επίλυση προβλήματος συνδυασμού από μαθητές-8 ετών <i>Εμμανουέλα Σκανδαλάκη & Χρυσάνθη Σκουμπουρδή</i>	289
Οργάνωση δεδομένων και παρουσίαση πληροφοριών από παιδιά Δ΄ Δημοτικού <i>Αικατερίνη Βασιλά & Δέσποινα Δεσλή</i>	299
Οπτική παρουσίαση των πληροφοριών σε ένα μαθηματικό πρόβλημα: Η περίπτωση των ραβδογραμμάτων <i>Δέσποινα Δεσλή & Σοφία Σεϊσογλου</i>	309
Νέες διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία των Μαθηματικών του δημοτικού σχολείου. Η συμβολή των νοερών και κατ' εκτίμηση υπολογισμών <i>Ευγένιος Αυγερινός & Ιωάννα Φωτεινοπούλου</i>	319
Επιχειρώντας τη μαθηματική γενίκευση στην Γ΄ Δημοτικού μέσα από τη «φάρμα του θείου Πέτρου» <i>Ναυσικά Πατσιλά & Ιωάννης Παπαδόπουλος</i>	332
Γρίφοι mobile στις σχέσεις ισοδυναμίας; <i>Ιωάννης Παπαδόπουλος, Θεονίσα Κινδύνη & Ξανθίπη Τσακαλάκη</i>	349
Δοκίμο Αξιολόγησης Ικανοτήτων Μαθηματικής Μοντελοποίησης για μαθητές του Δημοτικού: Οικοδόμηση και Εγκυροποίηση <i>Γιάννης Χαραλάμπους & Ρίτα Πανασούρα</i>	359

Κατασκευή προβλημάτων με χρήση εικόνων <i>Διονυσία Γεωργέλη & Κωνσταντίνος Τάτσης</i>	369
Εκπαιδευτικό υλικό ως στοιχείο της μαθηματικής δραστηριότητας <i>Μαριάννα Τζεκάκη</i>	380
Απόψεις υποψηφίων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για το υλικό στη διδασκαλία των μαθηματικών <i>Μαρία Καλαφατά, Χρυσάνθη Σκουμπουρδή & Παρασκευή-Τσαμπίκα Χρυσανθή</i>	391
Διαδρομές συνάντησης μέσω των αριθμών: Μελέτη περίπτωσης μαθήτριας με ήπια νοητική υστέρηση και παραμέληση <i>Ασημίνα Τσιμπιδάκη</i>	401
Εκπαιδευτικά υλικά και βοηθητικά μέσα για τη διδασκαλία της έννοιας του εμβαδού σε τυφλούς μαθητές <i>Μαρία Κόζα & Χρυσάνθη Σκουμπουρδή</i>	411
Διδακτικές μετατοπίσεις με εργαλείο τη μαθηματική μοντελοποίηση <i>Βασίλης Τσίτσος & Χαρούλα Σταθοπούλου</i>	421
Ο ρόλος των εικονικών αναπαραστάσεων στον εντοπισμό λαθών των μαθητών στην κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης <i>Κυριάκος Κυριακού & Ρίτα Παναούρα</i>	431
Το «Λάθος» και το «Αντιπαράδειγμα» στο Πλαίσιο της Σύγχρονης Μαθηματικής Παιδείας. Η Συμβολή τους στη Διδασκαλία των Μαθηματικών υπό τη Φιλοσοφία της RME <i>Ευγένιος Αυγερινός, Χρήστος Αντρέου & Ρόζα Βλάχου</i>	441
Επιχειρηματολογία, συμμετοχή και ρεαλιστικό πρόβλημα: η περίπτωση μιας τάξης ΕΠΑ.Λ. <i>Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος & Ουρανία Καμάμη</i>	451
Το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες	
Αρχές σχεδιασμού προγραμμάτων επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη Φύση των Φυσικών Επιστημών <i>Παναγιώτης Πήλιουρας, Ευθύμιος Σταμούλης, Νεκτάριος Τσαγλιώτης & Κατερίνα Πλακίτση</i>	463
Η διδασκαλία των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών: Μια προσέγγιση υπό το πρίσμα της θεωρίας της δραστηριότητας <i>Ευθύμιος Σταμούλης & Κατερίνα Πλακίτση</i>	473
Μια διερεύνηση στον ηλεκτρομαγνητισμό μέσα από την (ανα)κατασκευή του «ηλεκτρομαγνητικού στροφέα» του Faraday με απλά υλικά <i>Νεκτάριος Τσαγλιώτης, Ευθύμιος Σταμούλης, Νίκος Κολιός, Παναγιώτης Πήλιουρας & Κατερίνα Πλακίτση</i>	483
Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών για τα Σχολικά Εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο <i>Γεώργιος Στύλος & Κων/νος Κώτσης</i>	495
Συnergατικός σχεδιασμός θεματικών ενοτήτων για τον επιστημονικό γραμματισμό στα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας <i>Σπύρος Κόλλας & Κρυσταλλία Χαλκιά</i>	506
Σενάριο διδασκαλίας για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός με τη χρήση του λογισμικού «ΜΑΘΗΜΑ» σε μαθητές Ε΄ Δημοτικού Σχολείου <i>Φίλιππος Β. Ευαγγέλου & Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης</i>	516

Οι επιστημονικές πρακτικές στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου <i>Ιωάννα Ραγκούση & Μιχαήλ Σκουμιάς</i>	526
Η επίδραση ενός εκπαιδευτικού υλικού για το πεπτικό σύστημα στις αντιλήψεις παιδιών προσχολικής ηλικίας <i>Βασιλική Μητακίδη & Μιχαήλ Σκουμιάς</i>	537
Οι επιπτώσεις μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στις πρακτικές σχεδίασης έρευνας των μαθητών του δημοτικού σχολείου <i>Ευδοκία Ανδρικοπούλου & Μιχαήλ Σκουμιάς</i>	547
Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα <i>Αργυρία Τζικούλη & Μιχαήλ Σκουμιάς</i>	557
Λέξεις-κλειδιά σε ερευνητικές εργασίες για τη Διδασκαλία ενοτήτων των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες. Αξιοποίηση στη σχολική τάξη <i>Γιώργος Καλιαμπός, Αλκησitis Βερέβη, Αθανασία Παναγοπούλου, Παναγιώτης Φ. Παπαλεξόπουλος & Διονύσης Βαβουγιός</i>	567
Κριτική Παιδαγωγική και Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικών Επιστημών <i>Κωνσταντίνος Π. Μπούσιος</i>	576
Μελέτη της σχέσης ανάμεσα στο περιεχόμενο των ερωτήσεων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικής Β΄ τάξης Γυμνασίου και στις μαθησιακές δραστηριότητές τους <i>Λεμονιά Σαπουντζή & Μιχαήλ Σκουμιάς</i>	587
Διδακτικό Υλικό για την Αυτόνομη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά: Μελέτη Περίπτωσης στον Όμιλο Φυσικών Επιστημών Δημοτικού Σχολείου <i>Κωνσταντίνος Καράμπελας</i>	597
Οι επιστημονικές πρακτικές των φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου: η περίπτωση της σχεδίασης έρευνας <i>Χριστίνα Λούτση & Μιχαήλ Σκουμιάς</i>	614
Διαθεματικές πρακτικές στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για την Γεωγραφία: Η περίπτωση του προγράμματος I-USE <i>Αικατερίνη Κλωνάρη</i>	624
Εφαρμογή ενοτήτων έρευνας αιχμής από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς <i>Αιμιλία Μιχαηλίδη & Δημήτρης Σταύρου</i>	635
Μελλοντικοί εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν και αναπτύσσουν μικροταινίες vines ως εκπαιδευτικό υλικό για τις φυσικές επιστήμες <i>Ελένη Γέντζη & Φανή Σέρογλου</i>	645
Ποσοτικά πειράματα Φυσικής με τη χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων και τάμπλετς: επιμόρφωση εκπαιδευτικών στη χρήση τους σε μία παιδική χαρά <i>Θεόδωρος Πιερράτος & Γεώργιος Πριμεράκης</i>	655
Οι συνθετικές ομαδικές εργασίες σε ένα πρότυπο γυμνάσιο: η περίπτωση της πυρηνικής ενέργειας 665 <i>Γεώργιος Τσαπαρλής, Βασιλική Βλάχα, Κωνσταντίνα Μαλάμου, Ιωάννα Νείλα & Χριστίνα Παντούλα</i>	665

Χημικές εξισώσεις στο γυμνάσιο με σύμβολα και με προσομοιώματα <i>Γιαννούλα Πανταζή & Γεώργιος Τσαπαρλής</i>	677
Έρευνα Διαθεματικής Διδακτικής Πρότασης στο μάθημα της Άωσης <i>Δρ. Στέλιος Ορφανός, Δρ. Ιωάννης Καραγιάννης, Δρ. Παναγιώτης Μπερεδήμας, Έλενα Δαφνή & Αικατερίνη Τριανταφύλλου</i>	690
Το παιχνίδι ρόλων ως μέθοδος διδασκαλίας της βιολογίας στην αυλή του σχολείου <i>Μιχαήλ Χατζηνικόλας & Τσαμπίκα Γεωργιά</i>	699

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Διδακτικές προτάσεις για τα Μαθηματικά

Διδακτική πρόταση για μέτρηση αποστάσεων με τη βοήθεια του Pro-bot. <i>Αναστασία Ρεβίθη, Θεόδωρος Κομηνέας & Κωνσταντίνος Ζαχάρος</i>	711
Διερευνητική προσέγγιση (investigative approach) στα μαθηματικά. Μια διδακτική πρόταση. <i>Χαράλαμπος Μπαμπορούτσος</i>	716
Τέσσερις δραστηριότητες για την ανάπτυξη της αλγεβρικής σκέψης στην πρωτοσχολική ηλικία <i>Αναστασία Γκουλγκούτη & Ξένια Βαμβακούση</i>	721
Εκπαιδευτικό παιχνίδι: Ο Αρχιμήδης πάει κατασκήνωση! <i>Λυδία Μπαλωμένου & Κωνσταντίνος Τάτσης</i>	726
Η εκμάθηση της προπαίδειας στην β' τάξη του δημοτικού σχολείου – Διδακτική πρακτική <i>Αγγελική Τσαμπουράκη</i>	731
Εκπαιδευτικό υλικό για ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά <i>Δήμητρα Ρεμούνδου & Ευγένιος Αυγερινός</i>	736
Πρόσθεση και αφαίρεση με τη χρήση χειραπτικού και εποπτικού υλικού: Μελέτη περίπτωσης παιδιού με Διάχυτη Αναπτυξιακή Διαταραχή <i>Παρασκευή Κοτσακιαχίδου</i>	742
Δραστηριότητες στα Μαθηματικά: Μελέτη περίπτωσης Μαθηματικά Α' Γυμνασίου <i>Στυλιανή Ζιώγα & Γεώργιος Κατωγιάννης</i>	748

Διδακτικές προτάσεις για τις Φυσικές Επιστήμες

Ψηφιοποίηση των πειραμάτων της Φυσικής του μαθήματος «Φυσικά Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου <i>Ευαγγελία Δ. Ζαρκανέλα, Γεώργιος Κ. Ζαχαρής & Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος</i>	754
«Ταξίδι στ' αστέρια με οδηγό τη μυθολογία» μέσα από Slowmation (Slow Motion Animation) και τη χρήση Τ.Π.Ε. στο Δημοτικό Σχολείο <i>Κωνσταντίνος Φαντέλας, Παρασκευή – Αικατερίνη Κολοκυθά & Βασιλική Σίμηνα</i>	759
Μια πρόταση για διεπιστημονική διδασκαλία Γεωγραφίας στην Στ' τάξη του Δημοτικού Σχολείου με πειράματα Φυσικής. <i>Γεώργιος Πριμεράκης</i>	765
Η Έννοια της Διαδρομής στο Πλαίσιο Διαφόρων Ψηφιακών Μέσων και Περιβαλλόντων σε Παιδιά Προσχολικής Ηλικίας. <i>Αρετή Παπανικολάτου & Δέσποινα Χαλούλη</i>	770

Εργαστήριο Ένταξης Εκπαιδευτικών Σεναρίων για τις Φυσικές Επιστήμες <i>Στέλιος Ορφανός & Γιώργος Κρητικός</i> <i>Ομάδα σχεδιασμού & υλοποίησης σεναρίων: Άννα Μυρωνάκη, Χριστίνα Μαστή, Χριστίνα Ανθούλας, Βασίλειος Σκουλλής & Γεωργία Περώνη</i>	778
Σχεδιάζοντας μαθησιακά περιβάλλοντα για την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας με την αξιοποίηση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων <i>Δρ Ανδρεανή Μπάιτελμαν</i>	789
Πρόταση διδασκαλίας για την ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση μέσω υπολογιστικής προσομοίωσης και μέσω ρομποτικής εξομοίωσης <i>Δημήτρης Δανελλάκης, Δημήτρης Κλαδογένης, Γιώργος Κρητικός, Κωνσταντίνος Κωσταλίας & Αργυρώ Πέτρου</i>	799
Πρόταση διδασκαλίας-προπόνησης μαθητών/τριών στο πλαίσιο του διαγωνισμού πειραμάτων EUSO <i>Γιώργος Κρητικός & Θεοχαρό Ματζαβίνου</i>	804
Οι εικονικές αναπαραστάσεις ως μέσο κατανόησης του πολλαπλασιαστικού συλλογισμού σε παιδιά με διάγνωση συνδρόμου Asperger <i>Ιωάννης Νούλης</i>	809
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ	819
ΧΟΡΗΓΟΙ	821

ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σκουμπουρδή Χρυσάνθη
Σκουμιάς Μιχαήλ
Καλαβάσης Φραγκίσκος

Ζουμπά Χρυσούλα
Κρητικός Γεώργιος
Βρατσάλη Νεφέλη

Γιαννάς Νικόλαος
Ευσταθίου Σεβαστή
Καλαφατά Μαρία
Καμενίδου Νατάσα
Καντίνου Κατερίνα
Καράμπελας Κωνσταντίνος
Κερπηγιώτη Θεώνη
Κοζάς Κωνσταντίνος
Κόζα Μαρία
Κολοκυθάς Ανδρέας-Δημήτριος
Κυριακούλη Ελένη
Κωνσταντινίδης Παύλος
Κωνσταντίνου Μαίρη
Ματζαβίνου Θεοχαρά
Μούτσιος-Ρέντζος Ανδρέας
Μπούτης Μιχάλης
Παπαδάκης Δημήτρης
Πινίκα Βασιλεία
Σέλληνα Χριστίνα
Σκανδαλάκη Εμμανουέλα
Τσιγάρος Θεολόγος
Φιρογλάνης Μόσχος
Χρυσανθή Παρασκευή

ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Βαρβαρέσος Παναγιώτης
Γαρείου Ειρήνη Ανδριάνα
Γερασιμοπούλου Βασιλική
Γεωργίου Γεώργιος
Γιαννακοπούλου Αφροδίτη
Ζαχαράτου Σοφία
Καζάκου Μαρία
Καπέλλα Μαρία
Κατσή Δήμητρα
Κεφάλα Ειρήνη
Κορωναίου Χριστίνα

Κύρη Δήμητρα
Κυριάκου Καλλιόπη
Λαός Δημήτρης
Λώλη Έλενα
Μακρή Αθανασία
Μακρυστάθη Ιωάννα
Ματζαρίδου Καλλιόπη
Μανωλιού Ανθούλα
Μαστροκώστα Σταμουλία
Μιχαήλ Μιχάλης
Μίχου Σταυρούλα
Παππά Μαρία
Σαββάτη Αναστασία
Σαλαούρα Κατερίνα Μαρία
Σιαφάκας Βασίλης
Σκλαβούνου Βαρβάρα
Σμαράδου Καλλιόπη
Σταμούλου Στεφανία
Στεργίου Αθανάσιος
Συριώδη Δέσποινα
Τόγια Σωτηρία
Τομαρά Δήμητρα
Τριανταφυλλάκη Σοφία
Τριανταφύλλου Γεώργιος
Τρούμπα Ευαγγελία
Φούντα Χριστίνα
Φραγκιαδάκη Χρυσάνθη
Φρυγανά Παρασκευή
Χαϊτογλου Σοφία

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αυγερινός Ευγένιος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Βαβουγιός Διονύσιος, ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Βαμβακούση Ξένια, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Βλαχάκης Γεώργιος, ΣΑΣ, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Δεσλή Δέσποινα, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Δημητρακοπούλου Αγγελική, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Δημητρίου Αναστασία, ΤΕΕΠΗ, Πανεπιστήμιο Θράκης
Δημόπουλος Κωνσταντίνος, ΤΚΕΠ, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Ζαχαριάδης Θεοδόσιος, ΤΜ, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Ζαχάρος Κωνσταντίνος, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
Καλαβάσης Φραγκίσκος, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Καλδρυμίδου Μαρία, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Καλογιαννάκης Μιχαήλ, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Καμπουράκης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Γενεύης
Καμπουρίδη Βαρβάρα, Σχολική Σύμβουλος Α΄ Βάθμιας Εκπαίδευσης

Καριώτογλου Πέτρος, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Καρούση Σουλτάνα, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Κεϊσογλου Στέφανος, Σχολικός Σύμβουλος Μαθηματικών
Κολέζα Ευγενία, ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίων Πατρών
Κολιόπουλος Δημήτριος, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
Κουλαϊδής Βασίλειος, ΤΚΕΠ, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Κουμαράς Παναγιώτης, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Κρητικός Γιώργος, Διδάκτωρ Διδακτικής Φυσικής
Κυνηγός Χρόνης, ΕΕΤ, ΦΠΨ, ΕΚΠΑ
Κώτσης Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Λεμονίδης Χαράλαμπος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Μαυρικάκη Ευαγγελία, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ
Μικρόπουλος Αναστάσιος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Μούτσιος-Ρέντζος Ανδρέας, Διδάκτωρ Διδακτικής Μαθηματικών
Μπαράλης Γιώργος, ΕΚΠΑ
Μπούφη Άντα, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ
Νικολαντωνάκης Κώστας, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Παντίδος Παναγιώτης, ΤΕΠΑΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/ης
Παπαγεωργίου Γεώργιος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θράκης
Παπαδόπουλος Ιωάννης, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πίττα-Πανταζή Δήμητρα, ΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Κύπρου
Πλακίτση Κατερίνα, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Πολάτογλου Χαρίτων, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ
Πόταρη Δέσποινα, ΤΜ, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Ραβάνης Κωνσταντίνος, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
Σακονίδης Χαράλαμπος, ΠΤΔΕ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Σάλτας Βασίλειος, Διδάκτωρ, Επ. Συνεργάτης ΑΣΠΑΙΤΕ & ΤΕΙ
Σδρόλιας Κωνσταντίνος, Σχολικός Σύμβουλος Α΄βάθμιας Εκπαίδευσης
Σέρογλου Φανή, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σκορδούλης Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ
Σκουμιάς Μιχαήλ, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σκουμπουρδή Χρυσάνθη, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σμυρναίου Ζαχαρούλα, Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, ΕΚΠ
Σπύρτου Άννα, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Σταθοπούλου Χαρίκλεια, ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σταυρίδου Ελένη, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σταύρου Δημήτριος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τάτσης Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τζανάκης Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τζεκάκη Μαριάννα, ΤΕΠΑΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Τριανταφυλλίδης Τριαντάφυλλος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τσαπαρλής Γεώργιος, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τσελφές Βασίλης, ΤΕΑΠΗ, ΕΚΠΑ
Τσιμπιάκη Ασημίνα, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Φεσσάκης Γιώργος, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Χαβίρaris Πέτρος, Εκπαιδευτικός, Διδάκτωρ Διδακτικής Μαθηματικών
Χαλκιά-Θεοδωρίδου Κρυσταλλία, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

Χασάπης Δημήτρης, ΤΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Χασιώτης Χρίστος, Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Χατζηγεωργίου Ιωάννης, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Χατζηνικήτα Βασιλεία, ΣΑΣ, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Χιονίδου-Μοσκόφογλου Μαρία, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Χρηστίδου Βασιλεία, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Χρήστου Κωνσταντίνος, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Χρίστου Κωνσταντίνος, ΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Κύπρου
Χρονάκη Άννα, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Ψυχάρης Σαράντος, ΑΣΠΑΙΤΕ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε αυτό το τόμο δημοσιεύονται οι εισηγήσεις που παρουσιάστηκαν είτε ως ερευνητικές εργασίες είτε ως διδακτικές προτάσεις στο 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή με θέμα: «**Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις**». Το συνέδριο πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου στη Ρόδο κατά το διάστημα 14-16 Οκτωβρίου 2016.

Το Συνέδριο διοργανώθηκε από το Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου και από το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου, σε συνεργασία με την Περιφέρεια Ν. Αιγαίου, με το Κέντρο Επαγγελματικής Κατάρτισης «Γεώργιος Γεννηματάς», υπό την αιγίδα της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Το Συνέδριο αυτό, με σκοπό να συνεχίσει τον προβληματισμό και τον διάλογο που αναπτύχθηκε στο 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή: «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες» (Οκτώβριος 2014), προσκάλεσε εκπαιδευτικούς, επιστήμονες και ερευνητές να παρουσιάσουν τις προτάσεις τους, τις αναζητήσεις τους, καθώς και τα αποτελέσματα των ερευνών τους για το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες.

Η μαθησιακή διαδικασία διαμορφώνεται σε μεγάλο βαθμό από το εκπαιδευτικό υλικό που οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν κατά τη διδασκαλία. Το εκπαιδευτικό υλικό επιδρά άμεσα στη μάθηση των μαθητών καθώς οι μαθητές αλληλεπιδρούν με αυτό. Επίσης, επηρεάζει έμμεσα τη μάθηση των μαθητών μέσω των αλληλεπιδράσεών του με τους εκπαιδευτικούς και τις διδακτικές τους αποφάσεις. Το εκπαιδευτικό υλικό λοιπόν έχει σημαντικές επιπτώσεις στη μάθηση των μαθητών. Τι συμβαίνει όμως, όταν σε μια διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών το υλικό αναφέρεται σε συναφείς έννοιες; Ή όταν ένα παρεμφερές υλικό χρησιμοποιείται σε δυο επισήμως διακριτά διδακτικά αντικείμενα; Ή, όταν ο διδάσκων είναι ο ίδιος, όπως στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, και όταν είναι διαφορετικός, όπως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση;

Στο επίκεντρο αυτού του συνεδρίου βρέθηκε η σχεδίαση, η παραγωγή, η διαχείριση και η αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, αλλά και οι αλληλεπιδράσεις εκπαιδευτικών, μαθητών και εκπαιδευτικού υλικού. Πιο συγκεκριμένα, στο συνέδριο αυτό συζητήθηκαν θέματα που αφορούν στη δυνατότητα συνεργατικής ανάπτυξης νέου εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, καθώς επίσης και την ανάλυση, τη χρήση και την αποτελεσματικότητα του υφιστάμενου εκπαιδευτικού υλικού στη διδακτική διαδικασία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.

Στις βασικές επιδιώξεις του συνεδρίου ήταν και η ανταλλαγή απόψεων για τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην έρευνα για το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, καθώς επίσης και στις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην έρευνα για

την ανάπτυξη έντυπου/φυσικού και ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Επιπρόσθετα, συζητήθηκαν θέματα που σχετίζονται με διεπιστημονικές προσεγγίσεις στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού, καθώς και θέματα που αφορούν στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

Το Συνέδριο αυτό απέβλεπε τόσο στη βελτίωση της ποιότητας του παρεχόμενου εκπαιδευτικού έργου όσο και στη διευκόλυνση της πρόσβασης των μελών της εκπαιδευτικής κοινότητας σε σύγχρονο εκπαιδευτικό υλικό, καθώς και σε τεκμηριωμένα αποτελέσματα από τη χρήση του στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στα Πρακτικά του Συνεδρίου, προτάσσεται το κείμενο των επιμελητών της έκδοσης, το οποίο απετέλεσε και την εισαγωγική ομιλία στο Συνέδριο και ακολούθως τα κείμενα των προσκεκλημένων ομιλητών. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα άρθρα που παρουσιάστηκαν ως ερευνητικές εργασίες και έπειτα τα άρθρα που παρουσιάστηκαν ως διδακτικές προτάσεις. Οι ερευνητικές εργασίες κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις ενότητες και οι διδακτικές προτάσεις σε δύο ενότητες.

Ως οργανωτική επιτροπή της έκδοσης των Πρακτικών του Συνεδρίου θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά όλους και όλες που συμμετείχαν στο Συνέδριο, είτε ως συγγραφείς εργασιών είτε ως ακροατές. Θα θέλαμε ακόμη να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τους προσκεκλημένους ομιλητές μας, την **Maria Bartolini Bussi**, Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου της Modena και του Reggio Emilia της Ιταλίας, την **Cécile de Hosson**, Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Paris Diderot της Γαλλίας, την **Μαρία Καλδρυμίδου**, Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, τον **Βασίλη Τσελφέ**, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών, τον **Ιωάννη Χατζηγεωργίου**, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αιγαίου και τον **Χρόνη Κωνηγό**, Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αθηνών, οι οποίοι με το κύρος και την επιστημονικότητά τους συνεισέφεραν τα μέγιστα στην επιτυχία του Συνεδρίου.

Είμαστε, επίσης, ιδιαίτερα ευγνώμονες στους κριτές που διέθεσαν μέρος του πολύτιμου χρόνου τους για την αξιολόγηση των εργασιών που κατατέθηκαν προς δημοσίευση. Η βοήθειά τους ήταν καθοριστική όχι μόνο για την επιλογή των ανακοινώσεων που παρουσιάστηκαν στο Συνέδριο, αλλά και για τη διασφάλιση της επιστημονικότητας και της ποιότητας των Πρακτικών.

Επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε επίσης όλους τους συναδέλφους και τις συναδέλφισες, εθελοντές και εθελόντριες φοιτητές και φοιτήτριες και τα μέλη της οργανωτικής και της υποστηρικτικής επιτροπής, που βοήθησαν στη διοργάνωση του Συνεδρίου, στην επιτυχή διεξαγωγή του και στην έκδοση των Πρακτικών.

Το Συνέδριο δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί, ιδιαίτερα αυτήν τη χρονική περίοδο, αν δεν είχαμε την ηθική και οικονομική υποστήριξη φορέων και ατόμων. Από τη θέση αυτή θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά όσους πίστεψαν σε αυτή την προσπάθεια και δέσμευσαν χρόνο και πόρους για να γίνει πραγματικότητα αυτό το Συνέδριο, και ειδικότερα:

- την Κοσμητεία της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και ιδιαίτερα την Κοσμητόρισα της Σχολής Καθηγήτρια κ. Έλενα Θεοδωροπούλου,

για την πολύμορφη, συστηματική και αμέριστη ενθάρρυνσή της και γιατί έθεσε υπό την αιγίδα της Σχολής το Συνέδριο.

- την Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου που είναι συνδιοργανωτής του συνεδρίου και ιδιαίτερα τον Περιφερειάρχη κ. Γεώργιο Χατζημάρκο, καθώς και τον εντεταλμένο περιφερειακό σύμβουλο Δια βίου Μάθησης κ. Άγγελο Ανανία για την ενθάρρυνσή τους και για τη οικονομική υποστήριξη που μας παρείχαν.
- το Κέντρο Επαγγελματικής Κατάρτισης «Γεώργιος Γεννηματάς» που επίσης ανήκει στους συνδιοργανωτές του Συνεδρίου και ιδιαίτερα τον Πρόεδρό του κ. Δημήτριο Τσοπανάκη και τον διευθυντή κατάρτισης κ. Κωνσταντίνο Χατζηδάκη για την οικονομική υποστήριξή του προς το Συνέδριο.

Επιπλέον, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τους χορηγούς του Συνεδρίου που πρόθυμα ανταποκρίθηκαν στο κάλεσμά μας και ειδικότερα:

- το Δήμο Ρόδου, και ιδιαίτερα το Δήμαρχο Ρόδου κ. Φώτη Χατζηδιάκο,
- την Ιερά Μητρόπολη Ρόδου,
- το ίδρυμα Εμμανουήλ και Μαρίας Σταματίου.

Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνουμε στον κ. Φραγκίσκο Καλαβάση, Καθηγητή του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστήμιου Αιγαίου που συνέλαβε την ιδέα να οργανωθούν τέτοια Συνέδρια εστιασμένα στο εκπαιδευτικό υλικό στο οποίο να αλληλεπιδρούν οι ερευνητικοί χώροι της Διδακτικής των Μαθηματικών και της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Μέσα από τις εργασίες που περιέχονται στα Πρακτικά του Συνεδρίου, αναδύεται το έντονο ενδιαφέρον πάνω στο εκπαιδευτικό υλικό για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, ένα ερευνητικό πεδίο ιδιαίτερα σημαντικό για το χώρο της εκπαίδευσης. Θεωρούμε ότι οι εργασίες που περιλαμβάνονται σε αυτό τον τόμο θα συμβάλουν στην αναβάθμιση της ποιότητας της παρεχόμενης εκπαίδευσης στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες στον τόπο μας.

Οι Επιμελητές της Έκδοσης

Μιχαήλ Σκουμιάς και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΙΛΙΑ

Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;

Χρυσάνθη Σκουμπουρδή¹ & Μιχαήλ Σκουμιός²

¹ Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ., Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kara@aegean.gr

² Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι προσπάθειες για βελτίωση της εκπαίδευσης των μαθητών στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες έτειναν να ακολουθούν διακριτές «πορείες». Είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που επικεντρώνεται στο αν και πώς αυτά τα πεδία μπορούν να αλληλεπιδράσουν ώστε να βελτιωθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα. Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης τα μοντέλα ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Αρχικά, η εργασία εστιάζεται στις απόπειρες που έχουν πραγματοποιηθεί για συνδέσεις ανάμεσα στα προγράμματα και τη διδασκαλία των δύο αυτών πεδίων. Στη συνέχεια, αναφέρονται τα εμπειρικά δεδομένα που έχουν προκύψει από την εφαρμογή ενοποιημένων προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Ακολούθως, παρουσιάζονται ένα προτεινόμενο πλαίσιο μοντέλων ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, ένα πλαίσιο έρευνας για την ανάπτυξη αυτού του εκπαιδευτικού υλικού, καθώς επίσης και μια σειρά ερωτημάτων για έρευνα αναφορικά με την αποτελεσματικότητα αυτού του εκπαιδευτικού υλικού.

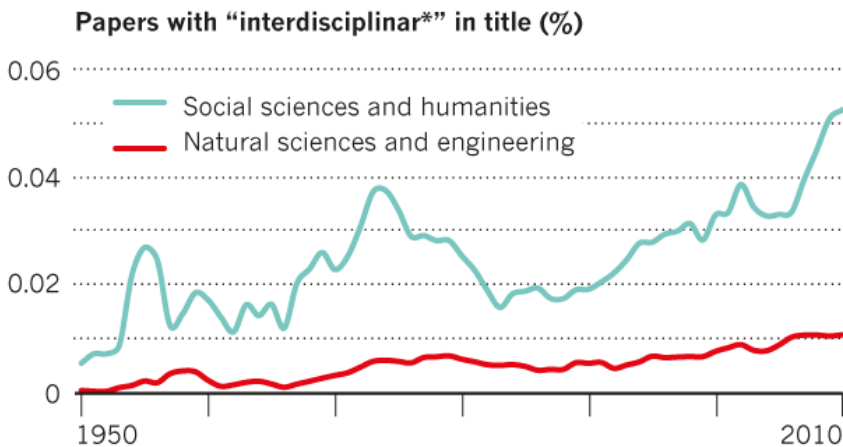
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μοντέλα ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού, Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες, διεπιστημονικές προσεγγίσεις.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχουν προταθεί απόψεις που υποστηρίζουν τόσο τον παραδοσιακό διαχωρισμό των επιστημονικών πεδίων όσο και τις μεταξύ τους ενοποιήσεις. Η ακαδημαϊκή γνώση παραδοσιακά έχει δομηθεί σε επιστημονικά πεδία («Φυσικές Επιστήμες», «Μηχανική και Τεχνολογία», «Ιατρική και Επιστήμες Υγείας», «Γεωργικές Επιστήμες», «Κοινωνικές Επιστήμες» και «Ανθρωπιστικές Επιστήμες») (OECD, 2007). Έχει υποστηριχθεί ότι τα μεμονωμένα επιστημονικά πεδία και οι επιμέρους κλάδοι τους είναι ο προσφορότερος τρόπος οργάνωσης της γνώσης (Gardner & Boix-Mansilla, 1994). Ωστόσο, έχει προταθεί και η αντίθετη της θέση. Σύμφωνα με αυτήν, ο διαχωρισμός των επιστημονικών πεδίων είναι τεχνητός και χωρίς ιδιαίτερη σημασία στις μέρες μας (Perkins, 1981). Τα παγκόσμια προβλήματα, όπως η κλιματική αλλαγή, ο υπερπληθυσμός, η διαχείριση των φυσικών

πόρων, η υγεία, η βιοποικιλότητα, η μείωση των ενεργειακών και υδάτινων πόρων, καθιστούν επιβεβλημένη την αλληλεπίδραση μεταξύ των διάφορων επιστημονικών πεδίων, καθώς επίσης και τη διεθνή συνεργασία (Thomas & Watters, 2015). Απαιτείται να διαμορφωθούν οι κατάλληλες προϋποθέσεις διεπιστημονικής έρευνας και συνεργασιών για την πολύπλευρη διερεύνηση και αντιμετώπιση των προβλημάτων. Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται διεπιστημονικές συνέργειες ανάμεσα στα επιστημονικά πεδία. Αυτές μετακινούν τα γνωσιολογικά «σύνορα» ανάμεσα στα συνεργαζόμενα επιστημονικά πεδία και δημιουργούν καινούργιες έννοιες και κατηγορίες που ερμηνεύουν πιο σφαιρικά τα φαινόμενα (Huerta, Farber, Wilder, Kleinman, Grady, et al., 2005). Η βιβλιομετρική ανάλυση ανέδειξε τον διεπιστημονικό χαρακτήρα της σύγχρονης έρευνας, όπως αυτός αποτυπώνεται στους τίτλους των επιστημονικών άρθρων της περιόδου 1950-2010 (βλ. Σχήμα 1).

Σχήμα 1: Η εμφάνιση των όρων «διεπιστημονική/διεπιστημονικότητα» στους τίτλους των επιστημονικών άρθρων της περιόδου 1950-2010. [Πηγή: Larivière & Gingras, 2014].



Η τάση για συνέργειες ανάμεσα στα διάφορα επιστημονικά πεδία δεν έχει αφήσει ανεπηρέαστα και τα πεδία της Διδακτικής των Μαθηματικών και της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, μολονότι για πολλά χρόνια κυριαρχούσε η άποψη ότι θα πρέπει να αποφεύγονται οι ενοποιήσεις των προγραμμάτων και της διδασκαλίας των δύο αυτών πεδίων, αφού η ανάμειξη των πεδίων θα μπορούσε να κάνει τους μαθητές να μην κατανοούν σημαντικές διαφορές τους (Berlin & White, 1992). Μολονότι η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες είναι μακρόχρονη, μόλις στις αρχές του 20ου αιώνα η συνεργασία των δύο αυτών πεδίων προσέλκυσε το ενδιαφέρον των ερευνητών της εκπαίδευσης (Hurley, 2001). Το πρώτο άρθρο για αυτό το

θέμα δημοσιεύτηκε το 1905 στο περιοδικό *School Science and Mathematics*. Οι Berlin και Lee (2005) συνέκριναν τον αριθμό των άρθρων που εστιάζονται στην ενοποίηση των προγραμμάτων και της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών σε δύο περιόδους 1901-1989 και 1990-2001. Προέκυψε ότι στο διάστημα 1901-1989 δημοσιεύτηκαν 401 άρθρα, από τα οποία τα 255 εστιάζονταν στην ενοποίηση της διδασκαλίας, 40 στην ενοποίηση των προγραμμάτων, 83 στην έρευνα για την ενοποίηση, 20 στην ενοποίηση των προγραμμάτων και της διδασκαλίας και 4 στην αξιολόγηση των ενοποιημένων προγραμμάτων. Το διάστημα 1990-2001 δημοσιεύτηκαν 449 άρθρα από τα οποία η μεγάλη πλειοψηφία αφορούσε στην ενοποιημένη διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι έχουν αυξηθεί οι έρευνες που εστιάζονται στην ενοποίηση Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών την περίοδο 1901-1989 σε σχέση με την περίοδο 1990-2001.

Ο μεγάλος αριθμός δημοσιεύσεων έχει ως συνέπεια τη χρήση ποικίλων όρων για αυτό το θέμα (ενδεικτικά: *blended, connected, cooperation, coordinated, correlated, cross-disciplinary, integrated, interdisciplinary, interrelated, linked, multidisciplinary, nested, networked, sequenced, trans-disciplinary, unified, webbed*), οι οποίοι προσπαθούν να αποδώσουν αυτή τη συνέργεια ανάμεσα στη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (Berlin & Lee, 2003). Ορισμένοι από αυτούς τους όρους χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, ενώ άλλοι έχουν διαφορετικές σημασίες, ως αποτέλεσμα των διαφορετικών προσεγγίσεων και μεθόδων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ενοποίηση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών και αυτό οδηγεί σε αντιφάσεις όσον αφορά στην κατανόηση των συνδέσεων μεταξύ των δύο πεδίων (Wilhelm & Walters, 2006). Οι όροι αυτοί, αντιπροσωπεύουν ποικίλους βαθμούς συνδέσεων ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Στα επόμενα θα χρησιμοποιηθεί ο όρος «ενοποίηση» για την απόδοση στα ελληνικά του όρου “*integrated*”. Ο όρος «ενοποίηση» δεν συνδέεται με την συνένωση δύο διακριτών επιστημονικών πεδίων (Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες) σε ένα επιστημονικό πεδίο, αλλά υποδηλώνει μια σχέση ανάμεσα στα πεδία που μπορεί να κυμαίνεται από την απουσία αλληλεπίδρασης μέχρι την πλήρη ταύτιση.

Τα τελευταία χρόνια, από πολλές έρευνες προκύπτει ότι αρκετοί μαθητές έχουν χαμηλές επιδόσεις στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες (OECD, 2013) και επίσης διαπιστώνεται μια μείωση του ενδιαφέροντος και των κινήτρων των μαθητών απέναντι στα μαθήματα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (Eliás, 2009; Osborne, Simon & Collins, 2003; Schreiner & Sjøberg, 2004). Ως εκ τούτου, τα ζητήματα που σχετίζονται με την εκπαίδευση των μαθητών στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος με απώτερο στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των προγραμμάτων, του εκπαιδευτικού υλικού και της διδασκαλίας (AAAS, 1993; NRC, 1996; 2012; NCTM, 1989; NGSS Lead States, 2013). Μολονότι οι περισσότερες προσπάθειες για βελτιώσεις των αποτελεσμάτων εστιάζονται είτε μόνο στα Μαθηματικά είτε μόνο στις Φυσικές Επιστήμες, ωστόσο διαπιστώνεται ένα διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για συνδέσεις ανάμεσα στα προγράμματα και τη διδασκαλία των

Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (English, 2016; Honey, Pearson & Schweingruber, 2014; Johnson, Peters-Burton & Moore, 2015; Kurt & Pehlivan, 2013).

Υποστηρίζεται ότι είναι αναγκαία η διαμόρφωση ενοποιημένων προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, αφού η καθημερινή ζωή δεν είναι διαχωρισμένη σε επιμέρους μονωμένα τμήματα (Czerniak & Johnson, 2014). Τα υπάρχοντα προγράμματα θεωρείται ότι είναι ιδιαίτερα περιορισμένα και αδυνατούν να διδάξουν στους μαθητές πώς να μαθαίνουν σε έναν κόσμο όπου τα επιστημονικά, τα τεχνολογικά και τα κοινωνικά θέματα είναι αλληλένδετα (Hurd, 1991). Οι McBride και Silverman (1991), συνοψίζουν τους λόγους, όπως αυτοί έχουν αποτυπωθεί στη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία, που υποστηρίζουν την ενοποίηση της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (σελ. 286-287):

(α) Τα Μαθηματικά και οι Φυσικές Επιστήμες είναι δύο συστήματα γνώσεων στενά σχετιζόμενα και συνδεδεμένα στο φυσικό κόσμο.

(β) Οι Φυσικές Επιστήμες μπορούν να παρέχουν στους μαθητές συγκεκριμένα παραδείγματα των αφηρημένων μαθηματικών ιδεών που τους βοηθούν να κατανοήσουν τις μαθηματικές έννοιες.

(γ) Τα Μαθηματικά μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, αφού τους παρέχουν τρόπους ποσοτικοποίησης και εξήγησης των σχέσεων που υπάρχουν ανάμεσα στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών.

(δ) Οι δραστηριότητες των Φυσικών Επιστημών που εμπλέκουν μαθηματικές έννοιες μπορούν να παρακινήσουν τους μαθητές στη μάθηση των Μαθηματικών.

Ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή της πολυπλοκότητας, των προκλήσεων και της παγκοσμιοποίησης, προτείνεται ο σχεδιασμός και η εφαρμογή ενοποιημένων προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, ώστε οι σημερινοί μαθητές και μελλοντικοί πολίτες να καταστούν ικανοί να αξιοποιούν τη διεπιστημονική γνώση και τις δεξιότητες για να μπορούν να κατανοούν και να αντιμετωπίζουν τα πολύπλευρα ζητήματα που προκύπτουν (Riordáin, Johnston & Walshe, 2016). Οι ερευνητές που προτείνουν την ενοποίηση της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών τονίζουν τα οφέλη για τους μαθητές, τα οποία εστιάζονται στην οικοδόμηση γνώσεων και στην ανάπτυξη ικανοτήτων και δεξιοτήτων (Czerniak, 2007). Μια ενοποιημένη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών θα μπορούσε να εμπλέξει ενεργά τους μαθητές στη μαθησιακή διαδικασία (Furner & Kumar, 2007; Venville, Rennie & Wallace, 2004; Wilhelm & Walters, 2006), να βελτιώσει τις επιδόσεις των μαθητών (Kurt & Pehlivan, 2013), να αναπτύξει την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, να αναδείξει τη σημασία εννοιών από διαφορετικά πεδία (Riordáin et al., 2016), να βοηθήσει τους μαθητές να σκέφτονται κριτικά και να αντιλαμβάνονται ότι οι συνέργειες ανάμεσα σε διαφορετικά πεδία μπορούν να συμβάλλουν στην επίλυση αυθεντικών προβλημάτων (Czerniak, 2007; Pang & Good, 2000). Τα τελευταία χρόνια, τόσο τα *US Common Core State Standards for Mathematics* (<http://www.corestandards.org/Math/>), όσο και τα *Next Generation Science Standards* (<http://www.nextgenscience.org/>) συνηγορούν υπέρ των συνδέσεων ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες.

Πέραν της οικοδόμησης γνώσεων και της ανάπτυξης δεξιοτήτων, υποστηρίζεται ότι τα ενοποιημένα προγράμματα θα μπορούσαν να έχουν επιπτώσεις και στις στάσεις των μαθητών. Τα ενοποιημένα προγράμματα—ιδιαίτερα στο πλαίσιο ζητημάτων που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή—μπορούν να φέρουν πιο κοντά τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, να κάνουν τη διδασκαλία πιο αποτελεσματική, να παρακινήσουν τους μαθητές και να προκαλέσουν το ενδιαφέρον τους (English, 2016; Furner & Kumar, 2007; Honey et al., 2014; Venville et al., 2004; Wilhelm & Walters, 2006).

Παρά το αυξημένο ενδιαφέρον για προσφορά στους μαθητές μαθησιακών εμπειριών που εδράζονται σε συνδέσεις ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, η έρευνα για το πώς αυτό μπορεί να επιτευχθεί ή για τα μοντέλα προγραμμάτων που βασίζονται στις συνδέσεις των δύο αυτών πεδίων είναι ιδιαίτερα περιορισμένη (English, 2016; Kim & Cho, 2015; Riordáin et al., 2016). Επίσης, έχει επισημανθεί ότι η μελέτη των ενοποιημένων προγραμμάτων ως ξεχωριστού πεδίου έρευνας είναι στο εμβρυακό της στάδιο (Honey et al., 2014). Αναγνωρίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω ερευνητικά δεδομένα σε αυτό το πεδίο έρευνας, η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης τα μοντέλα ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, η εργασία αυτή εστιάζεται:

(α) στον εντοπισμό των μοντέλων που έχουν προταθεί για ενοποιήσεις ανάμεσα στα προγράμματα και τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών,

(γ) στη μελέτη των εμπειρικών δεδομένων που έχουν προκύψει από την εφαρμογή ενοποιημένων προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών,

(δ) στη διαμόρφωση μοντέλων ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών,

(ε) στη διαμόρφωση ενός πλαισίου έρευνας για την ανάπτυξη ενοποιημένου εκπαιδευτικού υλικού και στον προσδιορισμό ερωτημάτων για έρευνα αναφορικά με την αποτελεσματικότητά του εκπαιδευτικού υλικού.

ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες μελέτες υποστηρίζουν την ενοποίηση Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών προτείνοντας ποικίλες μεθόδους, τεχνικές και μοντέλα για να επιτευχθεί αυτή η ενοποίηση. Η σύνδεση ανάμεσα στην εκπαίδευση στα Μαθηματικά και την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, λόγω της διαφορετικότητας των τρόπων περιγραφής της ενοποίησης, δεν έχει οριστεί μονοσήμαντα. Έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα. Για κάποιους ερευνητές (Lehman, 1994; Frykholm & Glasson, 2005; Furner & Kumar, 2007) η ενοποίηση νοείται ως επέκταση, διεύρυνση των δύο πεδίων. Για άλλους ερευνητές (Berlin & White, 1992; Lederman & Niess, 1997 & 1998; Roebuck & Warden, 1998), η ενοποίηση προκύπτει με την (ανά)μείξη μεθόδων και διαδικασιών. Ενώ άλλοι (Kiray, 2012) προτείνουν την αποδοχή όλων των πιθανών τύπων αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο πεδίων με την προϋπόθεση ότι έχουν προσδιοριστεί οι στόχοι της ενοποίησης.

Στην πρώτη κατηγορία, οι ερευνητές επικεντρώνονται στα πεδία αυτά καθαυτά, στην επέκταση και διεύρυνσή τους είτε αυτή αφορά στα φυσικά επικαλυπτόμενα θέματα των πεδίων είτε όχι. Για παράδειγμα, οι Lonning και DeFranco (1997), προτείνουν το συνεχές μοντέλο για να καθοριστούν τα επίπεδα της ενοποίησης που είναι αναγκαία για την ανάπτυξη ενός ενοποιημένου προγράμματος Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει τις ακόλουθες κατηγορίες:

(1) «Μαθηματικά ως ανεξάρτητο πεδίο» (independent mathematics): η διδασκαλία των Μαθηματικών καθαυτή.

(2) «Εστίαση στα Μαθηματικά» (mathematics focus): χρησιμοποιούνται έννοιες των Φυσικών Επιστημών για να υποστηρίξουν τη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών.

(3) «Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες σε ισορροπία» (balanced mathematics and science): οι έννοιες και οι ιδέες των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών ενοποιούνται.

(4) «Εστίαση στις Φυσικές Επιστήμες» (science focus): έννοιες των Μαθηματικών χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν τη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

(5) «Φυσικές Επιστήμες ως ανεξάρτητο πεδίο» (independent science): η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών καθαυτών.

Η Huntly (1998) πρότεινε πέντε τύπους αλληλεπίδρασης Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών:

(1) «Μαθηματικά για τα Μαθηματικά» (math for the sake of math).

(2) «Μαθηματικά με Φυσικές Επιστήμες» (math with science): χρήση του περιεχομένου ή των μεθόδων των Φυσικών Επιστημών στα προβλήματα των Μαθηματικών.

(3) «Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες» (math and science): χρήση του περιεχομένου και των μεθόδων των Φυσικών Επιστημών στα προβλήματα των Μαθηματικών.

(4) «Φυσικές Επιστήμες με Μαθηματικά» (science with math): χρήση των Μαθηματικών για την επίλυση προβλημάτων των Φυσικών Επιστημών.

(5) «Φυσικές Επιστήμες για τις «Φυσικές Επιστήμες» (science for the sake of science).

Η Hurley (2001) πρότεινε πέντε τύπους ενοποίησης Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών:

(1) «Σειριακή ενοποίηση» (sequenced integration): περιλαμβάνει τη διαδοχική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών.

(2) «Μερική ενοποίηση» (partial integration): περιλαμβάνει τόσο τη συνδυασμένη όσο και τη χωριστή διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών.

(3) «Ενισχυμένη ενοποίηση» (enhanced integration): περιλαμβάνει τη χρήση του ενός πεδίου ως κύριου και του άλλου ως εξαρτημένου.

(4) «Ολική ενοποίηση» (total integration): περιλαμβάνει την ταυτόχρονη και ισορροπημένη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών.

(5) «Παράλληλη ενοποίηση» (parallel integration): περιλαμβάνει τη χωριστή, αλλά παράλληλη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών.

Ως αναπαράσταση των παραπάνω κατηγοριοποιήσεων, που εδράζονται στο συνεχές μοντέλο, θα μπορούσε να προταθεί το Σχήμα 2.

Σχήμα 2: Αναπαράσταση του συνεχούς μοντέλου ενοποίησης Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.



Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, στο κέντρο της αναπαράστασης του συνεχούς μοντέλου, υπάρχει μια κατηγορία στην οποία οι Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά είναι πλήρως ενοποιημένα. Στα δύο άκρα του συνεχούς μοντέλου, υπάρχουν τα Μαθηματικά και οι Φυσικές Επιστήμες ως ανεξάρτητα πεδία, χωρίς καμία σύνδεση μεταξύ τους. Ανάμεσα στα άκρα και στο κέντρο υπάρχουν δύο παραλλαγές ενοποίησης στις οποίες τα Μαθηματικά ή οι Φυσικές Επιστήμες είναι το κύριο πεδίο και το άλλο χρησιμοποιείται ως δευτερεύον.

Στη δεύτερη κατηγορία μοντέλων, όπου η ενοποίηση προκύπτει με την (ανά)μείξη μεθόδων και διαδικασιών, η Jacobs (1989) προτείνει την παράλληλη διαπραγμάτευση των διαφορετικών πεδίων (Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών). Σύμφωνα με αυτήν την προσέγγιση, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να σχεδιάσουν το μάθημα με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνουν αντιληπτά τα παρόμοια στοιχεία εντός των διαφορετικών πεδίων. Ως εκ τούτου, το ίδιο το περιεχόμενο των πεδίων δεν μεταβάλλεται. Οι εκπαιδευτικοί δεν παρεμβαίνουν, εκτός από το ότι οργανώνουν ταυτόχρονα τα θέματα προς διδασκαλία.

Στην ίδια κατηγορία μοντέλων ανήκει το πολυδιάστατο μοντέλο ενοποίησης των Berlin και White (1992, 1994) (BWISM: Berlin-White Integrated Science and Mathematics), το οποίο βασίζεται σε έξι κοινές διαστάσεις για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες:

(1) «Τρόποι μάθησης» (ways of learning): η ενοποίηση μπορεί να βασιστεί στο πώς βιώνουν, οργανώνουν και συλλογίζονται οι μαθητές για τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Βασισμένοι στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση θεωρούν ότι η συμμετοχή των μαθητών πρέπει να είναι ενεργή στη μαθησιακή διαδικασία.

(2) «Τρόποι απόκτησης της γνώσης» (ways of knowing): η ενοποίηση των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών μπορεί να ενισχύσει τις σχέσεις μεταξύ επαγωγικών-απαγωγικών και ποιοτικών-ποσοτικών προσεγγίσεων.

(3) «Γνώση περιεχομένου» (content knowledge): οι Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά μπορούν να ενοποιηθούν ως προς το περιεχόμενο που επικαλύπτεται ή που

είναι ανάλογο. Οι «μεγάλες ιδέες» ή θέματα, όπως η αλλαγή, η διατήρηση, τα μοντέλα, τα πρότυπα, η κλίμακα, η συμμετρία, και τα συστήματα μπορούν να είναι κοινά στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά. Η εξέταση εννοιών, αρχών, νόμων και θεωριών των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών αποκαλύπτουν ιδέες που είναι μοναδικές σε κάθε πεδίο (π.χ. το υπομόγλιο ενός μοχλού) και ιδέες που επικαλύπτονται ή είναι ανάλογες στα διαφορετικά πεδία (π.χ. η μέση τιμή της κατανομής).

(4) «Δεξιότητες διαδικασιών και συλλογισμού» (process and thinking skills): η ενοποίηση των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών μπορεί να αναπτύξει διαδικασίες και δεξιότητες που σχετίζονται με την έρευνα, την επίλυση προβλημάτων και τον σύνθετο συλλογισμό. Μπορεί να επικεντρωθεί σε τρόπους συλλογής και χρήσης των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν από την έρευνα, την εξερεύνηση, τον πειραματισμό, και την επίλυση προβλημάτων. Δεξιότητες όπως η ταξινόμηση, η συλλογή και οργάνωση δεδομένων, η επικοινωνία, ο έλεγχος μεταβλητών, η ανάπτυξη μοντέλων, η εκτίμηση, ο πειραματισμός, η γραφική απεικόνιση, η εκφορά υπόθεσης, η ερμηνεία των δεδομένων, η μέτρηση, η παρατήρηση, η πρόβλεψη και η αναγνώριση προτύπων είναι αντιπροσωπευτικές αυτής της διάστασης.

(5) «Στάσεις και αντιλήψεις» (attitudes and perceptions): κάποιες στάσεις, αξίες και αντιλήψεις είναι κοινές στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά. Η ενοποίηση μπορεί να ιδωθεί μέσω του τι πιστεύουν τα παιδιά για τα δύο αυτά πεδία, τον τρόπο συμμετοχής τους σε αυτά και τον βαθμό εμπιστοσύνης στην ικανότητά τους να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των πεδίων αυτών.

(6) «Στρατηγικές διδασκαλίας» (teaching strategies): η ενοποίηση μπορεί να ιδωθεί μέσω των μεθόδων διδασκαλίας που υιοθετούνται από τους ερευνητές που ασχολούνται με τη διδασκαλία των δύο διαφορετικών πεδίων. Η ενοποιημένη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών πρέπει να περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα περιεχομένου, να παρέχει χρόνο για μάθηση βασισμένη στην έρευνα και την επίλυση προβλημάτων, να προσφέρει ευκαιρίες για τη χρήση πειραματικών διατάξεων και άλλων μέσων, να εξασφαλίζει την κατάλληλη χρήση των τεχνολογικών μέσων, να ενθαρρύνει τη συνεργατική μάθηση, να ενσωματώνει την αξιολόγηση μέσα στη διδασκαλία, και να μεγιστοποιεί τις ευκαιρίες για επιτυχημένες συνδέσεις μεταξύ Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών.

Σχηματικά το μοντέλο αυτό παρουσιάζεται είτε ως τομή των δύο πεδίων (Σχήμα 3α), το οποίο ανάλογα με το πλαίσιο αποκτά και την πολιτισμική του μορφή (Σχήμα 3β), είτε ως ένα πολυδιάστατο μοντέλο σε δύο μορφές (Σχήματα 3γ και 3δ), στις οποίες η διαδικασία ενοποίησης ξεκινάει από τις κατευθυντήριες γραμμές του προγράμματος των δύο πεδίων για να οριστεί το περιεχόμενο και οι διαδικασίες που πρέπει να διδαχτούν.

Σχήμα 3: Αναπαράστασεις του μοντέλου BWISM.

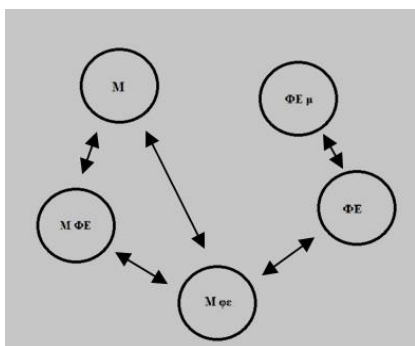
[Πηγή: Dogra, *χχ*; Berlin, *χχ*].



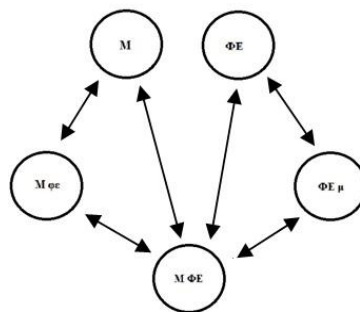
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Οι Berlin & White (1992, 1995) προτείνουν κατά την ενοποίηση των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών, οι επιστημονικές μέθοδοι των Φυσικών Επιστημών να χρησιμοποιούνται στο μάθημα των Μαθηματικών, ενώ την ίδια στιγμή, οι μέθοδοι των Μαθηματικών να χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Το μοντέλο αυτό όμως, σύμφωνα με τον Kiray (2012), παρέχει πολύ γενικές πληροφορίες σχετικά με την ενοποίηση των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών και έχει αδυναμίες όσο και θετικά στοιχεία. Για παράδειγμα, το πώς η γνώση περιεχομένου μπορεί να ενοποιηθεί και το ποιες είναι οι θέσεις των διαφορετικών πεδίων στη διαδικασία της ενοποίησης δεν γίνεται σαφές. Από την άλλη, έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα άλλα μοντέλα ενοποίησης, όπως το ότι εστιάζει σε πολλές κοινές διαστάσεις των πεδίων.

Στην τρίτη κατηγορία μοντέλων, οι ερευνητές προτείνουν την αποδοχή όλων των πιθανών τύπων αλληλεπίδρασης μεταξύ των δύο πεδίων, δηλαδή οι προτάσεις τους συνδυάζουν τις δύο προηγούμενες κατηγορίες, περιλαμβάνοντας και συνδέσεις ως προς

το πεδίο, αλλά και συνδέσεις ως προς τις κοινές παραμέτρους των πεδίων, οι οποίες είναι άλλοτε ανεξάρτητες μεταξύ τους και άλλοτε σε αλληλεπίδραση.

Για παράδειγμα, οι Davison, Miller και Metheny (1995), που υποστηρίζουν ότι η πιο ισχυρή προσέγγιση της ενοποίησης επιτυγχάνεται αν η επικέντρωση γίνει στις επιστημονικές μεθόδους και όχι στα διαφορετικά πεδία, αναφέρουν πέντε τύπους ενοποίησης Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών, για την ανάπτυξη ενός διεπιστημονικού προγράμματος:

(1) «Ενοποίηση ως προς τους κλάδους του πεδίου» (discipline specific integration): δύο ή τρεις κλάδοι των Μαθηματικών (άλγεβρα και γεωμετρία) ή των Φυσικών Επιστημών (βιολογία, φυσική και χημεία) συνδυάζονται σε μία δραστηριότητα. Μέσω αυτής της ενοποίησης θα μπορούσαν να αντιληφθούν οι μαθητές ότι οι διαφορετικοί κλάδοι των Μαθηματικών είναι αλληλένδετοι και ότι το ίδιο συμβαίνει και μεταξύ των κλάδων των Φυσικών Επιστημών.

(2) «Ενοποίηση ως προς το περιεχόμενο» (content specific integration): σχεδιάζεται μία δραστηριότητα με βάση έναν στόχο από το πρόγραμμα των Μαθηματικών (π.χ. μέτρηση) και έναν στόχο από το πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών (π.χ. μελέτη δεινοσαύρων). Η πρόκληση για τον εκπαιδευτικό είναι να συνδυάσει τους στόχους των διαφορετικών προγραμμάτων σε μία διδασκαλία (π.χ. κατασκευή δεινοσαύρων σε πραγματικές διαστάσεις). Οι μαθητές εξερευνούν τις σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών πεδίων και αρχίζουν να αντιλαμβάνονται τις συνάφειές τους.

(3) «Ενοποίηση ως προς τη διαδικασία» (process integration): συνδυάζονται ικανότητες και δεξιότητες από τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες (π.χ. πειραματισμός, συλλογή και ανάλυση δεδομένων).

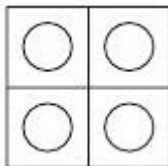
(4) «Ενοποίηση ως προς τη μεθοδολογία» (methodological integration): χρησιμοποιούνται τεχνικές διδασκαλίας και μάθησης από τα διαφορετικά πεδία (π.χ. μέθοδοι και στρατηγικές ανακάλυψης, μάθηση βασισμένη στην έρευνα, μαθησιακές τροχιές).

(5) «Ενοποίηση ως προς το θέμα» (thematic integration): οι διαφορετικοί κλάδοι (των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών) αλληλοεπιδρούν για τη μελέτη ενός θέματος (π.χ. πετρελαιοκηλίδες: όγκος, εμβαδόν, κόστος καθαρισμού, πυκνότητα, περιβαλλοντικά θέματα, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις κ.λπ.).

Στην ίδια λογική, της πολλαπλής ενοποίησης με ανεξάρτητες κατηγορίες ανήκουν και τα μοντέλα που προτείνει ο Fogarty (Fogarty & Stoehr, 2008) για τον σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών από τους εκπαιδευτικούς:

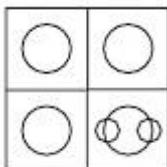
(1) «Κατακερματισμένο» (fragmented): η παραδοσιακή οργάνωση του προγράμματος σπουδών με τα ανεξάρτητα γνωστικά αντικείμενα.

Σχήμα 4: «Κατακερματισμένο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



(2) «Συνδεδεμένο» (connected): η σύνδεση ενοτήτων του ίδιου πεδίου. Στο μοντέλο αυτό, τα πεδία παραμένουν ανεξάρτητα μεταξύ τους, αλλά γίνεται προσπάθεια να γίνουν αντιληπτές οι συνδέσεις μεταξύ των θεματικών περιοχών. Οι συνδέσεις αφορούν σε έννοιες (π.χ. μοτίβα), σε διαδικασίες (π.χ. κοινωνικές δεξιότητες, τρόποι συλλογισμού), καθώς και σε εργαλεία (π.χ. γραφικές παραστάσεις) και μπορούν να προκύψουν μέσα από τη συνεργασία των εκπαιδευτικών.

Σχήμα 5: «Συνδεδεμένο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



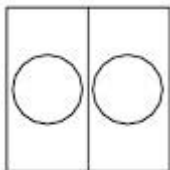
(3) «Εμπερικλειόμενο» (nested): στοχεύει στην ανάπτυξη των πολλαπλών διαστάσεων ενός μαθήματος/πεδίου. Εστιάζει στις ικανότητες και δεξιότητες που θα είναι αναγκαίες για τους πολίτες του μέλλοντος. Η υλοποίησή του γίνεται μέσα από projects, υποστηρίζοντας την παισιομένη μάθηση.

Σχήμα 6: «Εμπερικλειόμενο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



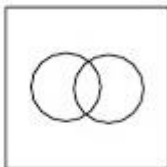
(4) «Σειριακό» (sequenced): οι εκπαιδευτικοί καθορίζουν τη σειρά με την οποία θα διδάξουν τα θέματα που έχουν επιλέξει, λαμβάνοντας υπόψη και τις προτάσεις συναδέλφων τους του ίδιου ή διαφορετικού πεδίου (και ίδιων ή διαφορετικών εκπαιδευτικών βαθμίδων), αναδιατάσσοντας την ύλη τους ώστε να έχει συνάφεια και συνέχεια (π.χ. εισαγωγή Μαθηματικών εννοιών μέσω εννοιών των Φυσικών Επιστημών), ακόμα και αν αυτό σημαίνει ότι θα αλλάξει η σειρά που προτείνει το σχολικό εγχειρίδιο.

Σχήμα 7: «Σειριακό μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



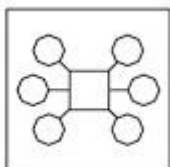
(5) «Διαμερισμένο» (shared): εστιάζει στην σε βάθος αναζήτηση των κοινών στοιχείων των διδακτικών ενοτήτων των διαφορετικών πεδίων.

Σχήμα 8: «Διαμερισμένο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



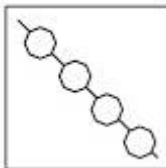
(6) «Διασυνδεδεμένο» (webbed): η διδασκαλία βασίζεται σε ένα θέμα το οποίο αφενός οργανώνει το περιεχόμενο και αφετέρου τροφοδοτεί τη μάθηση.

Σχήμα 9: «Διασυνδεδεμένο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



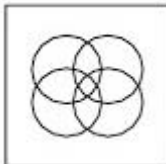
(7) «Σπειροτομημένο» (Threaded): συνδέει τις διαδικασίες συλλογισμού, τις κοινωνικές δεξιότητες, τις ικανότητες μελέτης κ.λπ. όλων των πεδίων. Ουσιαστικά δεν ενοποιεί τα πεδία μεταξύ τους, αλλά τις ικανότητες και δεξιότητες κατά τη διδασκαλία κάθε γνωστικού αντικειμένου.

Σχήμα 10: «Σπειροτομημένο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



(8) «Ενοποιημένο» (integrated): ξεκινάει με το περιεχόμενο και τους στόχους (π.χ. καιρός, μέτρηση κ.λπ.), και τα κοινά θέματα (κύκλοι, μοτίβα, λύση προβλήματος, έρευνα κ.λπ.) προκύπτουν. Σε αυτό το μοντέλο εκπαιδευτικοί από διαφορετικά πεδία συνεργάζονται για να σχεδιάσουν ένα πρόγραμμα.

Σχήμα 11: «Ενοποιημένο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



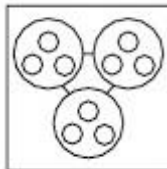
(9) «Εμβυθισμένο» (immersed): εστιάζει στις εσωτερικές συνδέσεις που πραγματοποιεί ο μαθητής. Η οικοδόμηση του νοήματος πραγματοποιείται μέσω της σύνδεσης της νέας πληροφορίας με τις προηγούμενες εμπειρίες και γνώσεις.

Σχήμα 12: «Εμβυθισμένο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



(10) «Δικτυωμένο» (networked): δημιουργεί πολλαπλές διαστάσεις και κατευθύνσεις εστίασης. Σε αυτό το μοντέλο οι μαθητές κατευθύνουν τη διαδικασία ενοποίησης με βάση τα ιδιαίτερα ενδιαφέροντά τους.

Σχήμα 13: «Δικτυωμένο μοντέλο» (Fogarty & Stoehr, 2008).



Στην τρίτη κατηγορία μοντέλων ανήκει και τα μοντέλα για τη σύνδεση της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, που έχουν προταθεί από τους *Vasquez, Sneider και Comer (2013)*. Υπάρχουν επίπεδα σύνδεσης που αντιπροσωπεύουν διάφορες μορφές επέκτασης των συνόρων των επιμέρους πεδίων (βλ. Πίνακα 1).

Πίνακας 1: Μοντέλα ενοποίησης για τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά (*Vasquez et al., 2013*).

ΜΟΝΤΕΛΑ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
Μονοεπιστημονικό (Disciplinary)	Έννοιες και δεξιότητες μαθαίνονται χωριστά σε κάθε γνωστικό αντικείμενο
Πολυεπιστημονικό (Multidisciplinary)	Έννοιες και δεξιότητες μαθαίνονται χωριστά σε κάθε γνωστικό αντικείμενο αλλά εντός κοινών θεμάτων
Διεπιστημονικό (Interdisciplinary)	Στενά συνδεδεμένες έννοιες και δεξιότητες μαθαίνονται από δύο ή περισσότερα γνωστικά αντικείμενα με στόχο την περαιτέρω κατανόηση της γνώσης και την ανάπτυξη των δεξιοτήτων
Διαεπιστημονικό (Transdisciplinary)	Γνώσεις και δεξιότητες από διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα εφαρμόζονται σε αυθεντικά προβλήματα, βοηθώντας στη διαμόρφωση της μαθησιακής εμπειρίας

Πολλαπλή ενοποίηση—τόσο ως προς τα πεδία καθαυτά όσο και ως προς τις κοινές τους παραμέτρους—αλλά με κατηγορίες οι οποίες αλληλεπιδρούν προτείνει ο *Kiray (2012)* με το «ισοζυγισμένο μοντέλο» (balanced model) (Σχήμα 14). Το μοντέλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό ενοποιημένων προγραμμάτων Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών και είναι εφαρμόσιμο σε χώρες που υιοθετούν το σύστημα της διδασκαλίας των χωριστών γνωστικών πεδίων και που προετοιμάζουν τα παιδιά για εθνικές εξετάσεις (*Kiray, 2012*). Με δεδομένο ότι η γνώση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών μπορεί να οργανωθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να προσδιοριστούν οι συναφείς στόχοι, αλλά και ότι η ενοποίηση των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών δεν είναι πάντα εφικτή ή κατάλληλη, σε αυτό το μοντέλο, η οργάνωση της γνώσης περιεχομένου είναι στο κέντρο και συνδυάζεται με τις δεξιότητες, τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης, τα συναισθηματικά χαρακτηριστικά και την αξιολόγηση.

Γνώση περιεχομένου

Το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών θα πρέπει να εκπροσωπείται ισότιμα σε ένα πρόγραμμα ενοποίησης. Υπάρχουν επτά διαστάσεις σε σχέση με τη γνώση του περιεχομένου:

(α) Μαθηματικά (Mathematics): σε αυτή τη διάσταση, μόνο οι στόχοι του μαθήματος των Μαθηματικών λαμβάνονται υπόψη.

(β) Ενοποίηση με επίκεντρο τα Μαθηματικά που επικουρούνται από τις Φυσικές Επιστήμες (Mathematics-centered science-assisted integration): η γνώση του περιεχομένου ή οι στόχοι των Φυσικών Επιστημών περιλαμβάνεται τους στόχους που προσδιορίζονται για τα Μαθηματικά.

(γ) Ενοποίηση με προτεραιότητα τα Μαθηματικά που συνδέονται με τις Φυσικές Επιστήμες (Math-intensive science-connected integration): τα Μαθηματικά τονίζονται πολύ περισσότερο κατά τη διδασκαλία του ενοποιημένου προγράμματος και οι στόχοι που προσδιορίζονται για τα Μαθηματικά συσχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες.

(δ) Ολική ενοποίηση (Total integration): οι στόχοι αναπτύσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε οι Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά να είναι εντελώς «αναμειγμένα».

(ε) Ενοποίηση με προτεραιότητα τις Φυσικές Επιστήμες που συνδέονται με τα Μαθηματικά (Science-intensive mathematics-connected integration): οι Φυσικές Επιστήμες τονίζονται πολύ περισσότερο κατά τη διδασκαλία και οι στόχοι που προσδιορίζονται για τις Φυσικές Επιστήμες συσχετίζονται με τα Μαθηματικά,

(στ) Ενοποίηση με επίκεντρο τις Φυσικές Επιστήμες που επικουρούνται από τα Μαθηματικά (Science-centered mathematics-assisted integration): η γνώση του περιεχομένου ή οι στόχοι των Μαθηματικών περιλαμβάνονται τους στόχους που προσδιορίζονται για τις Φυσικές Επιστήμες,

(ζ) Φυσικές Επιστήμες (Science): σε αυτή τη διάσταση, μόνο οι στόχοι του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών λαμβάνονται υπόψη.

Σε αντίθεση με την πλειοψηφία των μοντέλων, τα οποία ακολουθούν ένα συνεχές ως προς το περιεχόμενο, στο ισοζυγισμένο μοντέλο η συνέχεια αντικαθίσταται από την ισορροπία, εφόσον πρόκειται για ένα μοντέλο το οποίο αφορά στην εφαρμογή του προγράμματος σπουδών. Δεν δίνει έμφαση στην ολική ενοποίηση, αναφέροντας τις αρνητικές συνέπειές της. Επιχειρεί την επίτευξη μερικής ενοποίησης, χωρίς την εξάλειψη των διαφορών μεταξύ των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών. Ωστόσο, στα σημεία όπου οι στόχοι των δύο μαθημάτων μπορούν να συνδυαστούν, το μοντέλο αυτό προσπαθεί να επιτύχει ολική ενοποίηση.

Δεξιότητες

Υπάρχουν δεξιότητες οι οποίες είναι κοινές και στα δύο πεδία (Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες). Στο ισοζυγισμένο μοντέλο οι δεξιότητες διαχωρίζονται σε πρωτοβάθμιες και δευτεροβάθμιες. Οι πρωτοβάθμιες κοινές δεξιότητες περιλαμβάνουν τις μαθηματικές δεξιότητες και τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες δεξιότητες των Φυσικών Επιστημών όπως είναι οι συνδέσεις, η επίλυση προβλημάτων, η αιτιολόγηση, η εξαγωγή

συμπερασμάτων και η ερμηνεία, η οργάνωση δεδομένων και η διαμόρφωση μοντέλων, η σύγκριση και η κατηγοριοποίηση, η μέτρηση, η συλλογή πληροφοριών και δεδομένων, η εκτίμηση, η συμπερασματολογία, η πρόβλεψη, η καταγραφή δεδομένων, η επικοινωνία και η παρατήρηση. Οι δευτεροβάθμιες δεξιότητες περιλαμβάνουν το σύνολο των δεξιοτήτων τόσο των Μαθηματικών όσο και των Φυσικών Επιστημών.

Διαδικασίες της διδασκαλίας και της μάθησης

Ανάλογα με τη διδακτική μέθοδο που υιοθετείται καθορίζεται και το είδος της ενοποίησης. Θεωρείται ότι τόσο οι Φυσικές Επιστήμες όσο και τα Μαθηματικά διδάσκονται και μαθαίνονται με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση και άρα οι διαδικασίες της διδασκαλίας και της μάθησης βασίζονται στην έρευνα και στον πειραματισμό και για τα δύο πεδία.

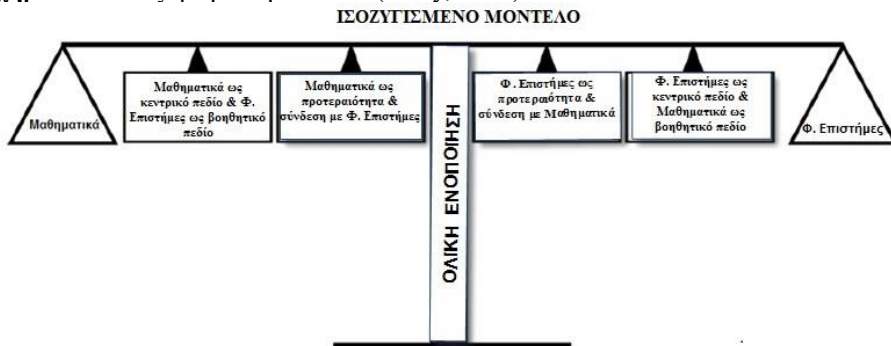
Συναισθηματικά χαρακτηριστικά

Υποστηρίζεται ότι ένα από τα στοιχεία που επηρεάζουν τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών είναι τα συναισθηματικά χαρακτηριστικά των μαθητών. Για παράδειγμα, το άγχος των μαθητών για τα Μαθηματικά μπορεί να επηρεάσει τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών και το αντίστροφο. Αυτή η επιρροή δεν περιορίζεται στο άγχος για τα Μαθηματικά ή στην αποτελεσματικότητα στον τομέα των Φυσικών Επιστημών. Παρατηρείται σε όλες τις συναισθηματικές μεταβλητές, όπως η έννοια του εαυτού, το ενδιαφέρον, η στάση και τα κίνητρα για τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικοί προκειμένου να εφαρμόσουν με επιτυχία το ενοποιημένο πρόγραμμα σπουδών, πρέπει να γνωρίζουν όχι μόνο το περιεχόμενο του πεδίου και τις δεξιότητες που απαιτούνται, αλλά και τα συναισθηματικά χαρακτηριστικά που εμπλέκονται.

Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία και άρα συνδεδεμένη με την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια διαδικασία στην οποία να αξιολογείται όχι μόνο η γνώση του περιεχομένου, αλλά και η διαδικασία. Ανάλογα με το ενοποιημένο πρόγραμμα που υιοθετείται οι εκπαιδευτικοί, χωριστά ή συλλογικά, μπορούν να διενεργούν την ανάλογη διαδικασία αξιολόγησης. Ωστόσο, το ποσοστό των δραστηριοτήτων αξιολόγησης στα Μαθηματικά δεν πρέπει να υπερβαίνει το ποσοστό των δραστηριοτήτων αξιολόγησης στις Φυσικές Επιστήμες. Το μοντέλο αυτό δεν απορρίπτει τις παραδοσιακές μεθόδους αξιολόγησης, αλλά απαιτεί όλοι οι προκαθορισμένοι στόχοι της διδακτικής διαδικασίας να μετρούνται στο τέλος της υλοποίησης του προγράμματος. Ο Kiray (2012) θεωρεί ότι ένα ενοποιημένο πρόγραμμα θα πρέπει να περιλαμβάνει εναλλακτικές και αυθεντικές τεχνικές και αξιολόγησης. Ωστόσο, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν τέτοιες τεχνικές αξιολόγησης, θα πρέπει να αναπτυχθούν από τους ειδικούς.

Σχήμα 14: «Ισοζυγισμένο μοντέλο» (Kiray, 2012).



ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: ΕΜΠΕΙΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται εμπειρικά δεδομένα της έρευνας πάνω στα ενοποιημένα προγράμματα Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, η παρουσίαση των εμπειρικών δεδομένων αρθρώνεται σε δύο υπο-ενότητες: η πρώτη υπο-ενότητα αναφέρεται στις επιδόσεις και τις στάσεις των μαθητών, ενώ η δεύτερη εστιάζει στις γνώσεις και τις στάσεις των εκπαιδευτικών.

Επιδόσεις και στάσεις μαθητών

Η έρευνα για τις επιδράσεις από την εφαρμογή ενοποιημένων προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών στις επιδόσεις των μαθητών δεν είναι εκτεταμένη. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι τα ενοποιημένα προγράμματα μπορούν να συμβάλλουν στη μάθηση των εννοιών των επιμέρους πεδίων και ότι τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τη φύση της ενοποίησης, τη μέθοδο αποτίμησης των αποτελεσμάτων και την αρχική γνώση των μαθητών.

Οι Czerniak, Weber, Sandmann και Ahern (1999) στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που πραγματοποίησαν εντόπισαν ελάχιστες εργασίες που μελετούν τα ενοποιημένα προγράμματα Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών από τις οποίες προέκυψε ότι υπάρχει μια θετική επίδραση αυτών των προγραμμάτων στη μάθηση. Ωστόσο, επεσήμαναν ότι σε αυτές τις εργασίες η περιγραφή της φύσης της ενοποίησης ήταν περιορισμένη, γεγονός που καθιστά δύσκολη την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων για τις διάφορες προσεγγίσεις που περιγράφονταν.

Η Hurley (2001) πραγματοποίησε μια μετα-ανάλυση 31 εργασιών που συνέκριναν την ενοποιημένη διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών με την μη ενοποιημένη διδασκαλία ως προς τις επιδόσεις των μαθητών. Προέκυψε ότι οι μαθητές που παρακολούθουσαν τα ενοποιημένα προγράμματα είχαν βελτιωμένες επιδόσεις στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αν και τα αποτελέσματα μεταβάλλονταν με το γνωστικό αντικείμενο και με τη χρονική περίοδο της πραγματοποίησης της έρευνας.

Διαπιστώθηκε ότι μικρότερη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών υπήρχε στα Μαθηματικά συγκριτικά με τις Φυσικές Επιστήμες και ότι η μικρότερη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών στα Μαθηματικά εντοπίστηκε στις εργασίες της δεκαετίας 1980-1990.

Οι έρευνες που έχουν στηριχθεί σε συγκεκριμένα μοντέλα ενοποίησης προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών παρουσιάζουν πιο εξειδικευμένα αποτελέσματα, αν και πολλές φορές αυτά είναι αντικρουόμενα. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή ενός ενοποιημένου προγράμματος με έμφαση στις Φυσικές Επιστήμες (science-centered mathematics-assisted integration), έδειξαν ότι οι επιδόσεις των μαθητών ήταν καλύτερες, στο ότι μπορούσαν πιο εύκολα να λύσουν προβλήματα αυτής της κατηγορίας, από τις επιδόσεις της ομάδας ελέγχου (Kiray & Kartan, 2012). Στις άλλες κατηγορίες ενοποιημένων προγραμμάτων δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις. Επιπλέον τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η έλλειψη γνώσεων και βασικών δεξιοτήτων των εκπαιδευτικών είχε αρνητικές συνέπειες στις επιδόσεις των μαθητών. Σε άλλη έρευνα διαπιστώθηκε ότι οι επιδόσεις των μαθητών από την εφαρμογή ενός ενοποιημένου προγράμματος με έμφαση στις Φυσικές Επιστήμες (science-centered mathematics-assisted integration), δεν διαφοροποιούνταν σημαντικά από τις επιδόσεις των μαθητών που παρακολουθούσαν άλλων κατηγοριών ενοποιημένα προγράμματα (Deveci, 2010 όπως αναφέρεται στο Czerniak & Johnson, 2014).

Οι Lehrer και Schauble (2006) διαπίστωσαν ότι μπορεί να βοηθηθούν οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην ανάπτυξη εννοιών των Φυσικών Επιστημών όταν χρησιμοποιούν Μαθηματικά για την αναπαράσταση και τη μοντελοποίηση των φυσικών συστημάτων. Σύμφωνα με άλλες έρευνες, η φύση των μαθηματικών εργαλείων και συστημάτων αναπαράστασης συμβάλλει στη μάθηση των ιδεών των Φυσικών Επιστημών (Dickes & Sengupta, 2012; Sengupta & Wilensky, 2011). Ωστόσο, τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τη διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται και από τη φύση της ενοποίησης της διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών.

Επίσης, εντοπίζονται έρευνες που έχουν εστιάσει στις στάσεις των μαθητών κατά την εφαρμογή ενοποιημένων προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Η Hurley (2001) στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που πραγματοποίησε διαπίστωσε ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις επιδράσεις των ενοποιημένων προγραμμάτων στο ενδιαφέρον, τον ενθουσιασμό και την ενεργό εμπλοκή των μαθητών στη διδακτική διαδικασία, ανάλογα με το είδος της ενοποίησης. Η διδασκαλία με βάση τη *σειριακή ενοποίηση* Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών επιφέρει θετικά αποτελέσματα για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες με τα αποτελέσματα για τα Μαθηματικά να είναι καλύτερα. Η *παράλληλη ενοποίηση* επιφέρει αρνητικά αποτελέσματα για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, αφού τα αποτελέσματα είναι καλύτερα στην παραδοσιακή διδασκαλία. Η *μερική ενοποίηση* έχει σχετικά θετικά αποτελέσματα για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Η *ολική ενοποίηση* επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα για τις Φυσικές Επιστήμες συγκριτικά με τα Μαθηματικά.

Γνώσεις και στάσεις εκπαιδευτικών

Είναι μικρός ο αριθμός των μελετών που διερευνούν τις γνώσεις των εκπαιδευτικών (μελλοντικών και εν ενεργεία) και τις στάσεις τους απέναντι στις μεθόδους ενοποίησης των προγραμμάτων και της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.

Οι στάσεις των φοιτητών—μελλοντικών εκπαιδευτικών—απέναντι σε μαθήματα μεθόδων ενοποίησης Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών ήταν θετικές και οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δήλωναν ενθουσιασμένοι με αυτά τα μαθήματα (Haigh & Rehfeld, 1995; Hart, 2000; Lonning & DeFranco, 1994). Ωστόσο, είναι ελάχιστα τα πανεπιστήμια που προσφέρουν στις προπτυχιακές τους σπουδές μαθήματα που αφορούν σε μεθόδους ενοποίησης, ενώ είναι αρκετά περισσότερα τα μεταπτυχιακά προγράμματα που προσφέρουν μαθήματα που σχετίζονται με την ενοποίηση της διδασκαλίας Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών (Hart, 2002). Τα μαθήματα αυτά προέκυψε ότι συμβάλλουν στην ανάπτυξη της γνώσης περιεχομένου των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών και στην καλλιέργεια δεξιοτήτων σκέψης και στάσεων (Hurley, 2001).

Οι δυσκολίες των εκπαιδευτικών—μελλοντικών και εν ενεργεία—στην υλοποίηση ενοποιημένων προγραμμάτων και τα εμπόδια εφαρμογής τέτοιων προγραμμάτων έχουν αρχίσει να καταγράφονται στα αποτελέσματα των ερευνών. Οι Berlin και White (2010) αναφέρουν ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δεν είναι πρόθυμοι να χρησιμοποιήσουν το ενοποιημένο πρόγραμμα Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών λόγω της δυσκολίας του. Οι James, Lamb, Householder και Bailey (2000) βρήκαν ότι οι καθηγητές μαθηματικών αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εφαρμογή ενοποιημένων προγραμμάτων Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών και τείνουν να χρησιμοποιούν λιγότερο τέτοια προγράμματα σε σχέση με τους καθηγητές των Φυσικών Επιστημών. Ίσως αυτό να αποτελεί και έναν από τους λόγους για τους οποίους είναι δύσκολο να επιτευχθούν θετικά αποτελέσματα για τα Μαθηματικά μέσω της ενοποίησης STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) (Honey et al., 2014). Επιπλέον, έχει επισημανθεί ότι οι καθηγητές μαθηματικών δεν έχουν επίγνωση των μαθηματικών γνώσεων που απαιτούνται για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας (Kiray, Gok, Çalışkan & Kaptan, 2008). Ωστόσο, και οι δύο, οι καθηγητές Φυσικών Επιστημών και οι καθηγητές Μαθηματικών πιστεύουν ότι τα επιτεύγματα των μαθητών σε καθένα από αυτά τα μαθήματα επηρεάζει την επίδοσή τους και στα άλλα μαθήματα.

Η έλλειψη των απαραίτητων γνώσεων περιεχομένου και της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου για την ενοποίηση Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών είναι ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια για την επιτυχή ενοποίηση. Αυτό φάνηκε σε έρευνες (Başkan, Alev & Karal, 2010; Kiray & Kaptan, 2012; Lehman, 1994) στις οποίες διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι από τους εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που συμμετείχαν, ενώ είχαν θετικές στάσεις για την ενοποίηση Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών, δεν πίστευαν ότι είχαν το απαραίτητο υπόβαθρο γνώσεων για να σχεδιάσουν ή/και να πραγματοποιήσουν προγράμματα ενοποίησης, δηλαδή δεν είχαν τις απαραίτητες γνώσεις για να συνδέσουν αυτά τα δύο πεδία στην πράξη. Σε άλλες έρευνες, η έλλειψη γνώσεων συνδυάζεται με την έλλειψη εκπαιδευτικών υλικών και

μοντέλων για την υλοποίηση ενοποιημένων προγραμμάτων Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών (Huntly, 1999).

Οι Basista, Tomlin, Pennington & Pugh (2001) αξιολόγησαν την εφαρμογή ενός επιμορφωτικού προγράμματος για εκπαιδευτικούς που αφορούσε στην ενοποίηση της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών και διαπίστωσαν ότι οι εκπαιδευτικοί βελτίωσαν τη γνώση περιεχομένου και την ικανότητά τους να εφαρμόζουν ενοποιημένα προγράμματα Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών κατά τη διδασκαλία τους. Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί ήταν επιφυλακτικοί έως αρνητικοί απέναντι στην ενοποίηση της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών λόγω της έλλειψης στη γνώση περιεχομένου και στα δύο πεδία δηλώνοντας ότι θα ένιωθαν άβολα με τη διδασκαλία εκείνου του μαθήματος στο οποίο δεν είχαν εκπαιδευτεί κατά τη διάρκεια των σπουδών τους (Watanabe & Hurley, 1998). Επίσης, ο περιορισμένος διδακτικός χρόνος για την κάλυψη της διδακτέας ύλης αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την εφαρμογή ενοποιημένων προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Keys, 2003).

Εκτός από την ανεπάρκεια στις γνώσεις περιεχομένου και στις παιδαγωγικές γνώσεις περιεχομένου η έλλειψη διδακτικής εμπειρίας είναι ένας ακόμα ανασταλτικός παράγοντας για την πραγματοποίηση ενοποιημένων προγραμμάτων. Οι ερευνητές (Frykholm & Glasson, 2005) αναφέρουν ότι οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί ενώ γνωρίζουν την ανάμεικτη φύση των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών και τη σημασία των συνδέσεων μεταξύ αυτών των δύο πεδίων εκφράζουν φοβία για τη χρήση προγραμμάτων ενοποίησης λόγω ελλείψεων στις γνώσεις τους, αλλά και στη διδακτική τους εμπειρία. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί είναι ειδικοί στο δικό τους αντικείμενο και δεν έχουν τις απαραίτητες γνώσεις και την εμπιστοσύνη που απαιτείται για την ενοποίηση της γλώσσας, των μεθόδων, των εννοιών ή του περιεχομένου του άλλου πεδίου (Basista et al., 2001; Czerniak, 2007; Furner & Kumar, 2007). Επιπλέον έχουν δυσκολία να εφαρμόσουν αυτά τα προγράμματα ενοποίησης εφόσον στα φοιτητικά τους χρόνια δεν είχαν τέτοιες εμπειρίες (Kurt & Pehlivan, 2013).

Άλλοι ερευνητές (Frykholm & Glasson, 2005) έχουν ασχοληθεί με τον σχεδιασμό καινοτόμου μοντέλου για την ανάπτυξη των γνώσεων περιεχομένου και των παιδαγωγικών γνώσεων περιεχομένου των υποψήφιων εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που είναι απαραίτητες για την ενοποίηση Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Η *συνδεδεμένη ενοποίηση* που προτείνουν βασίζεται στην πλαισιωμένη μάθηση, στην έννοια της διαπραγμάτευσης και της κατασκευής νοήματος μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Το πλαίσιο αυτό προτείνει αντί την πλήρη ενοποίηση ή τη διεπιστημονική μάθηση, η οποία θα απαιτεί από τους εκπαιδευτικούς να έχουν πολύ ισχυρή γνώση των περιεχομένων των αντικειμένων και των δύο πεδίων, τη συνεργασία των εκπαιδευτικών για την ανάπτυξη θεμάτων των προγραμμάτων σπουδών τα οποία να βασίζονται στις συνδέσεις μεταξύ Μαθηματικών και Φυσικών επιστημών. Η διαδικασία της συνεργασίας για τον προσδιορισμό θεμάτων, συνδέσεων και δραστηριοτήτων για ενοποίηση παρέχει τόσο τη γνώση περιεχομένου όσο και μια σημαντική διαδικασία για την κατασκευή των απαραίτητων εμπειριών για την αποτελεσματική ενοποίηση των

πεδίων. Στην έρευνά τους εξέτασαν τη γνώση του περιεχομένου και την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου, τις στάσεις και πεποιθήσεις (σε σχέση με την ενοποίηση των μαθηματικών και της επιστήμης) των υποψήφιων καθηγητών μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών—κατά τις σπουδές τους. Η πρόθεση της έρευνας ήταν να ‘πλαισιώσει’ τη μάθηση αυτών των φοιτητών δημιουργώντας τους την ευκαιρία να εργαστούν από κοινού, να μοιραστούν ιδέες, να συνεργαστούν και να συμμετάσχουν σε συζητήσεις σχετικές με τη σύνδεση των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών. Αφέθηκαν να οικοδομήσουν τη δική τους κατανόηση για τους δεσμούς μεταξύ των δύο πεδίων μέσα από τη συμμετοχή τους σε ομαδική εργασία με την ελπίδα να χρησιμοποιήσουν αυτό το μοντέλο και στους δικούς τους μαθητές. Θεωρήθηκε ότι η σύνδεση του πραγματικού κόσμου με την επιστημονική έρευνα μέσα από ρεαλιστικά πλαίσια μπορεί να προσφέρει ένα ασφαλές πλαίσιο ενοποίησης και ταυτόχρονα κάλυψης των κενών και των ανασφαλειών των εκπαιδευτικών. Αυτό που έγινε εμφανές στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν ότι αν και οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί γνώριζαν πολύ καλά τη σημασία της ενοποιημένης διδασκαλίας Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, λόγω του ότι δεν είχαν ιδιαίτερες εμπειρίες στην πράξη από τέτοιου είδους διδασκαλίες εξέφρασαν αβεβαιότητα για το πώς θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ομαδικά. Επιπλέον επισημάνθηκε η έλλειψη γνώσεών τους όχι μόνο στο αντικείμενο προς ενοποίηση, αλλά και στο δικό τους αντικείμενο. Τα Μαθηματικά θεωρήθηκαν ως ένα εργαλείο για τη συλλογή και την αναπαράσταση δεδομένων το οποίο χρησιμοποιείται για υπολογιστικούς λόγους. Δεν έγινε φανερό αν είχαν αντιληφθεί τα εννοιολογικά και μαθηματικά συστήματα που πλαισιώνουν αυτά τα εργαλεία. Αυτό το συμπέρασμα έχει καταγραφεί και σε προηγούμενη έρευνα (Watanabe & Huntly, 1998) στην οποία φάνηκε ότι οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών στην πλειοψηφία τους θεωρούν τα Μαθηματικά ως εργαλείο για τις Φυσικές Επιστήμες ή ως γλώσσα των Φυσικών Επιστημών.

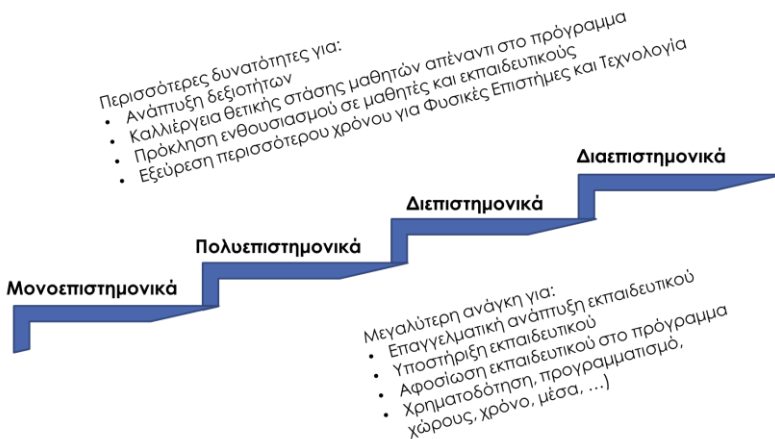
Προς την ίδια κατεύθυνση η Ríordáin και οι συνεργάτες της (2016) προσπαθώντας να απαντήσουν στο ερώτημα «Ποιες πτυχές της πρακτικής είναι σημαντικές για τη διευκόλυνση της ενοποιημένης διδασκαλίας και μάθησης Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ιρλανδία;», σχεδίασαν και εφάρμοσαν ένα ερευνητικό πρόγραμμα εστιασμένο στην ενοποίηση Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών στην τάξη, με τη συνεργασία των καθηγητών του αντίστοιχου πεδίου. Η έρευνα εστίασε στην ανάπτυξη μιας ενοποιημένης ενότητας για τη μάθηση της απόστασης, του χρόνου και της ταχύτητας, με τη χρήση της TI-Nspire™ αριθμομηχανής και εξοπλισμό καταγραφής δεδομένων η οποία σχεδιάστηκε από τους ερευνητές με ανατροφοδότηση από τους εμπλεκόμενους εκπαιδευτικούς. Οι παραπάνω ερευνητές πήραν ως δεδομένο ότι το περιεχόμενο που θα προσπαθούσαν να ενοποιήσουν έπρεπε να βασίζεται στις συνδέσεις κεντρικών αξιών του προγράμματος σπουδών για τα δύο πεδία καθώς οι εκπαιδευτικοί είναι απίθανο να υιοθετήσουν ενοποιημένες στρατηγικές που θα αφορούν έννοιες οι οποίες δεν εμπλέκονται στις εξετάσεις των μαθητών. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών, οι γνώσεις τους για το άλλο αντικείμενο και για την τεχνολογική παιδαγωγική γνώση περιεχομένου, καθώς και η συνεργασία και υποστήριξη των εκπαιδευτικών, έχουν επίπτωση στην

εφαρμογή μιας ενοποιημένης προσέγγισης των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση.

Επιπλέον εμπόδιο για την υλοποίηση ενοποιημένων προγραμμάτων αποτελεί και η έλλειψη σύνδεσης μεταξύ των δύο πεδίων στα υφιστάμενα προγράμματα σπουδών όπως διαπίστωσαν οι εκπαιδευτικοί των Φυσικών Επιστημών (Bütüner & Uzun, 2011 στο Kurt & Pehlivan, 2013). Δήλωσαν επίσης ότι πρέπει να ασχοληθούν με θέματα των Μαθηματικών πριν από συγκεκριμένες ενότητες των Φυσικών Επιστημών, δεδομένου ότι προηγούμενη γνώση Μαθηματικών απαιτείται για την εκμάθηση των εν λόγω θεμάτων.

Οι Gresnigt, Taconis, van Keulen, Gravemeijer & Baartman (2014) πραγματοποίησαν μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των αποτελεσμάτων και των απαιτήσεων των ενοποιημένων προγραμμάτων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης της περιόδου 1994-2011 που βασίζονται σε συνδέσεις ανάμεσα στις Φυσικές Επιστήμες και άλλα γνωστικά αντικείμενα. Τα προγράμματα ταξινομήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες (μονοεπιστημονικά, πολυεπιστημονικά, διεπιστημονικά και διαεπιστημονικά). Προέκυψε ότι οι κατηγορίες των προγραμμάτων συνδέονται με τα μαθησιακά αποτελέσματα (γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις), καθώς επίσης και με απαιτήσεις (επιμόρφωσης, χρόνου και μέσων) που προϋποθέτει η εφαρμογή τους (βλ. Σχήμα 15).

Σχήμα 15: Κατηγορίες προγραμμάτων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που συνδέουν Φυσικές Επιστήμες με άλλα γνωστικά αντικείμενα: δυνατότητες και ανάγκες (Gresnigt et al., 2014).



ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ: ΕΝΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Έχει επισημανθεί ότι στην εκπαιδευτική πράξη συνήθως χρησιμοποιούνται μέσα και παιδαγωγικές στρατηγικές που αποτυγχάνουν να προωθήσουν τη μάθηση των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στους περισσότερους από τους μαθητές. Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι συνήθως οι μαθητές δεν κατανοούν τις βασικές ιδέες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, απομνημονεύουν γεγονότα, μαθαίνουν να επιλύουν προβλήματα από συνήθεια, δεν συνδέουν όσα διδάσκονται με την καθημερινή ζωή και δεν έχουν κίνητρα για να προάγουν τη μάθησή τους (Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik & Reiser, 2008).

Οι προσπάθειες για βελτίωση της εκπαίδευσης των μαθητών στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες έχουν εστιάσει περισσότερο στα μεμονωμένα πεδία (Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες) και αρκετά λιγότερο στο αν και πώς αυτά τα πεδία μπορούν να συνδεθούν ώστε να βελτιωθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα. Θα μπορούσε το ενοποιημένο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών να αποτελέσει μέρος της λύσης του προβλήματος που σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών;

Προς αυτή την κατεύθυνση υπάρχουν περισσότερες ερωτήσεις παρά απαντήσεις. Ελάχιστα είναι τα δεδομένα που συνδέουν το εκπαιδευτικό υλικό που βασίζεται στις συνδέσεις ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες με τα μαθησιακά αποτελέσματα (Honey et al., 2014). Αναφορικά με τα μαθησιακά αποτελέσματα, η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της τυπικής εκπαίδευσης εστιάζει στις γνώσεις και τις δεξιότητες των μαθητών, ενώ η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της μη τυπικής εκπαίδευσης επικεντρώνεται στις στάσεις των μαθητών. Στις δύο παραπάνω περιπτώσεις εντοπίζονται ορισμένες εργασίες πάνω στην επίδραση του εκπαιδευτικού υλικού που συνδέει τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες στα μαθησιακά αποτελέσματα, αλλά είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση του μοντέλου του ενοποιημένου εκπαιδευτικού υλικού στα μαθησιακά αποτελέσματα μετά τη διδακτική παρέμβαση και σε βάθος χρόνου (Honey et al., 2014). Επιπρόσθετα, δεν έχει διερευνηθεί γιατί και πώς το εκπαιδευτικό υλικό που συνδέει τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες υποστηρίζει την οικοδόμηση γνώσεων, την ανάπτυξη δεξιοτήτων ή την καλλιέργεια στάσεων.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται: ένα προτεινόμενο πλαίσιο μοντέλων ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, ένα πλαίσιο έρευνας για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού το οποίο βασίζεται στα μοντέλα ενοποίησης, καθώς επίσης και μια σειρά ερωτημάτων για έρευνα αναφορικά με την αποτελεσματικότητα αυτού του εκπαιδευτικού υλικού.

Μοντέλα ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών
Με βάση τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν για τον σχεδιασμό ενοποιημένων προγραμμάτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, προτείνουμε ένα πλαίσιο

μοντέλων ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που συνοψίζει τα καταγεγραμμένα μοντέλα και είναι ένας συνδυασμός του «ισοζυγισμένου μοντέλου» (Kiray, 2012) και των μοντέλων των Vasquez, Sneider και Comer (2013) με την προσθήκη επιπλέον παραμέτρων.

Μονοεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό

Το μονοεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό εστιάζει αποκλειστικά σε ένα πεδίο (Μαθηματικά ή Φυσικές Επιστήμες) (βλ. Σχήμα 16). Οργανώνεται με βάση τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα αυτού του πεδίου και μπορεί να είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε: (α) να προσεγγίζει αυτό καθαυτό το πεδίο χωρίς εσωτερικές ή άλλες συνδέσεις, (β) να εστιάζει στα συναφή στοιχεία εντός του ίδιου πεδίου, (γ) να διαπραγματεύεται συνδυασμό εννοιών, διαδικασιών και δεξιοτήτων εντός του ίδιου πεδίου και (δ) να χρησιμοποιεί έννοιες ή διαδικασίες άλλων πεδίων, για να υποβοηθήσει τη διδασκαλία και τη μάθηση, αλλά όχι με σκοπό να διδάξει τα άλλα πεδία.

Μονοεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό

Το μονοεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό εστιάζει αποκλειστικά σε ένα πεδίο (Μαθηματικά ή Φυσικές Επιστήμες) (βλ. Σχήμα 16). Οργανώνεται με βάση τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα αυτού του πεδίου και μπορεί να είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε: (α) να προσεγγίζει αυτό καθαυτό το πεδίο χωρίς εσωτερικές ή άλλες συνδέσεις, (β) να εστιάζει στα συναφή στοιχεία εντός του ίδιου πεδίου, (γ) να διαπραγματεύεται συνδυασμό εννοιών, διαδικασιών και δεξιοτήτων εντός του ίδιου πεδίου και (δ) να χρησιμοποιεί έννοιες ή διαδικασίες άλλων πεδίων, για να υποβοηθήσει τη διδασκαλία και τη μάθηση, αλλά όχι με σκοπό να διδάξει τα άλλα πεδία.

Σχήμα 16: Το μονοεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό.

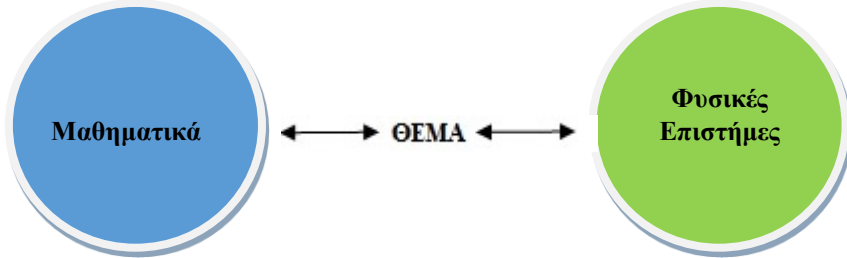


Πολυεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό

Το πολυεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό, είναι διαθεματικό και εστιάζει στα επιμέρους επιστημονικά πεδία (Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες). Οργανώνεται με βάση τους στόχους των επιμέρους επιστημονικών πεδίων γύρω από ένα θέμα (βλ. Σχήμα 17). Ανάλογα με το θέμα, τα διαφορετικά πεδία είτε έχουν ισότιμο ρόλο και άρα συμμετέχουν στον ίδιο βαθμό, δηλαδή βρίσκονται σε ισορροπία είτε έχουν διαφορετικούς ρόλους, δηλαδή το ένα πεδίο είναι το κύριο και το άλλο πεδίο το δευτερεύον. Στο

εκπαιδευτικό αυτό υλικό τα πεδία παραμένουν διακριτά και ανεξάρτητα μεταξύ τους, αλλά αλληλεπιδρούν με το κοινό θέμα.

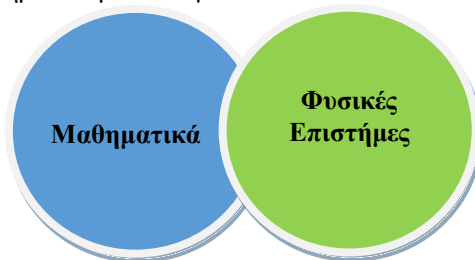
Σχήμα 17: Το πολυεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό.



Διεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό

Το διεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό οργανώνεται γύρω από κοινές μαθησιακές δράσεις των επιμέρους επιστημονικών πεδίων (βλ. Σχήμα 18). Δίνεται έμφαση σε πρακτικές, ιδέες και έννοιες που είναι κοινές στα διαφορετικά πεδία. Το εκπαιδευτικό υλικό βασίζεται σε συγκεκριμένους στόχους των διαφορετικών πεδίων και μέσα από τη διαπραγμάτευση προκύπτουν οι κοινές παράμετροι. Οι κοινές παράμετροι μπορεί να είναι: συναισθηματικά χαρακτηριστικά, δεξιότητες, μέθοδοι διδασκαλίας, τρόποι μάθησης, κοινό περιεχόμενο, έννοιες, διαδικασίες και τεχνουργήματα, μέτρηση της επίδοσης και αξιολόγηση. Και σε αυτό το μοντέλο τα επιμέρους επιστημονικά πεδία είναι διακριτά και ανεξάρτητα μεταξύ τους, αλλά σε αυτά αποδίδεται λιγότερη σπουδαιότητα, συγκριτικά με αυτήν που τους αποδίδεται στο πολυεπιστημονικό μοντέλο.

Σχήμα 18: Το διεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό.

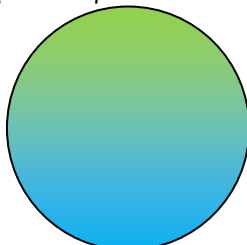


Διαεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό

Το διαεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό οργανώνεται γύρω από τις ερωτήσεις των μαθητών και τους προβληματισμούς τους. Οι μαθητές εφαρμόζουν τις πρακτικές των επιμέρους επιστημονικών πεδίων σε αυθεντικές καταστάσεις της καθημερινής ζωής. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μοντέλα, στο διαεπιστημονικό τα επιμέρους επιστημονικά πεδία δεν γίνονται διακριτά (βλ. Σχήμα 19). Στο συγκεκριμένο

μοντέλο το εκπαιδευτικό υλικό βασίζεται στην ολική ενοποίηση η οποία ισορροπεί τα διαφορετικά πεδία.

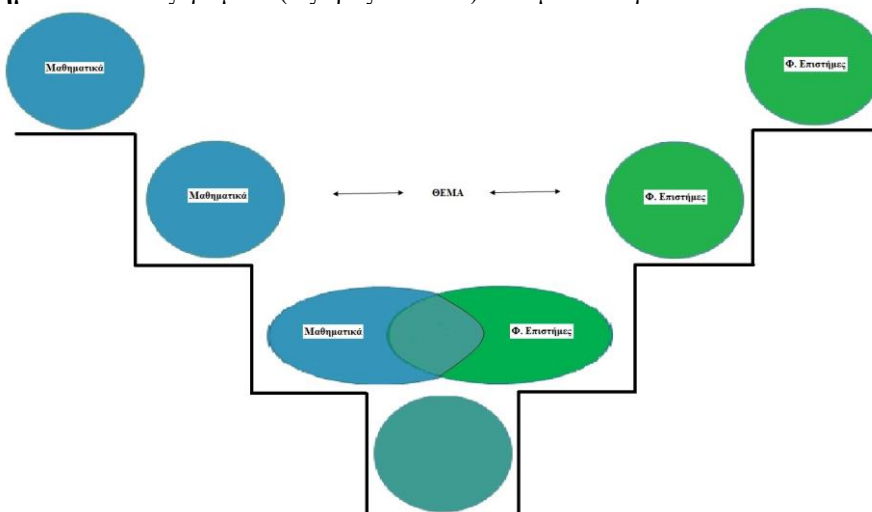
Σχήμα 19: Το διαεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό.



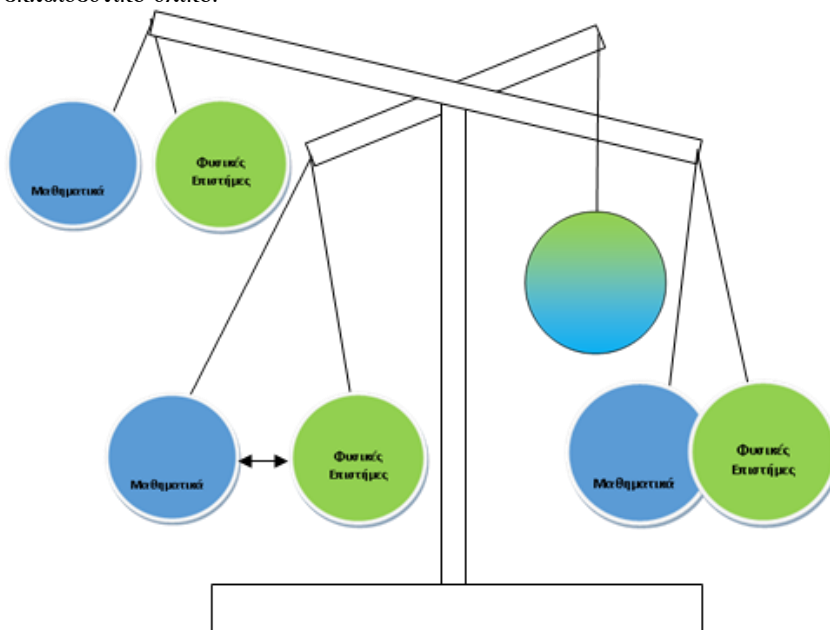
Ισοζυγισμένο πολυμοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό

Το ισοζυγισμένο πολυμοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό συνδυάζει τα επιμέρους μοντέλα σε δομές τέτοιες ώστε, κατά την ανάπτυξη και διαχείριση του υλικού, να υπάρχει ισοκατανομή στα πεδία (Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες) ή/και στα μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί, το εκπαιδευτικό υλικό, να εστιάζει αποκλειστικά σε ένα πεδίο (Μαθηματικά ή Φυσικές Επιστήμες) (μονοεπιστημονικό), να οργανώνεται με βάση τους στόχους των επιμέρους πεδίων γύρω από ένα θέμα (πολυεπιστημονικό), να οργανώνεται γύρω από κοινές μαθησιακές δράσεις των επιμέρους πεδίων (διεπιστημονικό) και να οργανώνεται γύρω από τις ερωτήσεις των μαθητών και τους προβληματισμούς τους (διαεπιστημονικό), περιλαμβάνοντας είτε δραστηριότητες που συγκροτούνται ισομερώς με βάση τα δύο πεδία (ισοζυγισμένο ως προς τα πεδία) (βλ. Σχήμα 20) είτε με βάση τα τέσσερα προηγούμενα μοντέλα ενοποίησης (ισοζυγισμένο ως προς τα μοντέλα ενοποίησης) (βλ. Σχήμα 21). Η ιδέα για τη διαμόρφωση αυτού του μοντέλου ανάγεται στη λογική με την οποία έχει συγκροτηθεί το μοντέλο του Kiray (2012).

Σχήμα 20: Το ισοζυγισμένο (ως προς τα πεδία) πολυμοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό.



Σχήμα 21: Το ισοζυγισμένο (ως προς τα μοντέλα ενοποίησης) πολυμοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό.

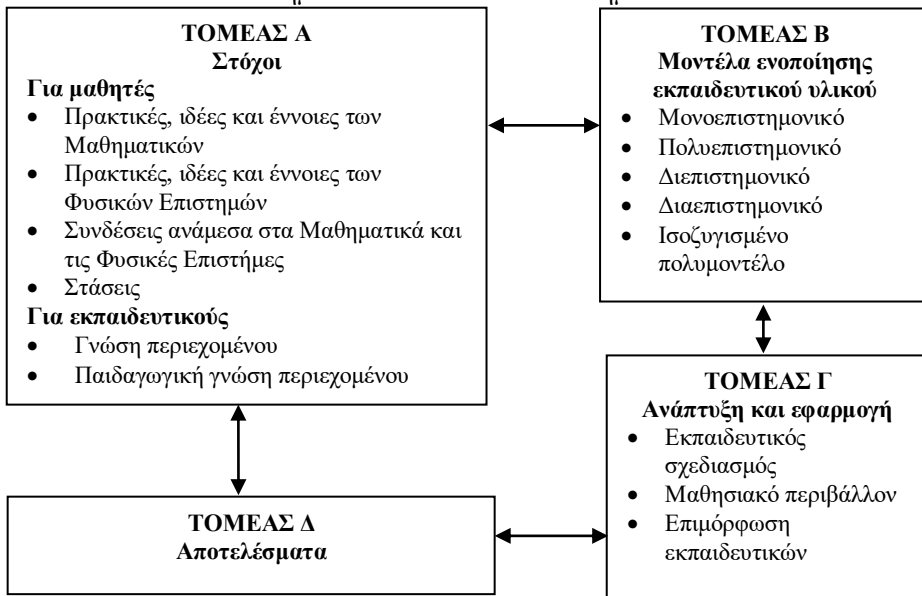


Πλαίσιο έρευνας για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για την ενοποίηση Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών

Κάθε μοντέλο ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών μπορεί να απαιτεί διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις και διαδικασίες εφαρμογής και να επιφέρει διαφορετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα *US Common Core State Standards for Mathematics*, τα *Next Generation Science Standards* και τις προτάσεις της ομάδας μελέτης για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των Η.Π.Α. (Honey et al., 2014), στην εργασία αυτή προτείνεται ένα πλαίσιο έρευνας για τη ανάπτυξη ενοποιημένου εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Αυτό μπορεί να αποτελέσει «κεφαλτήριο» για τη διατύπωση προτάσεων για συστηματική έρευνα αναφορικά με το εκπαιδευτικό υλικό των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Στο Σχήμα 22 παρουσιάζεται ένα προτεινόμενο πλαίσιο έρευνας εκπαιδευτικού υλικού που περιλαμβάνει τέσσερις τομείς: τους στόχους που τίθενται (τομέας Α), τα μοντέλα ενοποίησης εκπαιδευτικού υλικού (τομέας Β), την ανάπτυξη και την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού (τομέας Γ) και τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού (τομέας Δ). Κάθε τομέας έχει επιμέρους διαστάσεις. Οι τέσσερις τομείς δεν είναι ασύνδετοι, αλλά αλληλεπιδρούν.

Σχήμα 22: Το προτεινόμενο πλαίσιο έρευνας για την ανάπτυξη ενοποιημένου εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.



Τομέας Α: Στόχοι

Οι στόχοι που τίθενται για το ενοποιημένο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών μπορούν να αναφέρονται στους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς. Οι στόχοι των μαθητών αναφέρονται σε αυτά που επιδιώκει ο δημιουργός του εκπαιδευτικού υλικού ότι μπορούν να πετύχουν οι μαθητές. Η εκπαίδευση στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αποσκοπεί στο να εξοικειώσει όλους τους μαθητές σταδιακά (κατά τη διάρκεια της φοίτησής τους στο σχολείο) με πρακτικές, ιδέες και έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (CCSS, 2010; NRC, 2012). Ο όρος πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στα Μαθηματικά έχουν προταθεί οκτώ πρακτικές (CCSS, 2010) και για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί επίσης οκτώ πρακτικές (NGSS Lead States, 2013).

Μέσω της εκπαίδευσης στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, επιδιώκεται οι μαθητές να εμπλέκονται ενεργά με τις πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών και να εφαρμόζουν τις έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών ώστε να κατανοούν τις ιδέες των δύο επιστημονικών πεδίων. Απώτερος στόχος είναι όλοι οι μαθητές όταν ολοκληρώσουν τη φοίτησή τους στα σχολεία της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να έχουν αποκτήσει επαρκή γνώση των πρακτικών, των βασικών εννοιών και των ιδεών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών για να συμμετέχουν σε συζητήσεις πάνω σε θέματα που συνδέονται με τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, να κρίνουν τις επιστημονικές πληροφορίες που σχετίζονται με την καθημερινή τους ζωή και να συνεχίσουν να μαθαίνουν σε όλη τους τη ζωή (CCSS, 2010; NRC, 2012).

Συνεπώς, στα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα (στόχοι) των μαθητών μπορούν να περιλαμβάνονται η εξοικειώσή τους με τη χρήση των πρακτικών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, η κατανόηση και η εφαρμογή των βασικών ιδεών και των εννοιών των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, η ικανότητα συνδέσεων ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες και η καλλιέργεια στάσεων (ενδιαφέρον, ενεργός εμπλοκή) απέναντι σε θέματα Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.

Πέραν των στόχων που τίθενται για τους μαθητές, το πλαίσιο περιλαμβάνει και δύο στόχους που αφορούν στους εκπαιδευτικούς. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκεται οι εκπαιδευτικοί να βελτιώσουν τη γνώση περιεχομένου που έχουν οικοδομήσει για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, καθώς επίσης και για τις συνδέσεις ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Επιπλέον ως στόχος για τους εκπαιδευτικούς τίθεται και η βελτίωση της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου που αναφέρεται στην εκπαίδευση στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες.

Τομέας Β: Μοντέλα εκπαιδευτικού υλικού

Το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να συνδέει έννοιες από δύο ή περισσότερα πεδία (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), μια έννοια από ένα πεδίο με μια πρακτική από ένα άλλο πεδίο ή δύο πρακτικές από διαφορετικά πεδία. Έχει όμως ιδιαίτερη σημασία ο βαθμός σύνδεσης των πεδίων στο εκπαιδευτικό υλικό. Προς την κατεύθυνση αυτή προτείνονται τα ακόλουθα μοντέλα εκπαιδευτικού υλικού των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών: μονοεπιστημονικό, πολυεπιστημονικό, διεπιστημονικό, διαεπιστημονικό, ισοζυγισμένο πολυμοντέλο.

Τομέας Γ: Ανάπτυξη και εφαρμογή

Στον τομέα που αφορά στην ανάπτυξη και την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συνδέει τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, στο προτεινόμενο πλαίσιο έρευνας περιλαμβάνονται τρεις διαστάσεις: ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός, το μαθησιακό περιβάλλον και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

Ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός αφορά στη διαδικασία δημιουργίας της δομής των δραστηριοτήτων, την ανάθεση ρόλων και τη ροή των εργασιών μέσα σε μία ενότητα μάθησης (Britain, 2007). Το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να δομείται με βάση διάφορα μοντέλα εκπαιδευτικού σχεδιασμού και να εδράζεται σε διάφορες διδακτικές προσεγγίσεις (δασκαλοκεντρικές ή μαθητοκεντρικές).

Στο μαθησιακό περιβάλλον περιλαμβάνονται οι πολλαπλές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους μαθητές, τον εκπαιδευτικό, το εκπαιδευτικό υλικό, το χώρο και το χρόνο. Η εφαρμογή του ενοποιημένου εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να επιφέρει αλλαγές σε επιμέρους διαστάσεις του μαθησιακού περιβάλλοντος, όπως είναι η διεύρυνση του διδακτικού χρόνου, η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς, η συνεργατική διδασκαλία από τους εκπαιδευτικούς στη σχολική τάξη, η συνεργασία εκπαιδευτικών με άλλους φορείς εντός ή εκτός του σχολείου ή και άλλες προσαρμογές ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες της ευρύτερης κοινότητας.

Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών δρα υποστηρικτικά προς αυτούς και αναφέρεται στις δυνατότητες που τους παρέχονται, μέσω διαφόρων μορφών και προγραμμάτων επιμόρφωσης, να βελτιώσουν αφενός τη γνώση περιεχομένου πάνω στα πεδία (Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες) και στις μεταξύ τους συνδέσεις και αφετέρου την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου που αναφέρεται στην εκπαίδευση στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες.

Τομέας Δ: Αποτελέσματα

Οι στόχοι που τίθενται συνδέονται με τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται. Η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού θα μπορούσε να δώσει μαθησιακά αποτελέσματα που να είναι σύμφωνα ή μη με τους στόχους που είχαν τεθεί, τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς. Ορισμένα από τα αποτελέσματα που συνδέονται με τους στόχους για τους μαθητές (βλ. Σχήμα 22) δεν είναι εύκολο να μετρηθούν. Ειδικότερα, η μέτρηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων που σχετίζονται με τις πρακτικές συνδέσεων ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες είναι προβληματική (Bybee, 2010). Ωστόσο, τα

μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που σχετίζονται με τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, καθώς επίσης και των εκπαιδευτικών είναι πιο εύκολα μετρήσιμα, μέσω μιας ποικιλίας μεθόδων, όπως είναι τα ερωτηματολόγια, οι συνεντεύξεις ή οι παρατηρήσεις της εκπαιδευτικής πράξης.

Προτάσεις για έρευνα

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα και τους περιορισμούς της έρευνας που έχει πραγματοποιηθεί και το προτεινόμενο μοντέλο έρευνας για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού (βλ. Σχήμα 20), προτείνεται μια σειρά ερωτημάτων για περαιτέρω έρευνα. Τα ερωτήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε κατηγορίες με βάση τους τομείς του προτεινόμενου πλαισίου έρευνας, που αφορούν στα μοντέλα του εκπαιδευτικού υλικού και στην ανάπτυξη και εφαρμογή του.

Ανάλογα με το μοντέλο εκπαιδευτικού υλικού που υιοθετείται για την ανάπτυξη του μπορούν να προταθούν ερωτήματα που σχετίζονται με τις επιδράσεις του στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών και των εκπαιδευτικών (κάτω από συγκεκριμένες διαδικασίες εφαρμογής):

- Το μοντέλο του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιείται (μονοεπιστημονικό, πολυεπιστημονικό, διεπιστημονικό, διαεπιστημονικό, ισοζυγισμένο πολυμοντέλο) επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα;
- Ποιο μοντέλο εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να βοηθήσει καλύτερα τους μαθητές:
 - ο να αναπτύξουν και να χρησιμοποιούν πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών;
 - ο να οικοδομήσουν ιδέες και έννοιες των δύο αυτών γνωστικών αντικειμένων;
 - ο να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες και πως μπορεί αυτό να αποτιμηθεί;
- Ποιο μοντέλο εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να προκαλέσει περισσότερο το ενδιαφέρον των μαθητών και να τους κάνει να εμπλέκονται ενεργά με θέματα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών;
- Ποιο μοντέλο εκπαιδευτικού υλικού σχετίζεται περισσότερο με τη βελτίωση της γνώσης περιεχομένου και της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου των εκπαιδευτικών;
- Ποιο θεωρητικό πλαίσιο μπορεί να εξηγήσει τους μηχανισμούς μάθησης με τους οποίους ο βαθμός σύνδεσης των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στο εκπαιδευτικό υλικό προκαλεί τα συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα;

Ανάλογα με τη διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται κατά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, μπορούν να προταθούν τα ακόλουθα ερωτήματα:

- Η διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται κατά την εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού υλικού που εδράζεται σε συνδέσεις ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα;
- Ποια διδακτική προσέγγιση κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να βοηθήσει καλύτερα τους μαθητές;

- να αναπτύξουν και να χρησιμοποιούν πρακτικές των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών;
- να οικοδομήσουν ιδέες και έννοιες των δύο αυτών γνωστικών αντικειμένων;
- να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες;
- Ποια διδακτική προσέγγιση κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να προκαλέσει περισσότερο το ενδιαφέρον των μαθητών και να τους κάνει να εμπλέκονται ενεργά με θέματα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών;
- Ποια διδακτική προσέγγιση κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σχετίζεται περισσότερο με τη βελτίωση της γνώσης περιεχομένου και της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου των εκπαιδευτικών;

Ανάλογα με τις διαστάσεις του μαθησιακού περιβάλλοντος, όπως είναι το εύρος διδακτικής ώρας (45 ή 90 λεπτά), η συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευτικών, ο αριθμός εκπαιδευτικών (ένας ή δύο) που διδάσκουν στη σχολική τάξη ή η συνεργασία εκπαιδευτικών με άλλους φορείς εντός ή εκτός του σχολικού πλαισίου, κατά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, μπορούν να προταθούν τα ακόλουθα ερωτήματα:

- Το μαθησιακό περιβάλλον κατά την εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού υλικού που εδράζεται σε συνδέσεις ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα;
- Ποιο είναι το εύρος της διδακτικής ώρας που κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σχετίζεται περισσότερο με τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων;
- Ποιο είναι το μοντέλο συνεργασίας ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς που κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σχετίζεται περισσότερο με τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων;
- Ποιος είναι ο αριθμός των εκπαιδευτικών στη σχολική τάξη και ποιο το μοντέλο αλληλεπίδρασής τους που κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σχετίζεται περισσότερο με τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων;
- Ποιος είναι το μοντέλο συνεργασίας ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς και άλλους φορείς της ευρύτερης κοινότητας που κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σχετίζεται περισσότερο με τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων;

Ανάλογα με την εκπαίδευση ή την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών κατά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, μπορούν να προταθούν τα ακόλουθα ερωτήματα:

- Η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών σχετίζεται, κατά την εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού υλικού που εδράζεται σε συνδέσεις ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές επιστήμες, με τα μαθησιακά αποτελέσματα;
- Ποια είναι η γνώση περιεχομένου των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών των εκπαιδευτικών που είναι αναγκαία για την αποτελεσματική εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού στους μαθητές;

- Ποια είναι η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου των εκπαιδευτικών που είναι αναγκαία για την αποτελεσματική εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού στους μαθητές;
- Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών πριν και κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα;
- Ποια είναι η μορφή και το περιεχόμενο της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών που κατά την εφαρμογή αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σχετίζεται περισσότερο με τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων;

ΕΝ ΚΑΤΑΚΛΕΙΔΙ

Το ερώτημα που αρχικά είχε τεθεί και απετέλεσε τον τίτλο της εργασίας: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;», παραμένει ανοικτό προς περαιτέρω διερεύνηση και δημιουργεί νέες προκλήσεις. Αναδείχθηκε ότι υπάρχουν πολλά που οφείλουμε να μελετήσουμε και να μάθουμε αναφορικά με τους στόχους, τα αποτελέσματα, τα μοντέλα ενοποίησης του εκπαιδευτικού υλικού, την ανάπτυξη και την εφαρμογή του. Σε καμιά περίπτωση αυτό, δεν θα πρέπει να αποθαρρύνει όσους εμπλέκονται με τη σχεδίαση, εφαρμογή και μελέτη του εκπαιδευτικού υλικού. Αντίθετα, όπως επισημαίνουν οι Honey et al. (2014), αυτή η αναγνώριση των ερωτημάτων για έρευνα, των δυσκολιών και των εμποδίων αποτελεί «εφαλτήριο» και παρέχει την αναγκαία «δυναμική» για την ανάπτυξη νέου εκπαιδευτικού υλικού που να μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τα αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AAAS, (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- Basista, B., Tomlin, J., Pennington, K., & Pugh, D. (2001). Inquiry-based integrated science and mathematics professional development program. *Education*, 121(3), 615-624.
- Başkan, Z., Alev, N., & Karal, I.S. (2010). Physics and mathematics teachers' ideas about topics that could be related or integrated. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 1558-1562.
- Berlin, D.F. (γγ). Using place-based pedagogy to contextualize and integrate Science and Mathematics Education. Ανακτήθηκε από http://www.uwo.edu/wisdome/_files/documents/berlin.pdf, 5.09.2016.
- Berlin, D.F., & Lee, H. (2003). A bibliography of integrated science and mathematics teaching and learning literature. Volume 2: 1991-2001. ERIC Publications Washington, DC
- Berlin, D.F., & Lee, H. (2005). Integrating science and mathematics education: Historical analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), 15-24.
- Berlin, D., & White, A. (1992). Report from the NSF/SSMAWingspread conference: A network for integrated science and mathematics teaching and learning. *School Science and Mathematics*, 92(6), 340-342.

- Berlin, D.F., & White, A.L. (1994). The Berlin-White Integrated Science and Mathematics Model. *School Science and Mathematics*, 94(1), 2-4.
- Berlin, D.F., & White, A.L. (1995). Connecting school science and mathematics. In P.A. House & A.F. Coxford (Eds.), *Connecting mathematics across the curriculum*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Berlin, D.F., & White, A.L. (2010). Preservice mathematics and science teachers in an integrated teacher preparation program for grades 7-12: A 3-year study of attitudes and perceptions related to integration. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 97-115.
- Britain, S. (2007). Learning design systems: Current and future developments. In H. Beetham & R. Sharpe (Eds), *Rethinking pedagogy for a digital age: Designing and delivering e-learning* (pp. 103-114). London: Routledge.
- Bybee, R. 2010. Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Common Core State Standards Initiative [CCSS]. (2010). Common Core State Standards for mathematics. Ανακτήθηκε από http://www.corestandards.org/assets/CCSSI_Math%20Standards.pdf
- Czerniak, C.M. (2007). Interdisciplinary science teaching. In S.K., Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 537–560). New York (NY): Routledge.
- Czerniak, C.M., Weber, W.B., Sandmann, A., & Ahern J. (1999). A literature review of science and mathematics integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430.
- Czerniak, C.M., & Johnson, C.C. (2014). Interdisciplinary Science Teaching. In Abell, S. K. and Lederman, N. G., eds., *Handbook of research on science education*, 2nd ed. (pp. 395-411). London and New York: Routledge.
- Davison, D.M., Miller, K.W., & Metheny, D.L. (1995). What does integration of science and mathematics really mean? *School Science and Mathematics*, 95(5), 226-230.
- Dickes, A.C., & Sengupta, P. (2012). Learning natural selection in 4th grade with multiagent-based computational models. *Research in Science Education*, 43(3), 921-953.
- Dogra, B. (γγ). Teaching mathematics & Science through integrated approach. Ανακτήθηκε από [http://www.ncert.nic.in/pdf_files/7.%20Teaching%20Mathematics\(bharti%20dogra\).pdf](http://www.ncert.nic.in/pdf_files/7.%20Teaching%20Mathematics(bharti%20dogra).pdf) 5.09.2016.
- Eliás, C. 2009. The decline of natural sciences: confronting diminishing interest, fewer scientists, and poorer working conditions in western countries. A comparative analysis between Spain and United Kingdom. *Revista de Sociología*, 93, 69-79.
- English, L. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1–8.

- Fogarty, R., & Stoehr, J. (2008). Integrating curricula with multiple intelligence: Teams, themes, & threads. (From the tower: Fogarty's models of curriculum integration, pp. 23-38). Corwin press, California.
- Frykholm, J., & Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: Pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127–141.
- Furner, J.M., & Kumar, D. (2007). The mathematics and science integration argument: a stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 3, 185–189.
- Gardner, H., & Boix-Mansilla, V. (1994). Teaching for understanding within and across the disciplines. *Educational Leadership*, 51, 14–18.
- Gresnigt, R., Taconis, R., van Keulen, H., Gravemeijer, K., & Baartman, L. (2014). Promoting science and technology in primary education: A review of integrated curricula. *Studies in Science Education*, 50(1), 47-84.
- Haigh, W., & Rehfeld, D. (1995). Integration of secondary mathematics and science methods courses: A model. *School Science and Mathematics*, 95(5), 240-247.
- Hart, L.C. (2002). Preservice teachers' beliefs and practice after participating in an integrated content/methods course. *School Science and Mathematics*, 102(1), 4-14.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. Washington: National Academies Press.
- Huerta, M.F., Farber, G.K., Wilder, E.L., Kleinman, D.V., Grady, P. A., et al. (2005) NIH roadmap interdisciplinary research initiatives. *PLoS Computational Biology*, 1(6), 59.
- Huntly, M.A. (1998). Design and implementation of framework for defining integrated mathematics and science education. *School Science and Mathematics*, 98, 320-327.
- Huntly, M.A. (1999). Theoretical and empirical investigations of integrated mathematics and science education in the middle grades with implications for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 50(1), 5767.
- Hurd, P. D. (1991). Why we must transform science education. *Educational Leadership*, 49(2), 33–35.
- Hurley, M.M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence and definitions from new perspectives. *School Science and Mathematics*, 101(5), 259–268.
- Jacobs, H.H. (1989). *Interdisciplinary curriculum: design and implementation*. Alexandria (VA): Association for Supervision and Curriculum Development.
- James, R.K., Lamb, C.E., Householder, D.L., & Bailey, M.A. (2000). Integrating science, mathematics, and technology in middle school technology-rich environments: A study of implementation and change. *School Science and Mathematics*, 100(1), 27-35.
- Johnson, C.C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (2015). *STEM roadmap: a framework for integration*. London: Taylor & Francis.

- Kim, M.N. & Cho, M.K. (2015). Design and Implementation of Integrated Instruction of Mathematics and Science in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(1), 3-15.
- Keys, P. (2003). Teachers bending the science curriculum. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia.
- Kiray, S.A. (2012). A new model for the integration of science and mathematics: The balance model. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(3), 1181-1196.
- Kiray, S.A., & Kaptan, F. (2012). The effectiveness of an integrated science and mathematics programme: Science-centred mathematics-assisted integration. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(2), 943-956.
- Kiray, S.A., Gök, B., Çalışkan, İ., & Kaptan, F. (2008). Perceptions of science and mathematics teachers about the relations between what courses for qualified science mathematics education in elementary schools. (Editor: Özcan Demirel, Ali M. Sünbül). Further Education in the Balkan Countries, Volume II.
- Kurt, K., & Pehlivan, M. (2013). Integrated programs for science and mathematics: review of related literature. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(2), 116-121.
- Lederman, N.G., & Niess, M.L. (1997). Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics? *School Science and Mathematics*, 97(2), 57-58.
- Lederman, N.G., & Niess, M.L. (1998). 5 Apples + 4 oranges=? *School Science and Mathematics*, 98(6), 281– 284.
- Lehman, J. (1994). Integrating science and mathematics: Perceptions of preservice and practicing elementary teachers. *School Science and Mathematics*, 94(2), 58-64.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2006). Scientific thinking and science literacy: Supporting development in learning in contexts. In W. Damon, R. M. Lerner, K. A. Renninger and I. E. Sigel (Eds.), *Handbook of child psychology*, 6th ed. (Vol. 4). Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Lonning, R.A., & DeFranco, T.C. (1994). Development and implementation of an integrated mathematics/science preservice elementary methods course. *School Science and Mathematics*, 94(1), 18–25.
- Lonning, R.A., & DeFranco, T.C. (1997). Integration of science and mathematics: A theoretical model. *School Science and Mathematics*, 97(4), 212-215.
- McBride, J. W., & Silverman, F. L. (1991). Integrating elementary/middle school science and mathematics. *School Science and Mathematics*, 91(7), 285–292.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NRC. (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.

- NRC. (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington: National Academies Press.
- NCTM (National Council of Teachers of Mathematics), (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA.
- OECD (2007). Revised field of science and technology (FOS) classification on the Frascati Manual. Available at <http://www.oecd.org/dataoecd/36/44/38235147.pdf>.
- OECD (2013). PISA 2012 Results in Focus: What 15-year-olds know and what they can do with what they know. OECD Publishing. Available at <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf>
- Osborne, J. F., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards Science: A Review of the Literature and its Implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079.
- Pang, J., & Good R. (2000). A review of the integration of science and mathematics: implications for further research. *School Science and Mathematics*, 100, 73–82.
- Perkins, D. (1991). Educating for insight. *Educational Leadership*, 49, 4–8.
- Ríordáin, M., Johnston, J., & Walshe, G. (2016). Making Mathematics and Science Integration Happen: Key Aspects of Practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(2), 233-255.
- Roebuck, K.I., & Warden M.A. (1998). Searching for the center on the mathematics-science continuum. *School Science and Mathematics*, 98, 328-333.
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education) - a comparative study of students' views of science and science education (pdf) (Acta Didactica 4/2004). Oslo: Dept. of Teacher Education and School Development, University of Oslo.
- Sengupta, P., & Wilensky, U. (2011). Lowering the learning threshold: Multi-agent-based models and learning electricity. In M.S. Khine and M. Saleh (Eds.). *Models and modeling in science education* (pp. 141–171). Netherlands: Springer.
- Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J., & Reiser, B. (2008). The IQWST experience: Using coherence as a design principle for a middle school science curriculum. *Elementary School Journal*, 109, 199-219.
- Thomas, B., & Watters, J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian approaches to STEM education. *International Journal of Educational Development*, 45 (November 2015), 42–53.
- Larivière, V., & Gingras, Y. (2014). Measuring Interdisciplinarity. In B. Cronin & C. R. Sugimoto (Eds.), *Beyond Bibliometrics: Harnessing Multidimensional Indicators of Scholarly Impact* (pp. 187-200). Cambridge MA: MIT Press.
- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Venville, G., Rennie, L., & Wallace, J. (2004). Decision making and sources of knowledge: how students tackle integrated tasks in science, technology and

- mathematics. *Research in Science Education*, 34, 115-135.
- Watanabe, T., & Huntley, M.A. (1998). Connecting mathematics and science in undergraduate teacher education programs: Faculty voices from the Maryland Collaborative for Teacher Preparation. *School Science and Mathematics*, 98(1), 19-25.
- Wilhelm, J.A., & Walters, K.L. (2006). Pre-service mathematics teachers become full participants in inquiry investigations. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37, 793-804.

ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ

Cultural artefacts: semiotic mediation in the mathematics classroom (with a possible extension to the physics classroom)

Maria G. Bartolini Bussi

University of Modena and Reggio Emilia, Department of Education and Human Studies, Italy; mariagiuseppina.bartolini@unimore.it

ABSTRACT

My presentation deals with the use of artefacts in primary school for the purpose of constructing mathematical meanings. After a short presentation of the theoretical framework of semiotic mediation, I report on some experiments carried out by my research group. I present briefly the extension to physics education of the theoretical framework of semiotic mediation, drawing on a joint research study with physics educators. The theoretical framework of semiotic mediation might offer methodological scaffolding for teachers in order to mediate mathematical and scientific meanings that have been historically incorporated in artefacts and experimental methods. Relationships between semiotic mediation approach and romantic understanding approach are shortly discussed.

KEYWORDS: *Cultural artefacts, semiotic mediation, mathematics education, physics education*

INTRODUCTION

In science, inquiry-based methods have ancient traditions. The iconography of scientists in Europe often show people making observations of natural phenomena or using scientific instruments. The strict links between inquiry methods in natural science and scientific laboratories are part of everyday image of science (although, as we shall argue below, with a still limited impact on teaching methods in school). Several collections of historical interest are stored in science museums in the US and in Europe (e.g. [MUSEO GALILEO¹]) and both historical and modern instruments appear in exhibitions addressing general audiences all over the world. Studies (e.g. Lafosse-Marin & Lagues, 2007) show that handling scientific instruments is a part of the image of a working scientist for children too.

¹ <http://www.museogalileo.it>

For mathematics the situation seems different. The activity of professional mathematicians is conceived far from experimental activity. This image is reinforced by the communication style of most mathematicians which report only findings in abstract way. In contrast, there is a professional journal, *Experimental Mathematics*¹, that publishes original papers featuring formal results inspired by experimentation, conjectures suggested by experiments, and data supporting significant hypotheses, stating that there is value not only in the discovery itself, but also in the road that leads to it.

Actually, in mathematics, using *artefacts*² (and transforming them into mental *instruments*) was a common practice since the ancient age: counting, representing numbers or reckoning drew on abaci and mechanical calculators; drawing figures drew on the straightedge, the compass, set squares and templates; technical drawing was developed by tools and so on. The 20th century detachment of mathematics from concrete, experimental activity is probably one of the sources of the negative image of mathematics as detached from human enterprise. On the contrary, as Beuthelspacher (2016) wrote about hands-on mathematics:

People and mathematical experiments are a combination that works. This seems to be a promising mixture – and is the basic idea of hands-on Mathematics, minds-on, hearts-on. It is remarkable that this concept works for (nearly) all ages with every educational background, (Beuthelspacher, 2016, p. 4)

The European Commission has started several years ago to foster science and mathematics communication. In the 5th Framework Program the European Commission launched the first call to foster the sharing of ideas and encourage the trickle down of new techniques in the field. In this programme the Project *Maths Alive* was funded (with Beutelspacher as coordinator, and Bartolini Bussi as one of the principal investigators) with the specific aim to carry to the general audience the image of mathematics as a culturally-rich discipline with strong historical roots and everyday application. As a result of this project some important centres for informal learning of mathematics were founded or enlarged in Germany (Mathematikum³), Portugal (Atractor⁴), Italy (Giardino di Archimede⁵, Matematita⁶, MMLab⁷).

These activities were quite limited in FP5 and although important were not central to the program. Nevertheless, interest in them increased through the 4 years of the program and the final call for proposals was 16 times oversubscribed [...]. In FP6 (2002-2006) and FP7 (2007-2013), the European Commission followed more or less the same approach but with two major differences. The first is that raising awareness and public communication

1 <http://www.tandfonline.com/loi/uexm20>. One of the founders and members of the editorial board, was Jonathan M. Borwein, an outstanding mathematician with strong collaborations with mathematics educators (e.g. Monaghan, Trouche & Borwein, 2016). Unluckily Borwein passed away in the summer 2016.

2 We are using here the distinction between artefacts and instruments after Rabardel (1995), see the section 3.1.

3 <http://www.mathematikum.de/en.html>

4 <http://www.atractor.pt>

5 http://web.math.unifi.it/archimede/archimede_NEW_inglese/index.html

6 <http://www.matematita.it/index.php?NL=en>

7 <http://www.mmlab.unimore.it/site/home.html> (in Italian, only).

activities are not only part of a specific program ('Science and Society', which has been renamed 'Science in Society under FP7), but are also central to the Framework Programme as all projects participants since FP6 have had a contractual obligation to communicate their results to the public. The second difference is that the European Commission is encouraging voluntary coordination between Member States through a group set up to exchange best practice and network at government level (Schiele, Claessens & Shi, 2012, p. 231).

All the centres mentioned above within the *Maths Alive* project take care of informal learning of mathematics. Classroom may visit the centres, but the activity is not strictly related to teaching and learning in formal situations. This popular trend may partly explain why in spite of the presence of experimental methods in the history of science and mathematics in Europe, and in spite of the funds given by the European Commission, the impact on teaching is recent and mostly limited to intended curricula, with modest influence on the implemented curricula in the mathematics classroom. A relevant exception is given by the MMLab (UNIMORE) where not only didactical projects are realized but also teacher education and development is designed and realized (Bartolini Bussi & Maschietto, 2008; Maschietto & Bartolini Bussi, 2011)

This paper aims at reporting some teaching experiments with artefacts in primary school developed by our research group, presenting the theoretical framework of semiotic mediation for mathematics education and a possible extension to science (physics) education.

MATHEMATICAL LABORATORY AND ARTEFACTS IN MATHEMATICS EDUCATION

Historical perspective

The focus on mathematics as a teaching subject is ancient, yet the institutional attention to inquiry-based teaching methods dates back to the end of the 19th century, when invitations to foster a more experimental approach to the teaching of mathematics became popular together with active methods in education (Dewey, 1938). The emphasis on the mathematical laboratory was one of the driving forces towards the constitution of the International Commission on Mathematical Instruction [ICMI¹] and started to be debated in most international conferences on mathematics education since then. The impact on teaching was, however, modest, highlighting the separation between research on mathematics education and real school life in most countries, even if the introduction of ICTs (Hoyles & Lagrange, 2010) has strengthened the arguments of educators who advocate involving students in classroom activity in experimental way. However the reduction of experimental activity to ICT only should be carefully debated.

There are different ideas of what might be a *mathematical laboratory* (see also Maschietto & Trouche, 2010). Here, two complementary approaches are discussed, both already present at the beginning of the 20th century in the discussion within the ICMI. The *instrumental perspective*, that later gave rise to the [ITCMA²], the International Study

1 <http://www.mathunion.org/icmi>

2 <http://www.ictma15.edu.au/>

Group for Mathematical Modelling and Application, fosters research, teaching and learning of mathematical modelling and the ability to apply mathematics to genuine real world problems. This was the perspective assumed later by [OECD PISA¹]. The *conceptual perspective* (supported by Felix Klein, the first president of ICMI), claims that the aim of exploration in mathematics is the construction of mathematical meanings. The two approaches are not conflicting but complementary. As the history of mathematics clearly shows, the relationships between mathematics and other cultural processes (e.g. science, technology, art or processes of everyday life) are dialogical. In some cases existing mathematical tools are used to model phenomena from other fields; in other cases mathematical theories themselves are the outcomes of exploration of other fields (as the case of perspective drawing, where projective geometry is rooted, clearly shows). The conceptual approach was assumed in Italy by the [Italian Mathematical Union², UMI-CIIM 2003]:

A mathematical laboratory activity involves people (students and teachers), structures (classrooms, tools, organisation and management), ideas (projects, didactical planning and experiments). We can imagine the laboratory environment as a Renaissance workshop, in which the apprentices learned by doing, seeing, imitating, communicating with each other, in a word: practicing. In the laboratory activities, the construction of meanings is strictly bound, on one hand, to the use of tools, and on the other, to the interactions between people working together (without distinguishing between teacher and students). It is important to bear in mind that a tool is always the result of a cultural evolution, and that it has been made for specific aims, and insofar, that it embodies ideas. (UMI-CIIM, 2003, p. 26)

Looking inside a mathematical laboratory: cultural artefacts

Cultural artefacts

A mathematical laboratory according to the conceptual perspective assumed by the Italian Mathematical Union contains tools to be used during exploration. There are several kinds of tools, such as curve drawing devices (e. g. the pair straightedge and compass), perspective drawing devices (perspectographs), mechanical calculators and so on: a rich collection of these tools is available at the MMLab.

The classical tools of the MMLab collection are *cultural artefacts*, inspired by the history of mathematics in Europe. The wording “cultural artefacts” draws on the focus of culture in the Vygotskian trend, that characterizes the theoretical framework assumed by our research group. The idea of culture in Vygotsky is summarized by Vianna & Stetsenko (2006), as follows:

First we need to conceptualize culture not as a collection of inert (dead) artefacts but as a living continuous flow of practices that stretch throughout history and are enacted by each generation of people. [...] Second we need to abandon the notions not only of the child as a ‘solitary actor’ who develops essentially individually [...] but also of each generation being separate from the rest of humanity and from history, as if acting in a historical

1 <https://www.oecd.org/pisa/>

2 <http://www.matematica.it/tomasi/lab-did/pdf/matem-2003-curricolo.pdf>

vacuum and inventing itself and its world each time from scratch.[...] The third and connected re-conceptualization has to do with viewing local communities as being not separate entities with clear borders but, instead, as belonging together and interpenetrating each other on the global scale, interacting and influencing each other in numerous ways. (Vianna & Stetsenko, 2006, p. 89).

The introduction of cultural artefacts in the mathematics classroom with suitable tasks does not simply allow to foster the construction of mathematical meanings but also the construction of the cultural identity of the self as “cultural artefacts may reveal valuable information about the society that made or used them” (Bartolini Bussi & Martignone, 2015, p. 33). For instance, to introduce whole numbers in the primary classrooms one may use the abacus and the number line. A recent joint study has shown that the number line where whole numbers are introduced as labels on unit marks by means of a measuring process and additions and subtractions are realized, as operators, with jumps forwards and backwards, is very popular in the Western countries (Bartolini Bussi, 2015) but not used in China, where bead tools, such as the Chinese abacus (算盘, suàn pán) are preferred to highlight the discrete structure of the set of whole numbers (Sun, 2015). The roots (and the preferred choice) of the two representations dates back to the classical age and to the geometrical approach to arithmetics present in Euclides’s Elements too, contrasted with the counting stick approach of the Chinese mathematicians. Some examples of cultural artefacts for pre-primary and primary school are described in the next sections. Examples for secondary school are reported by Maschietto & Bartolini Bussi (2011).

The time tube

In the past decade we have been involved in an action-research project for mathematics teacher development in pre-primary schools (Bartolini Bussi, 2013), in parallel with a similar project for science teacher development, directed by the physics educator Federico Corni. In the last three years both projects have been extended to the development of educators for toddler centres (0-3 years old children).

In this section we consider a cultural artefact designed for pre-primary school (4-5 years old children) within the mathematics program: the *time tube*. The time tube is inspired by big size clepsydra on the one hand and by the devices with vertical scales (e.g. thermometers, measuring pitchers) on the other hand, but has some special distinctive features, as the level of the material inside is increased by the children themselves and no visible scale is represented.

The children are already familiar with the monthly calendar. A day-by-day tear-off calendar is also introduced. A cylinder tube of plexiglass is gradually filled with small balls made by crumpling tightly each day-sheet: every day, a child tears off the old sheet (yesterday), crumples it very carefully and throws it into the time tube. Every week, the tube is scrolled in order to adjust the level of the paper balls.

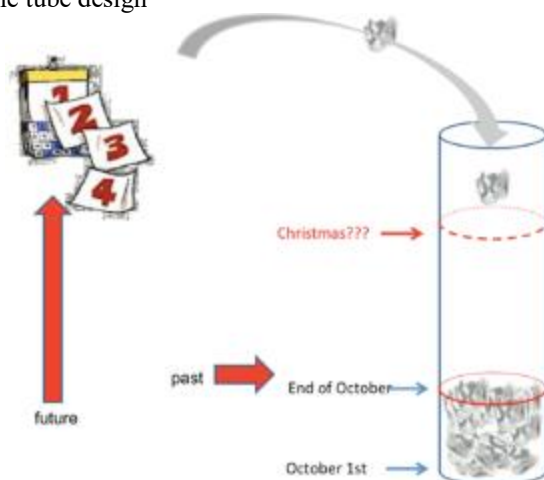
Metaphorically, the past is in the tube, the present is visible on the front of the day-by-day calendar and the future is still hidden (in the calendar on the wall).

The activity with the time tube may be analyzed from different perspectives.

The time tube is a kind of calendar that allows to represent approximately a large duration of time. Consider the following situation (Figure 1): the tube is introduced at the beginning of October and observed at the end of October after one month; the level of the paper balls may be traced on the tube; the task is: “what will be the level at Christmas, after two more months?” Some conjectures may be done and checked after two months. This activity meets the need of balancing the more usual discrete approach to numbers by counting with an early approach by measuring. Actually, Feigenson, Dehaene & Spelke (2004) reads:

What representations underlie the ability to think and reason about number? We review recent behavioral and neuropsychological evidence that these ontogenetically and phylogenetically shared abilities rest on two core systems for representing number [...] one system for representing large, approximate numerical magnitudes, and a second system for the precise representation of small numbers of individual objects. These systems account for our basic numerical intuitions, and serve as the foundation for the more sophisticated numerical concepts that are uniquely human (Feigenson et al. 2004, p. 307).

Figure 1: The time tube design



By means of the time tube, within a long term teaching experiment that becomes a classroom routine, children learn to approximate large durations between two events.

The simultaneous use of different calendars highlights that each kind of calendar has different structure and different aims. Time organization and representation strongly depends on cultures, hence calendars are true cultural artefacts.

More basically, also representation of future and past is a cultural artefact. An interesting example is given by the study made by Núñez & Sweetser (2006) with Aymara, where linguistic and gestural representations of narratives were combined:

In Aymara, the basic word for FRONT (nayra, “eye/front/sight”) is also a basic expression meaning PAST, and the basic word for BACK (qhipa, “back/behind”) is a basic expression for FUTURE meaning (Núñez & Sweetser, 2006, p. 402).

This contrasts the standard Western representation of the FUTURE in front and the PAST behind, that influence also many linguistic expressions. But, if we go back to etymologies in English (and other languages) we see that *ante* means “before in time or position; previous to; in front of”. A very naïve interpretation might be that the past, that is known, may be conceived in front of us, where we can “see” it, whilst the future is behind as we cannot “see” it. This observation opens the way to reflections on language and metaphors used in scientific narratives, on the one hand, and on the construction of the self (past, present, future) on the other hand.

What is children’s representation of the future and the past? We may quote a short excerpt from a conversation with 4 years old children, in front of the time tube.

C1: The days that have not yet passed are behind us.

C2: Yes they are behind us.

C3: They are in the (tear-off) calendar, one behind each other, don’t you see?

C4: They are behind as you must turn the calendar page.

C5: You do not see them as they must still pass.

In this case it seems that the “behind” metaphor is suggested by the tear-off calendar. But the last utterance mentions the fact that the past days cannot be seen (really or metaphorically?). In another classroom (5 years old children) there is still a conflict.

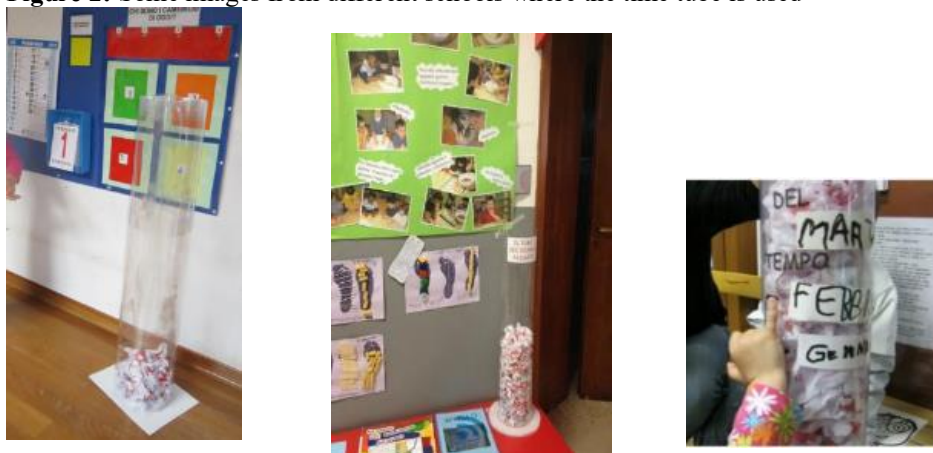
C6: Days should be behind us, as when a day passes, then a new day comes.

C7: Days go behind us, in time, and we are in front of the days and the new days are in front of us.

It seems that C6 is hinting at future days behind whilst C7 is hinting at future days in front. If the teacher asks: “where did the past time go?¹” the answer is immediate: “in the time tube!”.

1 Some authors claim that this philosophical question was debated by Albert Einstein and Kurt Godel during their walks in Princeton University Park (Kinnebrock, 2013).

Figure 2: Some images from different schools where the time tube is used



Other examples

Two additional examples will be reported below.

The Pascaline (section 3.2) is a mechanical calculator, composed by gears and designed by the French mathematician and philosopher Blaise Pascal in 1642. It was invented in the period when most scholars were interested in producing more and more complex clocks and to conjecture mechanical models of the world. It is a crucial artefact in the history of European mathematics because it represents the first example of arithmetic operations performed independently of the human intellect (Figure 5).

Perspectographs (section 3.3) are tools for perspective drawing used in the Renaissance period in the painters' workshops to make illusionistic drawing easier. The simplest one is built by pairing a fixed glass with a fixed eyehole. Looking through the eyehole, it is possible to draw on the glass by transparency the objects or landscapes behind the glass (Figure 7).

THEORETICAL FRAMEWORK

The theory of semiotic mediation

Whenever hands-on activity is focused a major problem is to foster the building up of mathematical meanings from exploration. It can happen that students handle and manipulate the artefacts without being able to develop thinking processes, mental experiments and so on. To exploit the laboratory experience, it is necessary to be equipped with some methods that allow the building up of mathematical meanings to be used also beyond the particular situation. Methods that are associated with the artefacts need to elaborate processes like decontextualization, generalization and conceptualization.

It is possible to envisage several inter-connected elements in this process:

- First, a focus on familiarization with a tool during the exploration. This might be considered trivial, but teachers know well that a lot of difficulties come from the limited skills in handling mathematical tools. Consider for instance the difficulties in the correct use of a goniometer to measure angles.

- Second, the use of a tool to solve a specific task, e.g. prediction of what will happen if ... or interpretation of what has happened or design to make it work according to a plan.

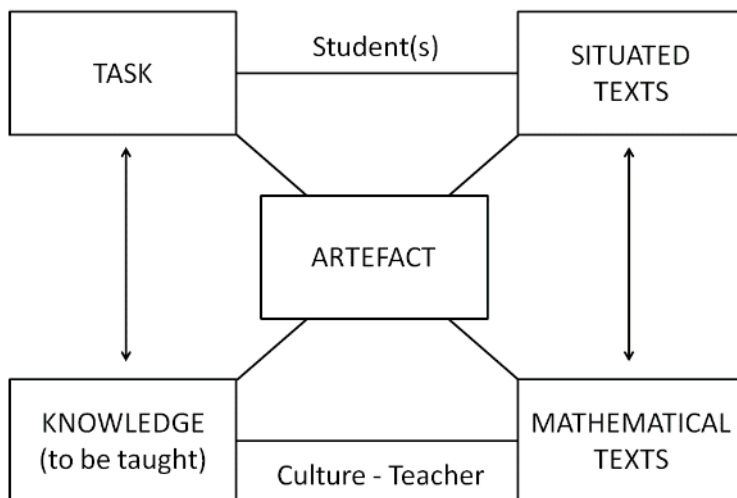
- Third, the focus on the building up of the mathematical meanings.

The above steps are organized dialectically (not in a linear order) as every step enlightens also the previous ones in the list. Consider, for instance, the standard pair of compasses used in school. To use it effectively, it is necessary first to be acquainted with the physical structure and with the correct way to grasp it and to make it turn around while keeping the needle embedded. Second, if the task is (as in the Proposition 1 of the Book 1 of Euclid's elements) "On a given finite straight line to construct an equilateral triangle", it is necessary to finalize the functioning of the pair of compasses to find the unknown vertex of the triangle. This may be done in different ways, likely to be suggested for example by perception or by imagining two pair of compasses with the same ray rotating together. Third if the construction has to be theoretically justified, the circle definition must be introduced: "a circle is a plane figure contained by one line such that all the straight lines falling upon it from one point (the centre) among those lying within the figure are equal to one another". Later all these processes are blended and give rise to effective practical and theoretical use of the compass in problem solving.

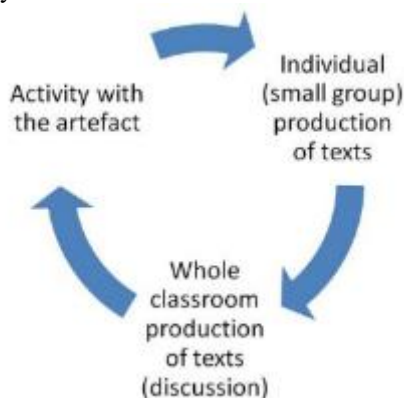
The first two steps are consistent with the difference between *artefact* and *instrument* (Rabardel, 1995): the artefact is the material or symbolic object per se, whilst the instrument is a mixed entity made up of both artefact-type components and schematic components called utilization schemes.

The third step concerns the core of the semiotic mediation approach after Vygotsky, as developed by Bartolini Bussi & Mariotti (2008). This approach, originally developed for mathematics education (inquiry activity in a mathematical laboratory), has proved to be effective also for physics education (Bartolini Bussi, Corni, Falcade & Mariani, 2011, see the section 4).

Figure 3: The scheme of semiotic mediation



In the Figure 3 the piece of knowledge to be mediated is at the bottom left vertex of the sketch. For instance, one may think of the place value of digits in the representation of natural numbers. This piece of knowledge, at the beginning is known by the teacher only, who, in order to foster the emergence of it and the appropriation by students, designs a suitable task to be solved by means of a given artefact (e.g. the abacus). The piece of knowledge to be mediated is usually considered in the so-called epistemological analysis. The students, either individually or in small group (sometimes even in large group) produce solutions, which might be right (or partially right) or wrong. In this process (top size of the sketch) the students construct personal meanings through utilization schemes of the artefact. Students are expected to use the artefact to solve a given task, drawing not only on their previous knowledge but also on the whole of their every day experience, expectations, motivations and so on. The observer, usually the teacher, may access students' personal meanings by means of the signs produced by students (oral and written texts, drawings, sketches, gestures, gazes, mouse-clicks and so on). These signs (texts) are usually situated, i.e. strictly related to the practical experience with the artefact. The aim of the whole process is to nurture the maturation of these personal meaning into mathematical meanings (right bottom vertex of the triangle), represented by mathematical texts. The relationship between personal meanings and mathematical meanings is related to Vygotsky's distinction between everyday concepts and scientific concepts.

Figure 4: The didactical cycle

The development from personal meanings to mathematical meanings is promoted through the iteration of didactical cycles (Figure 4) where different categories of activities take place, each of them contributing differently but complementarily to develop the complex process of semiotic mediation (for a detailed description of each element of the didactical cycle, see Bartolini Bussi & Mariotti, 2008).

In the previous sections, mainly hands-on artefacts have been mentioned. However the same theoretical framework has proved to be effective also for other kinds of artefacts, such as texts and historical sources. Examples will be discussed below.

Mechanical calculators: the pascaline experiment

The artefact

In this section we summarize a part of a study made some years ago with prospective primary school students (Bartolini Bussi, 2011) and repeated in different places all over the world. After many different experiments in different grades of primary school (e.g. Bartolini Bussi & Boni, 2008; Maschietto & Trouche 2010), a whole textbook has been produced (Maschietto & Savioli, 2014), for Italian teachers. The textbook is sold together with an exemplar of the artefact¹.

The pascaline is an arithmetic tools composed of gears analogous to the famous artefact, called Pascaline, invented by the French mathematician Blaise Pascal in 1642. It was produced in the period when most scholars were interested in producing more and more complex clocks and to conjecture mechanical models of the world. It is a crucial artefact in the history of European mathematics because it represents the first example of addition performed independently of the human intellect. The pascaline Zero + 1 (Figure 5) is a simple but ingenious tool produced by the Italian company Quercetti². It is a very robust plastic artefact (27 × 16 cm) with five gears. The 10 digits (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,

1 <http://www.erickson.it/Libri/Pagine/Scheda-Libro.aspx?ItemId=40860>

2 <https://www.quercettistore.com/it/prodotto/2361-zero1-scuola>

9) are written on the teeth of the gears (A, B, C). Three small arrows point at a tooth (on the gears (A, B, C)). In different positions, the tool may conventionally represent (by means of the digits to which these arrows point) any number from 0 (written 000) to 999.

The gears (A, B, C) represent units, tens and hundreds, whereas gears D and E are auxiliary driving gears to transmit the motion. Each gear may be rotated by pushing a tooth of the wheel A with one's finger clockwise. The rotation is step by step (one click is one-tenth of a complete rotation). After a complete rotation of gear A (starting from 000), the bar welded to gear D makes gear B turn one step (producing 010). After a complete rotation of gear B, the bar welded to gear E makes gear C turn one step (producing 100). And so on.

Figure 5: The pascaline Zero+1



An experiment in France (Maschietto & Soury-Lavergne, 2013) has been started a few years ago, with the contemporaneous use of a concrete artefact and a virtual copy of it (called *e-pascaline*).

In ideal situations, subjects are split into small groups (4-5 participants per group) with one pascaline, although some task might be more suitable to pairs of students (2 participants per group). A general presentation of the ideal experiment is in Maschietto & Trouche (2010). Below the main steps are sketched.

The zero task: WHAT is it?

The “zero” task highlights the narrative nature of thinking. Especially when the object is new for the students, it is not trivial to answer this question. Our experience shows that usually even expert people, if they are allowed to handle the tool and not simply to look at it from far, try to turn the pascaline, discovering with surprise that there is no “black box”, no engine (Figure 6, left)

Young students suggest images of green lawn with flowers. The numbers might suggest that there is some relationship with arithmetic, but usually there is not a very detailed conjecture about it.

The artefact task: HOW is it made?

The artefact task focuses the physical (and symbolic, because of digits) aspects of the object. The observation might be also very detailed, to discover that the three wheels are

on different levels (hence they are not in gear with each other, but are connected by means of a small bar). Students are allowed to use words (producing oral or written texts) or drawing and sketches. It is useful to give time enough to explore carefully the artefact. Sometime students produce very careful drawings.

The instrument task: HOW does it work?

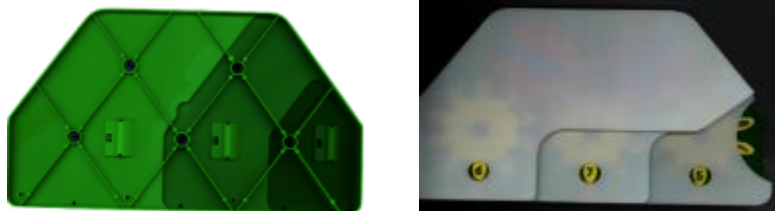
In this case a prompt may be introduced. After calling the attention on the digits that appear on three different wheels, it is possible to ask students to represent some numbers:

- with 1 digit (e.g. 3, 7, 0)
- with 2 digits (e.g. 13, 10, 99)
- with 3 digits (e.g. 100, 805, 999).

If the students are already familiar with place value it is easy enough to collect suggestions. But the tool may be used also to introduce place value with very young students, in parallel with other activities (e.g. counting straws).

The producer of this tool has submitted us a tentative cover to have just one digit per wheel visible (Figure 6 right). We tested the cover with students but realized that it was not necessary, not even for low achievers, as the small triangles on the bottom (Figure 5) were clear enough for children to notice the digit.

Figure 6: The back (left) and the tentative cover (right) of the pascaline Zero+1



The representation of a 3-digit number (805) may be realized substantially in the following different ways starting from 000:

- 1 iteration: to repeat 805 time a click on the right wheel (each click adds 1); this is a very long process, that appears often with 1-digit or 2-digit numbers, but more seldom with 3-digit numbers;
- 2 decomposition: to act separately on units (5 clicks), tens (0 clicks) and hundreds (8 clicks);
- 3 global move: to move with a hand the wheels as wholes, in order that the triangle on the right points to 5, the central triangle points to 0 and the last triangle (the one on the left) points to 8;
- 4 mixed strategies combining the previous ones.

The order in the strategies 2 and 3 is not relevant, as one can act on the wheels in a whichever order. If the task is the addition of two numbers (e.g. 805+98) after representing the first number on the pascaline, the second number may be added by

clicking 98 times on the right wheel (as in the strategy 1) or by clicking 8 times on units and 9 times on tens (as in the strategy 2).¹

If the task is the subtraction of two numbers (e.g. 805-98) the clicks are counterclockwise.

The theoretical task : WHY does it work in this way?

The strategy 1 consider the number as obtained by iterating the operator “+1”, consistently with Peano’s axioms². This strategy might be extended to a whichever number.

The strategy 2 consider the number as obtained by composing units, tens and hundreds (in a whichever order). This strategy starts from the choice of ten as the number system base.

They are two different meanings: the first does not depend on the choice of ten as the number system base. This difference may be explored with suitable tasks by young pupils too (Maschietto & Trouche, 2010).

The problem solving task: WHAT might happen if ?

There are tasks that may be challenging also when the use of the pascaline is consolidated. Here there is a short list:

- calculate on the pascaline $805 + 318$ and interpret the result;
- calculate on the pascaline $65 - 99$ and interpret the result;
- would it be possible to design a pascaline for 5 digits numbers? How is it?
- would it be possible to design a pascaline for base 5 number system? How is it?

Introducing historical documents in the classroom

In Maschietto & Savioli (2014) some activities with historical documents are suggested. In particular, a translation of some excerpts of the letter written by Pascal³ is reported to be read and commented with students in the classroom. These documents presents Pascal’s aim in designing and constructing the pascaline.

Tools for perspective drawing: the perspectograph experiment

The artefacts

Another teaching experiment in primary school classrooms is reported in this section. It concerns plane representation of three-dimensional objects. In this case too, physical artefacts (perspectographs and three-dimensional models) are combined with historical texts. Perspectographs are artefacts produced during the Renaissance period and used in painters’ workshops (Figure 7).

1 Some clips showing the functioning of the pascaline may be found here:
<https://www.youtube.com/watch?v=QmlW91H-gP8> and https://www.youtube.com/watch?v=FLdWktX_Yc8

2 <http://mathworld.wolfram.com/PeanosAxioms.html>

3 <http://history-computer.com/MechanicalCalculators/Pioneers/Pascal.html> contains some excerpts from Pascal’s letter.

Since the 15th century, the production of illusionistic plane (2-D) representation of objects (3-D) has often been realised by means of physical instruments that help the painter to use one eye only, keeping it fixed when painting. The simplest perspectograph was composed by an eyehole and a transparent screen where the painter traced directly the apparent contour of the object. This simple device is the ancestor of a rich family of instruments for perspective, which introduced additional equipment to expand its potentialities or to solve some practical problems (Bartolini Bussi, Mariotti & Ferri, 2005, p. 80).

Figure 7: A perspectograph ¹



Several teaching experiments about perspective drawing in primary school have been carried out (Bartolini Bussi, 1996; Bartolini Bussi, Mariotti & Ferri, 2005; Maschietto & Bartolini Bussi, 2009). A new teaching experiments was realized in 2015/16 in two third grade classrooms. In the same period an important exhibition on Piero della Francesca was held in Reggio Emilia². In that exhibition, not only all the seven extant copies of the famous treatise *De Prospectiva Pingendi* were on show, but also some tools for perspective drawing (perspectographs) from the collection of MMLab were available for hands-on activities.

The chronicle of the teaching experiment

The experiment was realized by a student-teacher (Margherita Rosi) during practicum in the classrooms of an expert teacher-researcher (Roberta Munarini Frenesi). The main aim of the teaching experiment was the representation of three-dimensional objects by means of a tool from the Renaissance culture. Hence, the classroom became, not only metaphorically “a Renaissance workshop, in which the apprentices learned by doing, seeing, imitating, communicating with each other, in a word: practicing” (see the section

¹ courtesy of www.macchinematematiche.org

² http://www.palazzomagnani.it/wp-content/uploads/2015/02/CS_PIERO-DELLA-FRANCESCA_ENGL.pdf

2.1). From the geometry perspective, the teacher together with the student-teacher introduced also specific lessons on two-dimensional and three-dimensional shapes, according to the national curriculum.

The main steps of the teaching experiments (Rosi, 2016) are the following:

1. introduction of the perspectograph (the physical artefact)
2. introduction of short excerpts from Piero della Francesca *De prospettive pingendi* (the textual artefact)
3. Analysis of the perspectograph;
4. Use of the perspectograph to solve specific tasks;
5. Manipulation of three-dimensional objects (a pop-up construction; a diorama¹ representing a landscape with a building and some characters)
6. Visit to a toy and book library where wooden copy of perspectographs are available for hands-on activity.
7. First assessment: comparison between different plane representations of three-dimensional landscapes with characters (animated movies);
8. Second assessment: use of a part of the national assessment test where plane representations of three-dimensional objects are used.

Because of the limited space, only some steps are sketched below.

The perspectograph

Each student received a personal perspectograph in cardboard with a transparency on one side (see the Figure 8). The perspectograph was foldable, in order to allow students to draw first some reference points of the object (e. g. a cube or another polyhedron) and then line segments after unfolding the perspectograph by means of a straightedge. The early exploration of the perspectograph was made by means of the same questions used for the pascaline: *What is it? How is it made? How does it work?* (see the section 3.2).

¹ The diorama was built for a blind student, to allow him to optically explore with hands the landscape.

Figure 8: The cardboard perspectograph



By means of the perspectograph, the students were able to give sense to some excerpts from Piero della Francesca's treatise. For instance they explored the idea of *visual angle*, described by Piero della Francesca:

Lines are coming out from the thing (to be drawn) towards the eye; hence in the eye they form an angle and the thing is represented within the angle (Nicco Fasola, 1984, p. 66, our free translation¹)

Figure 9: Visual angles



Drawing a chessboard

One of the most interesting tasks was the drawing of a chessboard by means of the perspectograph (fig. 10). The first step was to represent the border. Because of the position of the chessboard, the border was expected to be a trapeze. Most students were able to draw the vertices by means of the perspectograph and then to connect them with line

¹ Orig. "Partendosene line da l'estremità de la cosa per picola che sia et terminando nell'ochio, cioè nel puncto, fanno angolo, dunque quella cosa s'apresenta socto angolo". Reporting a free translation is consistent with the classroom process as the original text was paired with a paraphrase, to help low achievers to make sense of the uncommon expressions in the 15th century language.

segments. Yet in a couple of cases, in spite of the perspectograph, they traced from the beginning the reference points in wrong positions: different quadrilaterals were drawn, with a possible conflict between what was perceived and should have been traced on the transparent window and what was known about the shape in the space.

Figure 10: Drawing a chessboard



The comparison of representations of three-dimensional landscapes with characters

In this part of the experiment, two short video-clips were shown in the classroom. The first was a short clip from *Spirited away* (Miyazaki, 2001)¹; the second was a short clip from a digital animated version of *Along the River During the Qingming Festival*². At a first glance, the two clips look similar, representing the ideal subject running or walking within

1 https://en.wikipedia.org/wiki/Spirited_Away

2 The two short clips will be shown during the Conference.

a narrow corridor in a building: in both the space is drawn in linear perspective, but the representation of characters is quite different. In the movie *Spirited away* the persons are represented as three-dimensional shapes, whilst in the Chinese movie, the persons are represented as two-dimensional shapes rotating during the movie. This difference was very well perceived by the students, who were able to describe it carefully. Some examples follow.

S1: In the Japanese movie (*Spirited away*) we see the objects as if we were inside the girl; on the contrary in the Chinese movie, we are outside the drawn characters. We are moving. It is our point of view.

S2: In the Chinese movie the characters were similar to the cardboard ones, in the Japanese movie they were similar to the plastic ones within the diorama. The building was a solid and in the Chinese movie we were inside it.

S3: In the Japanese movie all the shapes are thick and move in the same unique perspective.

General observations

The aim of the experiment was not only to explore the use of a perspectograph, but also to have meaningful insights about the sense of perspective in different cultures. Introducing and using cultural artefacts in the classroom aimed at approaching perspective as a *symbolic form* (Panofsky, 1927), that is one of the central components of Western culture, linking the social, cognitive, psychological, and technical practices of a given culture into harmonious and integrated wholes. In this sense, the aim was also related to the construction of the cultural identity of the self (see section 2.2.1), in a way that was suitable to the young age of students. The reference to the successful exhibition held in the same period, was intended also to break the borders between the school and a cultural event that was advertised all over the city and that was visited by some students with their families.

PHYSICS EDUCATION: A POSSIBLE SYNERGY.

The framework of semiotic mediation was extended a few years ago to teaching experiments in physics education. A joint paper (Bartolini Bussi, Corni, Mariani & Falcade, 2012) focused the coordination of two programs in mathematics and physics education in primary school, after a Vygotskian approach, carried out in the same department (the Department of Education and Human Studies of the University of Modena and Reggio Emilia). The artefact for physics education is a pair constituted by a physical artefact and a textual artefact (story-artefact).

The story-artefact is a context that involves children that, under the guidance of the teacher, take active role in the development of the utilization schemes of the concrete artefact [...] [Physical artefacts] are reproductions in the laboratory of a piece of reality, which in principle is complex, with the aim of simplifying it and focusing particular aspects (Bartolini Bussi et al., 2012, p. 9)

A particular teaching experiment in 3rd and 4th grade classroom is sketched below (other examples are in Corni, 2014).

The story —*Rupert and the dream of the swimming pool* tells the adventures of a frog named Rupert, who has to fill his swimming pool (represented by a small container in the artefact) connected to an aqueduct (represented by a large high container) on which attachment points are provided at three different altitudes. The story act is composed of three scenes: the first refers to the pool connected to the highest point of the aqueduct that does not allow an adequate filling, the second one refers to the connection to the intermediate point that allows a full filling of the pool, and the third one to connection to the lowest point causing water to overflow (Bartolini Bussi et al., 2012, p. 11).

The story may be read by the teacher or by the students or shown by means of a sequence of slides or an animated movie (Corni, Giliberti & Mariani, 2010) ¹.

The outcomes of the teaching experiments are summarized in the quoted papers.

Figure 11: The physical artefact (left) and a frame of the story-artefact (right)



CONCLUDING REMARKS

The theoretical framework of semiotic mediation in the mathematics classroom has been adopted in several teaching experiments at all levels (from pre-primary to secondary school). The cultural artefacts introduced in all the experiments are not “inert (dead) artefact” and highlight the links between different generations and between different local communities mentioned in the section 2.2.1 (Vianna & Stetsenko, 2006), in the Vygotskian framework.

In Bartolini Bussi et al. (2012) we expressed the will of fostering cross-fertilization between mathematics and physics highlighting the function of stories and narratives. In the physics experiment (section 5), the use of the story aimed at fostering a “romantic understanding of science”, described by Hadzigeorgiou, Klassen & Froese Klassen (2012) following Egan (1997) as follows:

Romantic understanding is the transitional phase between a mythic and conceptual understanding (“philosophic” in Egan’s terminology). It may be defined as the ability to grasp meaning, in a humanistic context, of the features of subject matter that tend to be idealistic in expectation and glamorously imaginary and involve the exotic and the

¹ A short clip may be shown in the Conference

potential for heroic achievement, as the term “romantic” suggests. During the period of romantic understanding, children are attracted, for example, to literary characters who do heroic, but possible, things. (Hadzigeorgiou et al. 2012, p. 1113)

Although romantic understanding was not included as such in the original framework of semiotic mediation in mathematics education, some cross-fertilization have slowly emerged. In the pascaline experiment and in the perspectograph experiment, historical documents, lightly adapted in order to be understandable by primary school students, are introduced. The narratives to introduce the sources describe the characters (Blaise Pascal and Piero della Francesca) in their time and context, in order to highlight “heroic” qualities “such as tenacity, boldness, and courage, as well as others that are often associated characteristics, such as extraordinary creativity and ingenuity” (Hadzigeorgiou et al. 2012, p. 1114). Hence the dialogue between mathematics and science educators will go on, in the spirit of this Panhellenic Conference on *Developing Educational materials for Mathematics and Science Learning*.

REFERENCES

- Bartolini Bussi M. G. (2013), Bambini che contano: a long term program for preschool teacher development, in B. Ubuz, C. Hase & M.A. Mariotti (eds.) Proceedings of the Eight Congress of the European Society for Research in Mathematics Education) - pp. 2088 - 2097.
- Bartolini Bussi M. G. (2015) The number line: A “western” teaching aid, in in Sun, X., Kaur, B., & Novotná, J. (Eds.) Proceedings of the 23rd ICMI Study ‘Primary Mathematics Study on Whole Numbers’. pp. 298-306. China-Macau: University of Macau.
- Bartolini Bussi M. G. & Boni, M. (2009). The Early Construction of Mathematical Meanings: Learning Positional Representation of Numbers. In O. A. Barbarin & B. H. Wasik (Ed.) Handbook of Child Development and Early Education: Research to Practice (pp.455-477). New York: The Guilford Press.
- Bartolini Bussi M. G. & Mariotti, M. A. (2008). Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artefacts and signs after a Vygotskian perspective. In L. English & al. (Eds.), Handbook of International Research in Mathematics Education, second edition (pp. 746-783). New York and London: Routledge.
- Bartolini Bussi M. G. & Martignone F. (2015), The Use of Concrete Artefacts in Geometry Teacher Education for Secondary School. Proceedings of the Hong Kong Mathematics Education Conference 2015 - pp. da 24 a 34
- Bartolini Bussi M.G., Mariotti, M.A. & Ferri F. (2005) Semiotic mediation in the primary school: Dürer glass. In M. H. G. Hoffmann, J. Lenhard, F. Seeger (ed.). Activity and Sign – Grounding Mathematics Education. Festschrift for Michael Otte. pp. 77 – 90. New York: Springer.
- Bartolini Bussi M. G. & Maschietto, M. (2008), ‘Machines as tools in teacher education’, in D. Tirosh and T. Wood (Eds.), Tools and Processes in Mathematics Teacher

- Education, *The International Handbook of Mathematics Teacher Education*, vol. 2, 183-208. Rotterdam: SensePublisher,
- Bartolini Bussi M. G., Corni, F., Mariani, C. & Falcade, R. (2012). Semiotic Mediation in Mathematics and Physics Classrooms: Artefacts and Signs after a Vygotskian Approach. *Electronic Journal of Science Education*, 16 (3), pp. 1-28.
- Beuthelspacher A. (2016), *Learning Math with Interactive Experiments*, Giessen: Mathematikum.
- Corni F. (2014). Stories in Physics Education, in Burra, Micheline & Santi (eds.) *Frontiers of Fundamental Physics and Physics Education Research*, pp. 385-396, Springer.
- Corni F., Giliberti, E. & Mariani, C. (2010). A story as innovative medium for science education in primary school. *Proceeding of the 2010 GIREP-ICPE-MPTL International Conference*. Retrieved from the Web September 2016. http://www.univ-reims.fr/site/evenement/girep-icpe-mptl-2010-reims-international-conference/gallery_files/site/1/90/4401/22908/29321/29596.pdf
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: Macmillan.
- Egan, K. (1997). *The educated mind. How cognitive tools shape our understanding*. Chicago: University of Chicago Press.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. S. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 307–314.
- Hadzigeorgiou Y., Klassen S. & Klassen Froese C. (2012). Encouraging a “Romantic Understanding” of Science: The Effect of the Nikola Tesla Story. *Science & Education*. Vol. 21, pp 1111–1138
- Hoyles, C., & Lagrange, J.-B. (Eds.) (2010). *Mathematics education and technology—Rethinking the terrain*. New York: Springer.
- Kinnebrock W (2013), *Dove va il tempo che passa. Fisica, filosofia e vita quotidiana*. Bologna: Il Mulino.
- La Fosse Marin, M.O, & Lagües ,M. (2007). *Dessine-moi un scientifique*, Paris: Belin.
- Maschietto M. & Savioli K. (2014), *Numeri in movimento. Attività per apprendere l'aritmetica con la pascaline*, Trento: Erickson.
- Maschietto M. & Bartolini Bussi, M.G. (2009), Working with artefacts: gestures, drawings and speech in the construction of the mathematical meaning of the visual pyramid, *Educational Studies in Mathematics*. vol. 70 (2); p. 143-157.
- Maschietto M. & Bartolini Bussi, M.G. (2011), 'Mathematical Machines: from History to the Mathematics Classroom', in P. Sullivan and O. Zavlasky (Eds.), Vol. 6 *Constructing knowledge for teaching secondary mathematics: Tasks to enhance prospective and practicing teacher learning*. pp. 227-245, New York: Springer.
- Maschietto M. & Soury-Lavergne, S. (2013), Designing a duo of material and digital artifacts: the pascaline and Cabri Elem e-books in primary school mathematics *ZDM Mathematics Education Volume 45*, pp 959–971

- Monaghan J., Trouche L. & Borwein J. (2016) *Tools and Mathematics. Instruments for learning*. New York: Springer.
- Nuñez R. E., Sweetser E. 2006. With the future behind them: Convergent evidence from Aymara language and gesture in the crosslinguistic comparison of spatial construals of time. *Cognitive Science* 30:1-49.
- Nicco Fasola G. (1984), *De Prospectiva Pingendi* (critical edition), Firenze: Casa Editrice Le Lettere.
- Panofsky, Erwin (1991). *Perspective as Symbolic Form*. Zone Books
- Rabardel, R. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche Cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Rosi M. (2016), *Prospettiva in movimento. Una Ricerca empirica sull'introduzione al disegno prospettico in una terza primaria*, Università di Modena e Reggio Emilia, https://morethesis.unimore.it/theses/browse/by_tipo/LM5.html
- Schiele B., Classens M. & Shi S. (2012), *Science Communication in the World: Practices, Theories and Trends*, Springer.
- Sun (2015) Chinese core tradition to whole number arithmetic, in Sun, X., Kaur, B., & Novotná, J. (Eds.) *Proceedings of the 23rd ICMI Study 'Primary Mathematics Study on Whole Numbers'* pp. 140-8. China-Macau: University of Macau.
- Vianna, E., & Stetsenko, A. (2006). *Embracing History through Transforming It: Contrasting Piagetian versus Vygotskian Theories of Learning and Development to Expand Constructivism within a Dialectical View of History, Theory & Psychology* February vol. 16 81-108.

Promoting an interdisciplinary teaching through the use of elements of Greek and Chinese early cosmologies ¹

Cécile de Hosson

Université Paris Diderot (LDAR), Paris, France, cecile.dehosson@univ-paris-diderot.fr

ABSTRACT

Most of the curricula, at an international level, encourage an interdisciplinary approach for the teaching of both mathematics and sciences. In this context, interdisciplinarity is often promoted as a fruitful way of making students aware of the links existing between mathematics and the sciences. History of science can be considered as an inspiring ground for the elaboration of teaching sequences where mathematical and scientific knowledge and skills are integrated. In this paper, examples of such integration are presented through the use of two distinct historical episodes dealing with Greek and Chinese early cosmologies. From these cosmologies teaching sequences (involving historical elements mixed with non-historical ones) have been elaborated in order to provide students with elementary astronomical knowledge dealing with scientific and mathematical knowledge and skills.

KEYWORDS: *Cosmologies, conceptions, history of science, interdisciplinarity*

INTRODUCTION

Most of the curricula, at an international level, encourage an interdisciplinary approach for the teaching of both mathematics and sciences (see for example AAAS 1989, Rocard 2007). In this context, interdisciplinarity is often promoted as a fruitful way of making students aware of the links existing between mathematics and the sciences. As an example, the third pillar of the French common base of the knowledge and skills for primary and lower secondary school claims for “concrete and practical approaches to mathematics and sciences” that should allow students to acquire the “scientific culture needed to develop a coherent representation of the world and an understanding of their daily environment” and help them grasp that “complexity can be expressed in fundamental laws” (French MEN

¹ This lecture involves research elements that have been published in de Hosson and Décamp (2014).

2006 – my trans.). Here, mathematics and experimental sciences are considered altogether in a global enhancement project of scientific literacy.

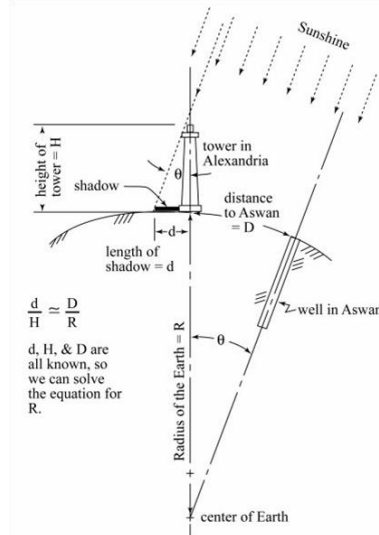
Nevertheless, nothing is easy about effectively integrating mathematics and science in the classroom since the disciplinary isolation of the two disciplines in the traditional teaching organizations has to be overcome (Czerniak et al. 1999). Indeed, in most cases, the separation between science and mathematics is rigorously maintained, even in primary school where both mathematics and science are taught by a unique teacher. Moreover, few teaching materials involving both mathematics and science have been developed (Davison & al. 1995). Research addressing interdisciplinarity issues show that even young students are able to acquire skills in the domains of mathematics, science, and scientific processes such as measuring, modeling, etc. (Munier & Merle 2009). The lack of teaching resources of that kind may be puzzling if one considers the interrelations between science and mathematics in their historical developments. In this regard, history of science can be considered as an inspiring ground for the elaboration of teaching sequences where mathematical and scientific knowledge and skills are integrated.

In this lecture an example of such integration is presented through the use of three distinct historical episodes dealing with early Greek and Chinese cosmologies. From these cosmologies teaching sequences (involving historical elements mixed with non-historical ones) are elaborated in order to provide students with elementary cosmological knowledge dealing with scientific and mathematical knowledge and skills (quasi-parallelism of Sunrises, shape and size of the Earth, Sun-Earth distance, measuring and computing, etc.).

THE SHADOWS OBSERVATIONS EPISODE: A STARTING POINT

Astronomy is an important part of the primary science curriculum in France (students aged 6–10). This includes for example the use of shadow statements in order to characterize the apparent movement of the Sun across the horizon connected with the construction of sundials (French National Curriculum for Primary School–BOEN 2008). In that context, a current astronomical activity in primary school in France (carried out in both mathematics and science courses) consists in exploiting the procedure supposedly used by Eratosthenes in the 3rd century BC in order to measure the perimeter of the Earth. This procedure leans on two observations: (1) A gnomon located in Alexandria (northern Egypt) at noon the day of the summer solstice casts a shadow of a certain length, (2) At the same time a gnomon located in Aswan (middle Egypt) casts no shadow since the Sun appears at the zenith. Assuming that: (1) Alexandria and Aswan are located on the same line of longitude, (2) The distance between Alexandria and Aswan is 800 km, (3) The Sunrises are parallel, (4) The angle at the top of the gnomon of Alexandria and the angle subtending Alexandria-Aswan arc of circle are identical, Eratosthenes computed the Earth perimeter (see Fig. 1).

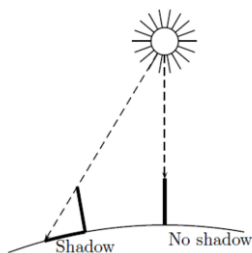
Figure 1: Example of a pedagogical mathematical use of Eratosthenes' measurement. Using the angle theta at the top of gnomon located in Alexandria(which is the same as the angle subtended by Aswan and Alexandria at the center of Earth = $\arctan(d/H) = 7,2^\circ$) and the distance between Alexandria and Aswan students usually find that the perimeter of the Earth is $360 \times 800/7,2 = 40\,000$ km (<http://www.uh.edu/engines/epi1457.htm>).



The usual teaching supports generally put the emphasis on the experimental replication of Eratosthenes's procedure and on the calculation itself. Such pedagogical choice does not take into account a major conceptual difficulty: the geometrical modeling of the propagation of solar rays into straight parallel lines which appear to be the key for implementing this procedure successfully (Décamp and de Hosson 2012, see Fig. 2).

From the pedagogical use of Eratosthenes procedure, some researchers questioned students' difficulties while modeling the Sunrays (Merle 2000; Farges et al. 2002; Feigenberg et al. 2002, see Fig. 2). Children are asked first to explain why during summer solstice at noon, a gnomon located in Alexandria (northern Egypt) casts a shadow while another (identical to the previous one) located in Syene (middle Egypt) casts no shadow. As an explanation (of what we will call the "shadows observations"), some children draw non-parallel rays coming from a sketched Sun down onto a curve (or a plane) surface of the Earth. This drawing is also typical of those proposed by most of the primary teachers explaining the same observation (Merle 2000).

Figure 2: Prototypical drawing made by some children and some primary school teachers who were asked the following statement: why during summer solstice at noon, the same gnomon casts a shadow in Alexandria and not in Syene? Two rays starting from the same point located on the Sun reach the top of the two gnomons.



The "shadows observations" is involved in two different ancient cosmological contexts. They are now presented in the light of various historical sources: the *Zhou Bi* in the Cullen (1996) and Kalinowski (1990) translations, Ho Peng Yoke's Astronomical chapters of the *Chin shu* (1966), and Cleomedes' *De Motu circulari corporum caelestium* in the Weir translation (1931).

The Chinese text presented hereafter (Doc. 1) is taken from the *Chin Shu*, a book written around 635 A.D.

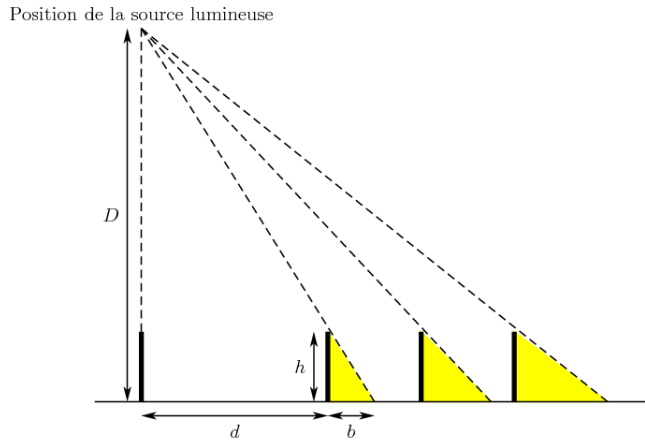
Doc. 1: The *Chin Shu*, Ho Peng Yoke (1966), p.65 - Units of length: 1chi = 10 tsun = 35,8 cm; 1 tsun = 3,58 cm, 8chi = 2,86 m and 1li = 560 m.

According to the *Chu Li* (Rites of Zhou), the shadow of the Sun at midday during the summer solstice was 1 chi 5 tsun. The place where this particular observation was made was known as the 'Earth centre'. Cheng Chung said that the length of the gnomon shadow template was 1chi 5 tsun and that the place where a vertical pole 8chi in length at midday of the summer solstice cast a shadow the same as that of the shadow template, was called the 'Earth centre'. The place corresponds to the present location of Yangchen, in Yingchuan. Cheng Huan said that the shadow cast by the Sun on the Earth surface changed by a length of 1 tsun for every change of 1000 li in the horizontal distance (north or south). Since the length of the shadow is 1chi 5 tsun, the Sun is 15000 Li away and to the south of the observer. From this it can be deduced that the vertical distance of the Sun is 80000 Li from the Earth's surface"

The astronomical part of this book has been written by Li Shun-fêng. The proposed excerpt refers to the astronomical knowledge under the Zhou dynasty that began about a thousand year B.C. Another historical text, the *Zhou bi* (namely, the gnomon of the Zhou) gives similar elements to those found in this *Chin Shu*. The proposed excerpt presupposes students main type of explanation of the 'shadows observations' and based on it computes some measurements: the shadow of a vertical eight chi long gnomon (2,86 m) located in Yangchen is 15 tsun (53,7 cm) long, at noon, on the day of the summer solstice. The same day at the same time, an identical gnomon located 1000 li (560 km) south of Yangchen will cast a 14 tsun (50,1 cm) long shadow, and if it is located 1000 li

(560 km) north of Yangchen, this gnomon cast a 16 tsun (57,3 cm) long shadow. The text presented in doc. 1 deduces from these measurements that the Earth-Sun distance is 80 000 li (44 800 km). Figure 3 helps us to understand this result.

Figure 3: Distance d is computed knowing that each 1000 li, a h height gnomon casts a shadow whose length decreases of 1 tsun. Since $b=15$ tsun, $d=15\ 000$ li. Today, one can compute Distance D by using similar triangles property: $(D-h)/d=h/b$; since $h=8$ chi, $D=80\ 000$ li.



The Chinese procedure can be easily replicated in the classroom with simple material (punctual light source, sheets of paper, rulers).

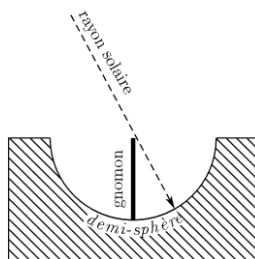
Figure 4: Experimental device reproducing the Chinese procedure of the Sun-Earth distance measurement. Here, a set of folded papers are regularly arranged.



A light source is located at a given position and identical objects (used as gnomon) are regularly arranged in order to form a straight line (see Fig. 4). By means of shadow measurements, students can predict the rough position of the light source (that corresponds to both d and D distances in Fig. 3).

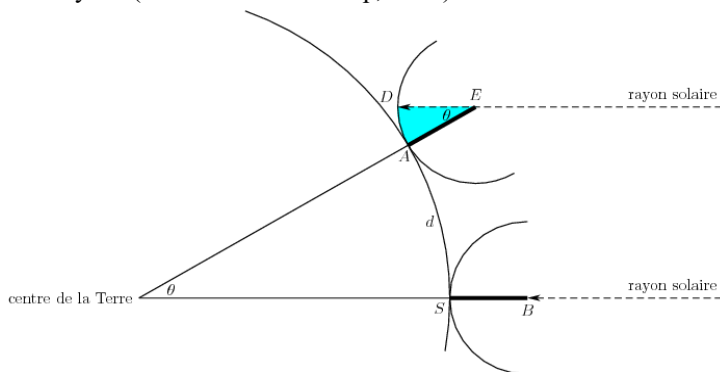
A similar observation supports a spherical geometry, which seems to be at the root of Eratosthenes' measurement of the Earth's perimeter. Unfortunately, the original writings of Eratosthenes (2 books) were lost. We have access to his work only through authors of antiquity such as Cleomedes, Pliny, Strabo. The most detailed among these writings is a short review by Cleomedes. We are told by Cleomedes (see the translation of *On the circular motion of the celestial bodies*, book 1, Chap. 7, by Weir 1931 - see appendix) that Eratosthenes made measurements with a gnomon that cast a shadow onto the graduated inner surface of a hemispherical sundial named *scaphe* (see Fig. 5).

Figure 5: Scaphe.



Eratosthenes knew that on a certain day (summer solstice) at noon in Syene (now called Aswan), the gnomon of a *scaphe* cast no shadow, whereas the same day at the same time in Alexandria (located at 5000 stadia -800 km- at the north of Syene) the shadow cast by the gnomon of an identical *scaphe* reaches an arc equal to 1/50th of a circle from the base of the gnomon (Fig. 6).

Figure 6: Illustration of Eratosthenes' procedure as described by Cleomedes in *On the circular motion of the celestial bodies* (Weir 1931). The shadow AD cast by the gnomon in the hemispherical sundial reaches an arc equal to 1/50th of a circle of radius AE. The ratio of 1/50th of the circumference of the Earth corresponds to the distance AS between Alexandria and Syene (de Hosson & Décamp, 2014).



Assuming the parallelism of the sunrays that reach Syene and Alexandria and the fact that both cities are on the same meridian, it is easy to deduce that the distance between Syene and Alexandria is also equal to 1/50th of Earth's circumference and then to compute this measurement. The method Eratosthenes used to compute the distance between Syene and Alexandria has been subject to debate. It seems to be based on maps of Egypt or on accurate distance estimations made by bematists. These men were trained to make regular paces when marching from one place to another and to record their numbers (Dutka, 1993).

CONSEQUENCES FOR THE LEARNING ON SCIENCE

The use of both Chinese and Greek historical sources can support a teaching sequence which would aim to improve students' view on the Nature of Science - NoS. Considering NoS as an expression that refers to “the epistemology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to the development of scientific knowledge” (Lederman 1992), our intention is to provide students with few NoS facets such as: formulating and discussing hypotheses, elaborating and manipulating models and measuring, where science and mathematics are completely integrated.

The same observation; two different models and calculations

There are many similarities between the Chinese and Greek chosen measures. In both cases, the astronomers have chosen noon of the summer solstice to make their measurements. This is probably not by accident: midday (solar time) of the summer solstice corresponds (in the Northern hemisphere) actually to the moment at which the shadow of the gnomon is the shortest during the year. In both cases, they also computed a terrestrial surface measurement and derived from it a vertical measurement using a

strategy based on proportionality. Both used a sundial but an interesting difference is the fact that Chinese and Greek instruments are not exactly the same. The Greek *scaphe* and its gnomon are an hemispherical sundial. It gives direct access to the searched portion of the circle (we would say to the angle in modern terms) and this is the useful measurement in a spherical Earth cosmology. The Chinese *bi* is on the contrary a flat sundial which gives access to the angle tangent, a more adapted measure for a flat Earth cosmology. This is an interesting illustration of Bachelard's thought: "A measuring instrument always ends up as a theory: the microscope has to be understood as extending the mind rather than the eye". (Bachelard 2002, p. 240).

Paying attention to prior knowledge

The Chinese astronomical model promotes a hypothesis very close to students' ideas about the propagation of the Sunrays. This model (flat Earth/close Sun sending divergent Sunrays) was chosen as an anchoring situation that would echo students' prior knowledge. Students can be engaged in operating this model through an experimental activity. By confronting Chinese data (e.g. the Sun-Earth distance) with the current one, they can be prepared to elaborate an alternative way of modeling the shadows situations, based on parallel Sunrays.

This process have been implemented in secondary science classroom. One major learning obstacle remains the parallelism of the solar rays since most of the students do not understand how a single point can send parallel rays as illustrated in the following piece of transcription between a prospective teacher T and the researcher R:

[T] I still don't understand why the light sent by a single luminous point can be modeled using parallel rays

[R] Actually, the Sunrays are not exactly parallel. But if I stretch out two long strings from the same mooring, their extremities can be considered as parallel lines under certain conditions? Which one?

[T] Hum... if it is nearly parallel it is very different!

[R] Why?

[T] Because in the case of nearly parallel lines from a single point it is obvious that they can have the same origin, whereas if they are really parallel they will never cross each other; they cannot come from the same point

[R] Ok. But what could allow considering these two lines having the same mooring as parallel?

[T] If the extremities are very close

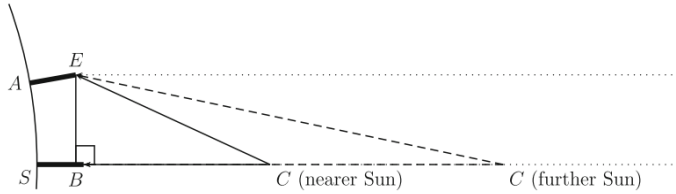
[R] Do you think Syene and Alexandria are close enough to consider the Sunrays reaching them as parallel lines?

[T] Well... oh... ok... Yes, since the Sun-Earth distance is much larger than the distance between the two towns! The distance between the extremities of the Sunrays should be very very small

Modeling: a process involving both mathematical and physical knowledge

Considering the Sun as a single point, the question of the parallelism can be grasped through the following mathematical activity (Fig. 7).

Figure 7: Further the Sun is away, smaller is the top angle C and more parallel are the lines coming from C.



Consider a point C at the center of the Sun. If the Sun is close to the Earth, two rays from point C define a cone that is a right-angled triangle ECB. Further the Sun is away, smaller is the top angle C, and more parallel are the sunrays. Therefore, in the right-angled triangle EBC we have:

$$\hat{E} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ$$

$$\hat{E} = 180^\circ - \hat{B} - \hat{C}$$

$$\hat{E} = 90^\circ - \hat{C}$$

$$\hat{E} \approx 90^\circ \text{ since } \hat{C} \text{ is small}$$

Actually, the Sun is not a point source of light but an extended one and its angular diameter is about $0,5^\circ$. Half of the Earth's surface is struck by an infinite number of cones, each containing an infinite number of rays sent out by each point of the Sun. This angle is small because the diameter of the Sun is small with respect to the distance between Sun and Earth. This is the reason why the Sun can roughly be considered as a point source. This clarification illustrates the complexity of the process underlying the hypothesis of parallelism of sunrays, which at the scale of a portion of 1/50th (or 1/48th) of the Earth's circumference remains an approximation. Similarly the assimilation of the Sun to a single point stems from an identical complexity. Yet, the fact that the Sun is an extended source explains that the shadows cast by gnomons are surrounded with a partial shadow area.

Only a rigorous geometrization of the astronomical construction legitimates the approximation usually presented to students. In that perspective mathematics gives sense to physics, not only for the understanding of concepts but also for the grasping of the deep meaning of what physics is: a construction of theory and models validated through the predictions they allow within certain domain of validity and taking into account measurement uncertainties.

REFERENCES

Cullen, C. (1996). *Astronomy and mathematics in ancient China: The Zhou Bi Suan Jing*. New York: Cambridge University Press.

- Czerniak, C. M., Weber, W. B., Sandmann, A. & Ahern, J. (1999). A literature review of science and mathematics integration. *School Science and Mathematics*, 99(8), 421-430.
- Davison, D. M., Miller, K. W. & Metheny, D. L. (1995). What does integration of science and mathematics really mean? *School science and mathematics*, 95(5), 226-230.
- de Hosson, C. & Décamp N. (2014). Using Ancient Chinese and Greek Astronomical Data: A Training Sequence in Elementary Astronomy for Pre-Service Primary School Teachers. *Science & Education*. 23(4), 809-827.
- Décamp, N. & de Hosson, C. (2012). Implementing Eratosthenes' discovery in the classroom: Educational difficulties needing attention. *Science & Education*, 21(6), 911-920.
- Dutka, J. (1993). Erathostenes' measurement of the earth reconsidered. *Educational Studies in Mathematics*, 46(1), 55-66.
- Feigenberg, J., Lavrik, L. V. & Shunyakov, V. (2002). Space scale: Models in the history of science and students' mental models. *Science & Education*, 11, 377-392.
- Ho Peng Yoke. (1966). *The Astronomical chapters of the Chin shu*. Paris: The Hague, Mouton & Co.
- Kalinowski, M. (1990). Le calcul du rayon céleste dans la cosmographie chinoise. *Revue d'histoire des sciences*, 43(1), 5-34.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Merle, H. (2000). Proposer les mêmes situations: Problèmes aux maîtres en formation qu'aux élèves de cycle 3: Est-ce possible et avec quels objectifs de formation ? *Tréma*, 18, 22-36.
- Ministère de l'Education Nationale (2006), *Socle commun des connaissances et des compétences*, BOEN n°29.
- Munier, V., & Merle, H. (2009). Interdisciplinary mathematics–physics approaches to teaching the concept of angle in elementary school. *International Journal of Science Education*, 31(14), 1857-1895.
- Rocard, M. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities.
- Weir, J. (1931). The method of Eratosthenes. *The Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 25, 294-297.

APPENDIX

Weir J. (1931). The method of Eratosthenes, *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 25, 294–297.

Syene and Alexandria, says Eratosthenes, lie under the same meridian (Weir 1931). And since the meridians are the greatest circles in the universe, necessarily those that underlie them are the greatest circles of the earth. Accordingly, whatever size the method may prove for the circle of the earth through Syene and Alexandria, the same will be the size of the great circle of the earth. Also, he maintains, Syene lies under the circle of the summer solstice. Whenever then the sun, being in Cancer and making the summer tropics, comes exactly to mid-heaven, the gnomons of the horologes must become shadowless, the sun being perpendicularly above, precisely, and this becomes the rule over a diameter of three hundred stadia. In Alexandria, at the same hour, the gnomons of the horologes throw a shadow, in as much as this city lies more to the north than Syene. If now, in the meridian and the great circle of the cities, we draw a periphery from the end of the shadow of the gnomon in Alexandria upon the basin of the horologe itself, the periphery will become the graduation mark of the great circle among those in the bowl, since the shadow underlies a great circle.

If, thereafter, we imagine straight lines extended through the earth from each of the gnomons, these lines will meet at the centre of the earth. Since the horologe in Syene lies perpendicularly under the sun, we may perceive that the straight line coming from the sun to the summit of the gnomon becomes one straight line with that from the sun to the centre of the earth. And if we imagine another straight line drawn from the end of the shadow of the gnomon in Alexandria to the sun, this and the aforesaid straight line will be parallels, extending from different parts of the sun into different parts of the earth. Upon these lines, which are parallel, falls the straight line coming from the centre of the earth to the gnomon in Alexandria so as to make the alternate angles equal. Of these angles, one is at the centre of the earth at the junction of the straight lines produced from the horologes to the centre, and one at the junction of the summit of the gnomon in Alexandria with the line from the end of its shadow produced toward the sun through the tangency. Now upon this latter angle was placed the periphery drawn from the end of the shadow and around the basin. Upon that at the centre of the earth lies the periphery from Syene to Alexandria. Now those peripheries are like which lie upon equal angles. Whatever proportion then the arc in the *scaphe* holds to its complete circle, the arc from Syene to Alexandria holds the same. But the arc in the *scaphe* is found to be the one-fiftieth part of the whole circle. Necessarily, therefore, the interval from Syene to Alexandria is the fiftieth part of the great circle of the earth. And this is five thousand stadia. Hence, the whole circle becomes 25 myriad (250,000) stadia.

And such is the method of Eratosthenes.

Τα εκπαιδευτικά υλικά στη σχέση εκπαιδευτικών - μαθητών: η μετάβαση από τη σχολική στην επιστημονική κουλτούρα

Βασίλης Τσελφές

Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, ΕΚΠΑ, tselvesv@ecd.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο κείμενο που ακολουθεί, θα προσπαθήσω να υποστηρίξω καταρχήν τη θέση ότι τα εκπαιδευτικά υλικά και ασφαλώς τα διδακτικά βιβλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών, λειτουργούν σε σημαντικό βαθμό ως ρυθμιστές της σχέσης εκπαιδευτικών και μαθητών. Μιας σχέσης που μπορεί να καθοδηγεί/ πιέζει τα υποκείμενα (μαθητές αλλά και εκπαιδευτικούς) να οικοδομούν/ παράγουν/ κατασκευάζουν νέες γι' αυτά αναπαραστατικές γνώσεις και νέες παρεμβατικές πρακτικές, μέσα στο εκπαιδευτικό πλαίσιο.

Με βάση αυτόν τον ισχυρισμό θα εστιάσω στις Φυσικές Επιστήμες και θα υποστηρίξω ότι η κατασκευή των εκπαιδευτικών υλικών/ διδακτικών βιβλίων θα άξιζε τον κόπο να είναι ευαίσθητη στα πολιτισμικά κυρίως χαρακτηριστικά των πειθαρχιών που τις διατρέχουν και να σέβεται αν όχι να προάγει την αισθητική των χρηστών τους. Στους τελευταίους μάλιστα θα ήταν καλό να αφήνει περιθώρια δημιουργικής αναπλαισίωσης αλλά και κριτικής αντιμετώπισης των κειμένων.

Η παρουσίασή μου θα κλείσει με την ανάλυση περιεχομένου, καθώς και τα αποτελέσματα από την πιλοτική εφαρμογή, δύο πακέτων εκπαιδευτικών υλικών για τις Φυσικές Επιστήμες που η κατασκευή τους προσπάθησε να ακολουθήσει τους παραπάνω στόχους, «αναθέτοντας» στα Μαθηματικά συγκεκριμένους ρόλους. Το πρώτο αφορά την εκπαίδευση παιδιών του Γυμνασίου και το δεύτερο την εκπαίδευση εκπαιδευτικών παιδιών προσχολικής ηλικίας σε διεπιστημονικό πλαίσιο. Μέσω της ανάλυσης αυτής και των αποτελεσμάτων ίσως καταφέρω να πείσω ότι είναι δυνατή η κατασκευή εκπαιδευτικών υλικών που πετυχαίνουν να μετασχηματίζουν τη σχέση εκπαιδευτικών και μαθητών από σχέση αξιολογητή-αξιολογούμενου, σε σχέση που καθοδηγεί τη σταδιακή μύηση στις επιστήμες. Μια μύηση που επιτρέπει παράλληλα να λειτουργεί η χαρά της αμφισβήτησης (που κινεί τις επιστήμες), η χαρά της δημιουργικότητας (που κινεί τις συνδεδεμένες τεχνολογίες) και η χαρά της φαντασίας (που κινεί την παραγωγή της θεωρίας).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: διδακτικά βιβλία, διδασκαλία Φυσικών Επιστημών, τυπική εκπαίδευση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, δεκαετίες που χαρακτηρίζονται από την επικράτηση αλλά και ωρίμανση της παγκόσμιας ψηφιακής επανάστασης, τα εκπαιδευτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στη Γενική Εκπαίδευση των πολιτών πολλαπλασιάστηκαν και διαφοροποιήθηκαν εντυπωσιακά, ανεξαρτήτως θεματικής. Ταυτόχρονα όμως, είναι γεγονός ότι το παραδοσιακό *διδασκαλικό βιβλίο* επιβίωσε και παραμένει σε χρήση, ακόμη και αν διατίθεται μόνο σε ψηφιακή μορφή. Παραμένει το σημαντικότερο ίσως μέσο διαχείρισης της εκπαιδευτικής διαδικασίας, σε όλες σχεδόν τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, αν και οι συζητήσεις γι' αυτό, οι κριτικές και οι προσπάθειες για καινοτόμες αναμορφώσεις του ακολουθούν τους ρυθμούς που θα έπρεπε να αναμένει κάποιος που εκτιμά την εποχή μας ως εποχή γενικότερης κρίσης, ανακατατάξεων και καινοτομιών (Devezas & Corredine 2002, Devezas 2005, Τσελφές & Παρούση 2016).

Ως εκ τούτου, το κείμενο που ακολουθεί δεν μπορεί παρά να είναι ένα κείμενο της εποχής του, ενταγμένο απόλυτα στο ρεύμα της κριτικής που κατατρώει, υποτίθεται εποικοδομητικά, την *οργάνωση* και τον *έλεγχο* των κοινωνικών συστημάτων της εποχής μας, του εκπαιδευτικού συμπεριλαμβανομένου. Είναι ένα κείμενο στο οποίο ο συγγραφέας του τάσσειται συνειδητά υπέρ των καινοτομιών και της σχετικής με αυτές καλλιέργειας κινήτρων, γνωρίζοντας αυτό που όλοι γνωρίζουν αλλά συνήθως αποσιωπούν: ότι δηλαδή οι *καινοτομίες*, ως εφαρμογές στην πράξη δημιουργικών/αποκλινουσών ιδεών που από τη στιγμή που θα εφαρμοστούν δημιουργούν ευρύτερες *τομές* στο σύστημα (Runcio & Jaeger 2012), αποτελούν *εχθρούς της οργάνωσης* και τα *κίνητρα*, ως *αφορμές/πηγές ατομικής/προσωπικής δράσης*, αποτελούν *εχθρούς του ελέγχου* (Schatz 2016).

Ποια αποκλίνουσα ιδέα υποστηρίζεται τελικά στο παρόν κείμενο; Στην πραγματικότητα μόνο μία. Αυτή που ισχυρίζεται ότι οι Φυσικές Επιστήμες και ασφαλώς τα Μαθηματικά δεν αποτελούν μόνο παραγωγούς νέας γνώσης. Πολύ δε περισσότερο δεν αποτελούν τους μοναδικούς παραγωγούς έγκυρης ή χρήσιμης γνώσης. Οι γνώσεις, τελικά, δομούνται/ κατασκευάζονται από τα υποκείμενα, σταθεροποιούνται μέσα στις συλλογικότητες που τις χρησιμοποιούν και έχουν πολλά πρόσωπα. Οι επιστήμες αποτελούν δραστηριότητες που το κατεξοχήν χαρακτηριστικό τους είναι η απορία, η δομημένη αμφισβήτηση και η κατασκευή ερωτημάτων, των οποίων οι απαντήσεις καταλήγουν να συνθέτουν κυριολεκτικά διαφορετικές, εναλλακτικές, όψεις του «γνωστού», εμπειρικού μας κόσμου. Δεν αποτελούν, δηλαδή, μόνο αυτό που η σχολική κουλτούρα, σε συμφωνία με την κουλτούρα της ψηφιακής εποχής, έχει κατά κόρο διαδώσει. Ότι, δηλαδή, το βασικό χαρακτηριστικό της επιστημονικής δραστηριότητας είναι η παραγωγή γνώσεων που οργανώνονται γύρω από έγκυρες θεωρίες. Γνώσεων που κωδικοποιούνται, παλούνται ως πληροφορίες και καταλήγουν να δημιουργούν καινούργια κομμάτια του κόσμου, κομμάτια με αξία στο χώρο της ανταγωνιστικής αγοράς. Γνώσεων που συμπυκνώνουν σε βιβλία οι εκπαιδευτικοί θεσμοί και τις «μαθαίνουν» οι μαθητές της Γενικής Εκπαίδευσης και οι προπτυχιακοί φοιτητές των Πανεπιστημίων.

Αντίθετα, οι επιστήμες και τα μαθηματικά, όπως προαναφέρθηκε, αποτελούν και φορείς της πιο παλιάς και καταξιωμένης κουλτούρας οργανωμένης αμφισβήτησης και ανακατασκευής της «πραγματικότητας». Της μόνης ίσως κουλτούρας που επιμένει να θεμελιώνει την ισοδυναμία των ασύμβατων (δες αρχές αντιστοιχίας), επιτρέποντας έτσι την αποδοχή νέων νοητικών σχημάτων που δεν επιθυμούν να «θανατώσουν» τα παλαιά και την υλική παραγωγή νέων «κόσμων» που μπορούν να συμβιώσουν με τους παλαιούς. Νοητικά σχήματα που τα εναλλακτικά τους πρόσωπα τα καθορίζουν τελικά οι χρήστες τους: όπως οι τεχνολόγοι/τεχνικοί εφαρμογών που αποφασίζουν ανάλογα με το τι θέλουν να φτιάξουν αν τους ταιριάζουν σχήματα της κλασικής μηχανικής, της σχετικότητας ή της κβαντομηχανικής (που οι φιλόσοφοι θεωρούν ασύμβατα) ή ακόμη και οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί που οικοδομούν επιστημονικές ιδέες στο πλαίσιο της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου, στην προσπάθειά τους να «επιβιώσουν» στον «νέο», ανταγωνιστικό (με όρους αγοράς) εκπαιδευτικό κόσμο, που συμβιώνει με τον «παλιό» εκπαιδευτικό κόσμο της μόρφωσης.

Σκοπός λοιπόν αυτού του κειμένου είναι να υποστηρίξει ότι τα εκπαιδευτικά/διδασκτικά βιβλία μπορούν να κατασκευαστούν έτσι που να υποστηρίζουν και να διαχέουν την παραπάνω ιδέα, παρεμβαίνοντας στη σχέση εκπαιδευτικών – μαθητών/ φοιτητών, στο πλαίσιο της τρέχουσας γενικότερης εκπαιδευτικής συνθήκης της κρίσης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Οι κεντρικές υποθέσεις, στις οποίες στηρίζεται η πρόταση δημιουργίας τέτοιων βιβλίων είναι οι ακόλουθες:

A. Το «μάθημα», ανεξαρτήτως διδακτικών βιβλίων και σχετικών υλικών, το οργανώνει τελικά ο εκπαιδευτικός.

Αν και τις περισσότερες φορές το επίσημο διδακτικό εγχειρίδιο/ σύγγραμμα αποτελεί τη βάση οργάνωσης των μαθημάτων, δεν θα πρέπει να παραγνωρίσουμε ότι η οργάνωση αυτή επιλέγεται, τροποποιείται ή δεν επιλέγεται από τον διδάσκοντα, ο οποίος πάντα λαμβάνει υπόψη του πολλές από τις μεταβλητές της, τελικά, πολύπλοκης δυναμικής της διδασκαλίας-μάθησης, στην οποία παρεμβαίνουν και τα διδακτικά βιβλία.

Τα βιβλία μας επομένως θα είναι καλά αν είναι καταρχήν ελκυστικά για τον διδάσκοντα. Αν αυτός επιλέγει να τα χρησιμοποιήσει έστω και εναλλακτικά και να τα καταστήσει ένα σημαντικό μέσο επικοινωνίας στη σχέση του με τους διδασκόμενους. Αν τον εμπνέουν, δηλαδή, και έτσι τον καθοδηγούν να σχεδιάσει και να εφαρμόσει ένα μάθημα που θα συντονίζεται με τις ρητές και υπόρρητες αρχές τους, αν το μάθημα αυτό εμπλέκει τελικά και τους μαθητές ή τους φοιτητές και τους οδηγεί να επιτύχουν ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα. Όμως,

B. Κανένας διδάσκων δεν είναι, ούτε πρόκειται να γίνει ίδιος με κανέναν άλλο.

Για παράδειγμα, τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας που πραγματοποιήσε η επιστημονική ομάδα των φυσικών επιστημών, του Προγράμματος Εκπαίδευσης των Παιδιών της Μουσουλμανικής Μειονότητας στη Θράκη, αποτελέσματα που ανακοινώθηκαν στο τελευταίο συνέδριο της ΕΝΕΦΕΤ-2015 (Γκοτζαρίδης κ.ά. 2015),

διακρίνουν διαφορετικές κατηγορίες διδακτικών προφίλ των εκπαιδευτικών των Φυσικών Επιστημών. Και το πιο σημαντικό, τεκμηριώνουν ότι οι διδάσκοντες κρίνουν μια διδακτική πρόταση σκεπτόμενοι ανεξάρτητα το κατά πόσο τους αρέσει από το κατά πόσο είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί από τους ίδιους. Δηλαδή, η πράξη τους δεν προδιαγράφεται υποχρεωτικά από τη στάση τους: οι εκπαιδευτικοί ακολουθούν στην καθημερινότητά τους και διδακτικά μονοπάτια που δεν τους αρέσουν. Το γεγονός αυτό, προβάλλει τη διαφοροποίηση των εκπαιδευτικών ως μια εκπαιδευτική κατάσταση εξίσου σημαντική με τη διαφοροποίηση των μαθητών. Μια διαφοροποίηση που πρέπει να περιμένουμε ότι θα παραμένει ακόμη και μετά από την πιο επιτυχημένη επιμόρφωση που μπορούμε να φανταστούμε.

Αυτό σημαίνει ότι τα διδακτικά βιβλία θα είναι καλά αν προσέφεραν στους εκπαιδευτικούς μια δυνατότητα διαφοροποιημένης ανάγνωσης και διαχείρισης, προσαρμοσμένη στο ιδιαίτερο διδακτικό προφίλ του καθενός. Με άλλα λόγια, αν το βιβλίο μαζί με τις οδηγίες του επιλέγεται καταρχήν από εκπαιδευτικούς διαφορετικού διδακτικού προφίλ (επειδή ίσως αρέσει σε κάποιους ή προκαλεί ή εξυπηρετεί κάποιους άλλους) και μετασχηματίζεται σε σενάρια διδασκαλίας με τον ιδιαίτερο τρόπο που ταιριάζει στον καθένα.

Γ. Τα εκπαιδευτικά υλικά μπορούν να φέρουν το περιεχόμενο στο κέντρο του ενδιαφέροντος της σχέσης εκπαιδευτικών-εκπαιδευομένων.

Αν και η υπόθεση αυτή φαίνεται τετριμμένη είναι ουσιαστική, γιατί το ενδιαφέρον για το περιεχόμενο των σπουδών σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα που ασχολείται κατά κύριο λόγο με την αξιολόγηση των εκπαιδευομένων είναι περισσότερο ή λιγότερο ανύπαρκτο. Συνήθως, το περιεχόμενο αποτελεί ένα σταθερό και αδιαπραγμάτευτο σημείο αναφοράς, που καταλήγει να μην έχει άλλο νόημα από αυτό που υπαγορεύει τόσο στους μαθητές όσο και στους διδάσκοντες τον προσδιορισμό της απόστασης της μαθητικής παραγωγής από το «άριστο» (Τσελφές & Παρούση 2010, 2012, Τσελφές 2015). Και αυτή η προσέγγιση της «αριστείας» ως επιτυχίας στις εξετάσεις, μετασχηματίζει καταστροφικά το περιεχόμενο. Το νεκρώνει, για να καταστήσει εφικτή την αντικειμενικότητα των εξετάσεων. Γιατί αν το διδακτικό περιεχόμενο ήταν ζωντανό, μεταβαλλόμενο και διαπραγματεύσιμο από όλα τα δρώντα υποκείμενα της εκπαιδευτικής διαδικασίας, όπως είναι η επιστημονική παραγωγή που το γεννά, τότε με ποιο τρόπο θα μπορούσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ζητήματα των εξετάσεων να είναι μονοσήμαντες; Έτσι, στον σχολικό όσο και στον πανεπιστημιακό χώρο, που ενδιαφέρεται καταρχήν για τις συμπερασματικές αξιολογήσεις των εκπαιδευομένων, παρουσιάζουν ενδιαφέρον τα «σωστά» και τα «λάθη» των τελευταίων και γύρω από αυτά εξελίσσεται η σχέση διδασκόμενων και διδασκόντων. Με τον τρόπο αυτό, τα ερωτήματα που θέτει το περιεχόμενο και οι δυνατές απαντήσεις που περιλαμβάνει δεν απασχολούν ως προς την ουσία τους κανένα, μιας και ενδιαφέρουσα είναι μόνο η σύγκριση με τις εκ των προτέρων γνωστές και «σωστές» απαντήσεις.

Τα εκπαιδευτικά βιβλία, όμως, μπορούν να φέρουν το περιεχόμενο στο κέντρο του ενδιαφέροντος (Τσελφές, Γκοτζαρίδης & Ένιμος 2015). Ένας πιθανά αποτελεσματικός τρόπος θα ήταν η παρουσίαση του περιεχομένου με έμφαση στην

αμφιβολία για το τι τελικά μας λένε τα εμπειρικά δεδομένα. Ένας άλλος θα ήταν η απαίτηση για χρήση του περιεχομένου στην κατεύθυνση της παραγωγής ενός ενδιαφέροντος, για τους μαθητές, τεχνητός (μιας λειτουργικής συσκευής, ενός ελεύθερου κειμένου, μια παράστασης, ενός βίντεο). Ένας τρίτος θα ήταν ο μετασχηματισμός των δηλωτικών περιγραφών του περιεχομένου σε αφηγηματικές μορφές περιγραφής της ζωής των φυσικών οντοτήτων, όπου μια φυσική οντότητα θα μπορούσε να αναλάβει τον ρόλο «ήρωα», που οι «νόμοι» της φύσης περιορίζουν τις δυνατότητές του ή τις φανταστικές επιθυμίες του κ.ο.κ. Στο ίδιο πλαίσιο βρίσκονται και οι πρακτικές που πηγάζουν από την αυθεντική επιστημονική δραστηριότητα, όπως οι υπολογισμοί/προβλέψεις με βάση υποθέσεις και πειράματα. Μόνο που εδώ θα πρέπει οι δραστηριότητες να σέβονται τις αυθεντικές επιστημονικές διαδικασίες. Θα πρέπει δηλαδή να αναζητούν τη λύση μιας άσκησης ή ενός προβλήματος ως διαδικασία που χρησιμοποιεί τη μαθηματική διάλεκτο και προβλέπει την εξέλιξη ενός γεγονότος ως περισσότερο ή λιγότερο πιθανή και όχι ως μια σωστή ή λάθος απάντηση. Το πείραμα, ως μια διαδικασία αντίληψης με κανόνες μέσα σε μια θάλασσα από αναπόφευκτα εσφαλμένες μετρήσεις, που επιτρέπει την εξαγωγή ενός περισσότερο ή λιγότερο πιθανού συμπεράσματος και όχι ως απόδειξη του «σωστού». Διαφορετικά δεν μένουν περιθώρια αμφισβήτησης, διαφωνιών και εντάσεων, που αποτελούν το πλαίσιο ανάπτυξης του ενδιαφέροντος για το περιεχόμενο, που στην περίπτωση είναι αντίστοιχο της επιστημονικής παραγωγής.

Τα διδακτικά βιβλία επομένως θα είναι καλά, αν απελευθερώνουν το περιεχόμενο από τις μονοσήμαντες αναπαραστάσεις που εξυπηρετούν τις «αντικειμενικές» αξιολογήσεις/εξετάσεις και στρεβλώνουν την επιστημονική του δυναμική. Με τον τρόπο αυτό θα επιτρέπουν διαφοροποιημένες προσεγγίσεις, που θα έχουν αυξημένες πιθανότητες να αγγίξουν τόσο τα διαφοροποιημένα διδακτικά προφίλ των εκπαιδευτικών όσο και τα διαφοροποιημένα μαθησιακά προφίλ των μαθητών, φέρνοντας τελικά τα ζητήματα του περιεχομένου στο κέντρο του ενδιαφέροντος της σχέσης μαθητών και εκπαιδευτικών.

Δ. Οι διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις προβάλλουν, τελικά, διαφορετικές όψεις του περιεχομένου.

Αν και οι διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις έχουν προκύψει από την έρευνα τη σχετική με την αποτελεσματικότητα μιας διδασκαλίας σε ότι αφορά τη μάθηση που επιτυγχάνουν οι μαθητές, εκείνο που τελικά φαίνεται να φέρνουν στην εκπαιδευτική πράξη είναι το επιστημονικό περιεχόμενο μέσα σε διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας του. Και η πράξη προσαρμόζει το οποιοδήποτε περιεχόμενο στα μέτρα της.

Για παράδειγμα, η παλιά αλλά πάντα κυρίαρχη στους σχολικούς χώρους διδακτική παράδοση της μεταφοράς προβάλλει ένα σταθερό και μονοσήμαντο θεωρητικό περιεχόμενο, στο οποίο υποτάσσονται ακόμη και τα εμπειρικά δεδομένα των πειραμάτων (ότι δεν ταιριάζει μας βγήκε «λάθος»). Αντίθετα, η διδακτική παράδοση της ανακάλυψης προβάλλει τα εμπειρικά δεδομένα ως κυρίαρχα και ερμηνεύσιμα με μοναδικούς τρόπους. Η παράδοση της εποικοδομητικής προβάλλει τις καθημερινές διαισθητικές αντιλήψεις ως λανθασμένες, έναντι των μοναδικών και αληθών επιστημονικών, ενώ οι κονστρουκτιβιστικές προσεγγίσεις προβάλλουν τα χρήσιμα κατά περίπτωση και μάλλον τεχνολογικά χαρακτηριστικά των επιστημονικών οντοτήτων. Έτσι, μια έννοια όπως η

θερμοκρασία τείνει να εμφανίζεται στην παράδοση της μεταφοράς ως μέτρο της κινητικής ενέργειας των μορίων, στην παράδοση της ανακάλυψης ως ένδειξη του θερμομέτρου, στην παράδοση της εποικοδόμησης ως έννοια που δεν πρέπει να συγγέται με τη θερμότητα ενώ στην κονστρουξιονιστική παράδοση, μάλλον απελευθερώνεται και προβάλλει οποιαδήποτε από τις παραπάνω όψεις της εξυπηρετεί τους τοπικούς μας στόχους.

Επομένως διδακτικά βιβλία θα μπορούσαν να συντονίσουν την απελευθέρωση του περιεχομένου με την κονστρουξιονιστική διδακτική παράδοση και θα ήταν πετυχημένα αν έπειθαν τους εκπαιδευτικούς να ακολουθούν συνειδητά αυτή την παράδοση, με την οποία δεν είναι εξοικειωμένοι, παρακινούμενοι από την πολυμορφία του περιεχομένου, με το οποίο είναι εξοικειωμένοι ως πτυχιούχοι επιστήμονες.

Ε. Η παράδοση των διδακτικών βιβλίων έχει οργανώσει το περιεχόμενο στη βάση μιας περιορισμένης όψης της ιστορίας του.

Μια αναπόφευκτη συνέπεια του γεγονότος ότι η επιστημονική δραστηριότητα έχει ιστορική δυναμική (στηρίζεται στα όσα έχει διαπιστώσει για να τα αμφισβητήσει και να τα αναδιατυπώσει) αποτελεί το γεγονός ότι το επιστημονικό περιεχόμενο καταλήγει να έχει ιστορική δομή (Schatz 2016). Για παράδειγμα, τα περισσότερα εισαγωγικά βιβλία Φυσικής ξεκινούν από μια Νευτώνεια αναπαράσταση της Μηχανικής και τελειώνουν με συνοπτικές περιγραφές των θεωριών της Σχετικότητας και της Κβαντομηχανικής. Η δομή αυτή δεν έχει βέβαια τα χαρακτηριστικά που θα επέτρεπαν στα κείμενα να χαρακτηριστούν ιστορικά. Οι περιορισμένες αναφορές σε κάποιους δημιουργούς απλά διανθίζουν το περιεχόμενο, το οποίο δεν συνδέεται ούτε με την εποχή του, ούτε με τα γεγονότα που συντέλεσαν στην αναπροσαρμογή ή την «επαναστατική» αναδόμησή του. Για παράδειγμα, η θεωρία που προσεγγίζει τη Θερμότητα ως ρευστό και ως δια μαγείας αγνοεί το ψύχος, παρατίθεται με την κινητική θεωρία των αερίων. Η κινητική θεωρία αναφέρεται και στα υγρά αλλά εδώ δεν συνδέεται με την έννοια της πίεσης. Αντίθετα, η πίεση συνδέεται με το βάρος της «υπερκείμενης στήλης» επιστρέφοντας αυτή την ιδέα, από την πίσω πόρτα και στα αέρια κ.ο.κ. Και όλα αυτά πιεσμένα κάτω από την παραδοχή ότι αποτελούν αληθείς αναπαραστάσεις της λειτουργίας της φύσης. Πιεσμένα σε τέτοιο βαθμό που κανείς μαθητής ή φοιτητής δεν απορεί για τις αντιφάσεις τους.

Έτσι, ένα καλό διδακτικό βιβλίο θα μπορούσε ίσως να επιχειρήσει να βάλει σε στοιχειώδη τάξη αυτή την ακαταστασία. Το ελάχιστο που θα έπρεπε να θίξει θα ήταν η περιγραφή των «αυτονόητων» παραδοχών που ανατρέπει η κάθε νέα θεωρητική κατασκευή. Μια περιγραφή που, ακόμη και αν τα ιστορικά της χαρακτηριστικά δεν γίνονταν κατανοητά, θα πρόσθετε στις επιστημονικές περιγραφές το «άρωμα» της αμφισβήτησης και της ανανέωσης που κινεί τις επιστήμες.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΟ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

Μια σειρά βιβλίων για τις ΦΕ στο Γυμνάσιο

Α. Το περιεχόμενό τους

Η σειρά αυτών των βιβλίων αναπτύχθηκε, αξιολογήθηκε εσωτερικά, εκδόθηκε και δοκιμάστηκε πιλοτικά στο πλαίσιο του προγράμματος «Εκπαίδευση των παιδιών της

μουσουλμανικής μειονότητας στη Θράκη» (<http://www.museduc.gr/el/εκπαιδευτικα-υλικά/σχολικά-βιβλία/βιβλία-για-το-γυμνάσιο/φυσικές-επιστήμες>). Η σειρά, στην τελευταία έκδοσή της, περιλάμβανε έξι τεύχη για τους μαθητές, οργανωμένα σε τρία βιβλία και τρία επιπλέον βιβλία για τους εκπαιδευτικούς (δες βιβλιογραφία), καθώς και σειρές εργαστηριακών υλικών για την υποστήριξη των μαθημάτων.

Τα εκπαιδευτικά αυτά υλικά (βιβλία δραστηριοτήτων για τους μαθητές, βιβλία οδηγιών για τους εκπαιδευτικούς και σειρές εργαστηριακών υλικών) έχουν αναπτυχθεί έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα με τα επίσημα υλικά του προγράμματος σπουδών των Γυμνασίων και ταυτόχρονα να αντιμετωπίζουν μια σειρά από προβλήματα, συνδεδεμένα με τη μειονοτική αλλά όχι μόνο εκπαίδευση (Τσελφές κ.ά. 2008), όπως:

- Τη διάκριση των πολύπλοκων Επιστημών της Ζωής, όπως η κλασική Βιολογία από τις ακριβείς εργαστηριακές Φυσικές Επιστήμες, όπως η Φυσική.
- Τις ελλείψεις, σχετικά με τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, που συνοδεύουν την εκπαιδευτική εμπειρία του Δημοτικού Σχολείου.
- Την απουσία ουσιαστικού διαλόγου για τα ζητήματα του περιεχομένου και ως εκ τούτου την αποτυχία μάθησης της «επιστημονικής διαλέκτου», που στο πλαίσιο της τρέχουσας Γενικής Εκπαίδευσης δεν αντικατοπτρίζεται μόνο στην αδυναμία κατανόησης και διαχείρισης των επιστημονικών εννοιών αλλά περιλαμβάνει και την απουσία ικανοτήτων επιχειρηματολογίας (Γεωργίου 2016).
- Την αποσύνδεση της προσωπικής από την κοινωνική οικοδόμηση της γνώσης.
- Την απουσία από την τάξη των πολύπλοκων φυσικών περιβαλλόντων και της δυναμικής τους, που οι μαθητές ανακαλούν διαφοροποιημένα, ο καθένας με τον τρόπο του, μέσα από την προσωπική του εμπειρία.
- Την ουσιαστική κάλυψη των απαιτήσεων των Προγραμμάτων Σπουδών και όχι την κάλυψη της ύλης των Αναλυτικών Προγραμμάτων.
- Την προώθηση της διαθεματικότητας μέσα στο πλαίσιο των κατακερματισμένων γνωστικών αντικειμένων.
- Την προώθηση και του κλασικού τεχνολογικού γραμματισμού.

B. Η πιλοτική εφαρμογή

Με βάση τα παραπάνω, τα ερωτήματα που καθοδήγησαν την πιλοτική εφαρμογή των συγκεκριμένων βιβλίων ήταν τα ακόλουθα (Τσελφές, Γκοτζαρίδης & Έψιμος 2015):

Η χρήση των υλικών στα καθημερινά μαθήματα:

- απελευθέρωσε τις δημιουργικές ικανότητες των εκπαιδευτικών;
- επέτρεψε τη δημιουργία διαφοροποιημένων διδακτικών προσεγγίσεων;
- μετατόπισε το πλαίσιο επικοινωνίας στην τάξη προς την κατεύθυνση διαπραγμάτευσης του περιεχομένου;
- βελτίωσε τον προσωπικό βαθμό εμπλοκής των μαθητών και τα μαθησιακά τους αποτελέσματα;

- οδήγησε στην παραγωγή νέων εκπαιδευτικών υλικών και στον μέσω αυτής εμπλουτισμό των διαθέσιμων υλικών τόσο του επίσημου όσο και του πιλοτικού προγράμματος;

Η μεθοδολογία πιλοτικής εφαρμογής

Η πιλοτική εφαρμογή των παραπάνω βιβλίων πραγματοποιήθηκε στους Νομούς της Ξάνθης και της Ροδόπης και για τις τρεις τάξεις των Γυμνασίων των πόλεων (μεικτά) και της περιφέρειας (αμιγώς μειονοτικά) της Θράκης.

Η εφαρμογή απασχόλησε για πέντε συνεχόμενα σχολικά εξάμηνα: επτά εκπαιδευτικούς, δύο ειδικούς επιστήμονες ως επόπτες, έναν επιστημονικό συνεργάτη και έναν επιστημονικό υπεύθυνο. Από τους συνολικά επτά εκπαιδευτικούς, τέσσερις, με σαφώς διαφορετικά διδακτικά προφίλ, παρέμειναν σταθεροί σε όλη τη διάρκεια της εφαρμογής. Συνολικά, και οι επτά εκπαιδευτικοί δίδαξαν σε 52 διαφορετικά τμήματα των τάξεων Α', Β' και Γ' Γυμνασίου. Απευθύνθηκαν προς 966 συνολικά μαθητές, καταναμημένους στους νομούς Ξάνθης και Ροδόπης. Οι μαθητές αυτοί φοιτούσαν σε τάξεις με μεικτό, ελληνόφωνο και τουρκόφωνο μαθητικό πληθυσμό (30 τμήματα), ή αμιγώς τουρκόφωνο μαθητικό πληθυσμό (12 τμήματα). Επιπλέον, οι μαθητές φοιτούσαν σε σχολεία των πρωτευουσών των Νομών ή σχολεία χωριών του ορεινού όγκου του Νομού Ξάνθης. Με δεδομένο ότι η παραπάνω ποικιλία ήταν καταναμημένη και στις τρεις τάξεις του Γυμνασίου, θεωρούμε ότι η πιλοτική εφαρμογή είχε μια επαρκή διασπορά και σε ότι αφορά τα κοινωνικά και μαθησιακά προφίλ των μαθητών της Θράκης, γεγονός που επιτρέπει τον έλεγχο πιθανών εξαρτήσεων της προόδου των μαθητών από τα χαρακτηριστικά αυτά.

Οι εκπαιδευτικοί παρήγαγαν, εφάρμοσαν και αξιολόγησαν, συνολικά, 294 διδακτικά σενάρια για τα μαθήματα των ΦΕ του Γυμνασίου. Τα σενάρια αυτά κατανέμονται στα μαθήματα της Φυσικής, της Βιολογίας και της Χημείας των τριών τάξεων του Γυμνασίου, στηρίζονται περισσότερο ή λιγότερο στα εκπαιδευτικά υλικά του προγράμματος, ακολουθούν περισσότερο ή λιγότερο τη φιλοσοφία τους και παράγουν συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα που καθρεφτίζονται και στην πρόοδο των μαθητών.

Συγκεκριμένα, από τους εκπαιδευτικούς ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν τα εκπαιδευτικά υλικά του προγράμματος για να σχεδιάσουν και να εφαρμόσουν διδακτικές παρεμβάσεις όταν, όπου και όπως οι ίδιοι εκτιμούσαν ότι θα τους διευκόλυνε για την επίτευξη των στόχων τους (όπως και αν τους αντιλαμβάνονταν), κατά τη διάρκεια των τακτικών μαθημάτων τους στους μαθητές του Γυμνασίου όπου εργάζονταν. Αυτούς του σχεδιασμούς, καθώς και τα αποτελέσματά τους είχαν την υποχρέωση, αφενός να τους συζητήσουν (εκ των προτέρων και εκ των υστέρων) σε συναντήσεις που προγραμματιζόνταν μια φορά το μήνα με τον υπεύθυνο επόπτη της δράσης και τους ανά Νομό συναδέλφους τους και αφετέρου να τους καταγράψουν και να τους παραδώσουν ανά ενότητα σε έντυπες μηνιαίες αναφορές. Με άλλα λόγια οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στη δράση της πιλοτικής εφαρμογής είχαν τη σχετική ελευθερία να επιλέξουν αν και πως θα αξιοποιούσαν τα εκπαιδευτικά υλικά, αρκεί να μπορούσαν να πείσουν τον επόπτη και τους συναδέλφους τους για τις επιλογές τους. Με τον τρόπο αυτό

θεωρούμε ότι τα εκπαιδευτικά υλικά εκτέθηκαν πλήρως στην κρίση των εκπαιδευτικών και σε προσωπικό και σε κοινωνικό επίπεδο.

Αποτελέσματα πιλοτικής εφαρμογής

Η πιλοτική εφαρμογή πέτυχε (Τσελφές, Γκοτζαρίδης & Έψιμος 2015) να εμπλουτίσει και να διαφοροποιήσει τα εκπαιδευτικά υλικά. Συγκεκριμένα τα διδακτικά σενάρια που προέκυψαν από τη χρήση των υλικών και κυρίως τα φύλλα εργασίας που τα συνοδεύουν καλύπτουν πια όλο το εύρος των θεμάτων του προγράμματος σπουδών του Γυμνασίου. Με τον τελευταίο μάλιστα χρόνο εφαρμογής κάλυψαν και τα θέματα που πέρασαν για πρώτη φορά τη σχολική χρονιά 2013-14 στη Φυσική της Α' τάξης του Γυμνασίου (με το νέο βιβλίο του ΥΠΑΙΘ). Επιπλέον, η ποικιλία των διαφορετικών προσεγγίσεων των ίδιων θεμάτων, που προέκυψε από την παρέμβαση πάνω στα υλικά του προγράμματος από εκπαιδευτικούς με διαφορετικά διδακτικά προφίλ, δημιουργεί μια τράπεζα φύλλων εργασίας, η οποία μπορεί να εξυπηρετήσει σε μεγάλο βαθμό την αναπόφευκτη σε κάθε περίπτωση διαφοροποίηση των εκπαιδευτικών. Και αυτό χωρίς να αλλοιώνεται η διδακτική γραμμή του προγράμματος και η εκπαιδευτική του φιλοσοφία.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης έδειξαν ότι τα εκπαιδευτικά υλικά του προγράμματος μπορούν να εξυπηρετήσουν και τη διαφοροποίηση στη διδασκαλία-μάθηση που αφορά τους μαθητές. Χρησιμοποιώντας τα οι εκπαιδευτικοί φάνηκε ότι μπορούν αβίαστα να εστιάζουν στα διαφορετικά στιλ μαθησιακής προσέγγισης που εμφανίζουν οι μαθητές: «φάνηκαν» δηλαδή οι μαθητές που η πρόοδός τους ξεκίνησε στηριγμένη στις δεξιότητες διαχείρισης των υλικών με τα χέρια, «φάνηκαν» όσοι λειτούργησαν με τη βοήθεια των συμμαθητών τους στην ομάδα αλλά και όσοι εκμεταλλεύτηκαν τις επικοινωνιακές τους δεξιότητες για να ηγηθούν, «φάνηκαν» οι μαθητές που μπορούν να εκπλήσσουν με τις απρόσμενες ιδέες τους κ.ο.κ. Αλλά κυρίως η δομή αυτών των εκπαιδευτικών υλικών φάνηκε ότι έδινε τον χρόνο στον εκπαιδευτικό, πέρα από τις αρχικές διαπιστώσεις, να παρεμβαίνει και κατά περίπτωση να ενισχύει ή να αποθαρρύνει τις διάφορες μαθησιακές πρακτικές.

Η πιλοτική εφαρμογή απελευθέρωσε τις δημιουργικές ικανότητες των εκπαιδευτικών και επέτρεψε την κατασκευή διδακτικών προτάσεων που χωρίς να ξεφεύγουν από τη γενική γραμμή του προγράμματος δείχνουν να το ξεπερνούν. Κάθε μια από αυτές τις προτάσεις, πέρα από το ότι συγκροτεί μια ιδιαίτερη μελέτη περίπτωσης, δίνει και από ένα θετικό επιχείρημα για την ποιότητα των εκπαιδευτικών υλικών. Γιατί, κατά την άποψή μας, καλά εκπαιδευτικά υλικά είναι εκείνα που μπορούν να εξελιχθούν: δηλαδή, υλικά που ενώ οι χρήστες τους τα εκτιμούν, παρακινούνται να τα ξεπεράσουν και να αφήσουν το προσωπικό τους στίγμα στην εκπαιδευτική, για την περίπτωση, ιστορία τους.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην εφαρμογή της πιλοτικής φάνηκε και αυτή, από τα αποτελέσματα της αξιολόγησής της, ότι ήταν επιτυχής. Η δομή της ομάδας εκπαιδευτικών εφαρμογής με έναν τοπικό επόπτη και έναν κεντρικό συντονισμό κατάφερε από το να πείσει τους εκπαιδευτικούς για την αποτελεσματικότητα της ομαδικής δουλειάς και στο επάγγελμά τους, μέχρι να απο-δαιμονοποιήσει τη διαδικασία της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού έργου στα σχολεία.

Από την άλλη μεριά, οι εκπαιδευτικοί εφαρμογής που δούλεψαν στην πιλοτική είχαν όλοι συμμετάσχει επανειλημμένα στις επιμορφωτικές συναντήσεις και τα σεμινάρια που είχε πραγματοποιήσει το πρόγραμμα στη μακρά περίοδο της παρουσίας του στη Θράκη, πριν την έναρξη της πιλοτικής (η συμμετοχή αυτή αποτελούσε προϋπόθεση για την επιλογή τους στη δράση της πιλοτικής και ελέγχθηκε με σχετικά αξιόπιστους τρόπους). Παρόλα αυτά μόνο ένας από τους συνολικά επτά μπορούμε να πούμε ότι είχε πεισθεί ουσιαστικά και συνολικά από τις επιμορφώσεις για την αξία της διδακτικής πρότασης και των υλικών του προγράμματος. Οι υπόλοιποι πείσθηκαν ουσιαστικά και λειτούργησαν επικοδομητικά σε όλες τις κατευθύνσεις του προγράμματος μέσα από τη συμμετοχή τους στην πιλοτική. Το γεγονός αυτό δείχνει μάλλον τις αδυναμίες των επιμορφωτικών προσπαθειών που στηρίζονται στην επικοινωνία έναντι αυτών που εμπλέκουν ουσιαστικά τους εκπαιδευτικούς, τους προτρέπουν να αφήσουν την προσωπική τους σφραγίδα σε κάθε βήμα, για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν, τέλος, ανάγλυφα και τους «χρόνους ανάπαυσης» της εκπαιδευτικής δυναμικής. Το σχολικό τετράμηνο είναι ένας απαραίτητος χρόνος για την σταθεροποίηση τόσο των διδακτικών όσο και των μαθησιακών πρακτικών. Το ενδιαφέρον εδώ βρίσκεται και στη διαφορετική μορφή της προσαρμογής των διδακτικών από τις μαθησιακές πρακτικές. Οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να εμπλέκονται σταδιακά θετικά αλλά και αναδραστικά με τις προτεινόμενες από τα εκπαιδευτικά υλικά διδακτικές πρακτικές, τι οποίες και σταθεροποιούν με σκαμπανεβάσματα μετά το πέρασμα του πρώτου τετραμήνου. Οι μαθητές αντίστοιχα εξελίσσουν με σταθερό ρυθμό θετικά την εμπλοκή και τις μαθησιακές πρακτικές τους, χωρίς μάλλον ισχυρά αναδραστικά χαρακτηριστικά (χωρίς σκαμπανεβάσματα). Αυτό ίσως να σημαίνει ότι η επίδραση πάνω στη μαθησιακή επιτυχία των μαθητών εξαρτάται κυρίως από τον βαθμό εμπλοκής των εκπαιδευτικών και λιγότερο από το προφίλ αυτής της εμπλοκής (π.χ. τα χαρακτηριστικά των διδακτικών σεναρίων). Αυτό ίσως σημαίνει ότι ο κυρίαρχος παράγοντας της συνολικής επιτυχίας ήταν η δέσμευση εκπαιδευτικών και μαθητών σε μια καινοτόμα και ασφαλώς πολύπλοκη εκπαιδευτική προσπάθεια.

Ένα πανεπιστημιακό σύγγραμμα για τη μύηση των εκπαιδευόμενων εκπαιδευτικών στη διεπιστημονική συνύπαρξη θεάτρου και επιστήμης

A. Το περιεχόμενό του

Το συγκεκριμένο σύγγραμμα (Τσελφές & Παρούση 2016) δεν γράφτηκε με τη λογική των κλασικών συγγραμμάτων. Δεν περιλαμβάνει δηλαδή απλά μια καταγραφή των ζητημάτων που έχουν ερευνηθεί και προσωρινά λυθεί κατά τη διάρκεια ανάπτυξης ενός επιστημονικού κλάδου. Είναι άλλωστε ένα διεπιστημονικό σύγγραμμα που θέτει και συζητά ζητήματα θεατρικής έκφρασης επιστημονικών ιδεών και το πεδίο που δεσμεύει την ύπαρξή του είναι η εκπαίδευση εκπαιδευτικών. Έτσι καταλήγει να είναι ένα διδακτικό βιβλίο που δομείται με βάση την κονστρουξιονιστική άποψη περί διδασκαλίας-μάθησης και για κανένα λόγο οι συγγραφείς του δεν θα ήθελαν να θεωρηθεί ή να χρησιμοποιηθεί ως ένα κλασικής μορφής σύγγραμμα που υιοθετεί/ υποβάλλει τη μάθηση δια «μεταφοράς».

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτού του βιβλίου/ συγγράμματος είναι τα ακόλουθα:

A. Στο εισαγωγικό του κεφάλαιο, το βιβλίο προσπαθεί να δηλώσει την εκπαιδευτική και ως εκ τούτου κοινωνική-πολιτική συγκυρία που επέτρεψαν τη συγγραφή του.

Σε αντίθεση με τα κλασικά συγγράμματα που η δομή και το περιεχόμενό τους δεν αποκαλύπτουν τους επιστημολογικούς, κοινωνικούς αλλά και πολιτικούς λόγους που επιτρέπουν την ύπαρξή τους, στο βιβλίο αυτό γίνεται μια προσπάθεια να τοποθετηθούν τα ζητήματα που περιλαμβάνει στο τρέχον κοινωνικό και εκπαιδευτικό «γίγνεσθαι», έτσι ώστε ο αναγνώστης να είναι ενήμερος για την εγκυρότητα αλλά και τη χρησιμότητα του περιεχομένου. Οι συγγραφείς εδώ τοποθετούνται εναντίον της άποψης του Kuhh που διαμόρφωσε την εκπαιδευτική γραμμή της δεκαετίας του '60, σύμφωνα με την οποία οι νέοι επιστήμονες πρέπει να ενταχθούν χωρίς αμφιβολίες στο τρέχον «επιστημονικό παράδειγμα» και να μην έχουν ερωτήματα για τη «φύση» της γνώσης που ξεκινούν να υπηρετούν.

B. Η δομή του βιβλίου είναι κατά το δυνατόν ιστορική.

Τα κεφάλαια του βιβλίου περιγράφουν διαδοχικές προσπάθειες των συγγραφέων να προσεγγίσουν το ζήτημα της εκπαιδευτικής διάστασης της θεατρικής έκφρασης επιστημονικών ιδεών, αποκαλύπτοντας κάθε φορά τα προβλήματα που αντιμετώπισαν, τις αποτυχίες τους, τις επιτυχίες τους, τις εμμονές τους. Φτιάχνουν μ' αυτόν τον τρόπο κείμενα που αν και είναι γραμμένα σε δηλωτική γλώσσα καταλήγουν να έχουν το «άρωμα» μιας ιστορίας που σφαλώς δεν έχει τέλος. Μιας ιστορίας χωρίς τέλος, που ακολουθούν στην πράξη όλες οι ζωντανές επιστημονικές πειθαρχίες.

Γ. Σε κάθε βήμα το βιβλίο «διδάσκει» τη διαδικασία της αξιολόγησης.

Κάθε κεφάλαιο του βιβλίου, που συνήθως έχει δημοσιευτεί με κάποια μορφή και σε επιστημονικά περιοδικά/ πρακτικά συνεδρίων, περιλαμβάνει ένα ουσιαστικό κομμάτι μεθοδικής αξιολόγησης των δοκιμών/ εφαρμογών που περιγράφει. Ένα κομμάτι κειμένου, στο οποίο οι αποτυχίες και τα λάθη «εξαγνίζονται» παίρνοντας τη μορφή νέων ερωτημάτων ή και ευρημάτων.

Δ. Οι «ασκήσεις» που προτείνονται σε κάθε κεφάλαιο συντίθενται από πραγματικά ερωτήματα.

Μια συνηθισμένη πρακτική των συγγραμμάτων, συνδεδεμένη με τις κλασικές διδακτικές-μαθησιακές δραστηριότητες που υποβάλλουν, είναι το γεγονός ότι αντιμετωπίζουν τα ερωτήματα ως «παζλ». Τα ερωτήματα-παζλ έχουν το χαρακτηριστικό ότι η απάντησή τους είναι γνωστό ότι είναι γνωστή, τουλάχιστον από αυτόν που τα θέτει. Έχουν τη μορφή «μήπως γνωρίζετε το όνομά μου;» και ως εκ τούτου ενεργοποιούν διαφορετικούς τύπου δραστηριότητες και συζητήσεις από αυτές που ενεργοποιούν τα επιστημονικά ερωτήματα. Τα τελευταία είναι ανοιχτά και ο κατασκευαστής τους μπορεί να εξηγήσει τον τρόπο κατασκευής τους αλλά συζητάει (μιας και δεν γνωρίζει) μια απάντηση. Τα κλασικά συγγράμματα δεν περιλαμβάνουν συνήθως τέτοιου τύπου ερωτήματα, κρατώντας τους φοιτητές έξω από τη διαπραγματεύσή τους. Το συγκεκριμένο βιβλίο, όχι.

Ε. Το βιβλίο περιλαμβάνει πρωτογενή δεδομένα.

Το βιβλίο αυτό είναι ηλεκτρονικό (<http://hdl.handle.net/11419/4042>) κατόπιν επιλογής. Αυτό το χαρακτηριστικό του επιτρέπει την παρουσίαση πρωτογενών δεδομένων, τα οποία κατά κανόνα είναι θεατρικά και αποτυπώνονται σε μικρά ή μεγαλύτερα βίντεο. Τα πρωτογενή δεδομένα εκθέτουν τους συγγραφείς στην κρίση των αναγνωστών σε ότι αφορά τον τρόπο που τα αναλύουν και τα μετατρέπουν σε αποτελέσματα. Αλλά χωρίς αυτή την «έκθεση» φαίνεται αδύνατο να μνηθεί κάποιος στους τρόπους που μετατρέπονται τα δεδομένα, τα σύνολα δηλαδή των ανερχόμενων σημαδιών, σε προτάσεις με νόημα. Φαίνεται αδύνατο να μνηθεί στη κριτική προσέγγιση της εγκυρότητας αυτών των προτάσεων και έτσι να μετασχηματίσει τις απλοϊκές απόψεις του για την επιστημονική γνώση ως αλήθεια στην κατεύθυνση της έγκυρης σε κάποιο βαθμό και πλαίσιο γνώσης.

B. Η σε εξέλιξη πιλοτική εφαρμογή

Η μεθοδολογία

Το βιβλίο είναι καινούργιο και η εφαρμογή του εξαιρετικά περιορισμένη, μέχρι στιγμής. Πιλοτικά, το βιβλίο έγινε γνωστό σε έναν περιορισμένο αριθμό φοιτητών που παρακολουθούσαν ένα εξαμηνιαίο μάθημα «θεατρικών εφαρμογών και διδακτικής της φυσικής» στο ΤΕΑΠΗ του ΕΚΠΑ. Το μάθημα αυτό δεν είχε σχεδιαστεί για να κάνει εκτεταμένη χρήση του βιβλίου και ως εκ τούτου οι αντιδράσεις των φοιτητών που το διάβασαν, περισσότερο ή λιγότερο προσεκτικά, είναι σποραδικές και μπορούν να συνθέσουν μόνο μια εικόνα των φοιτητών για τις προϋπάρχουσες απόψεις τους περί συγγραμμάτων.

Οι απόψεις αυτές συλλέχθηκαν μέσω ατομικών συζητήσεων/ συνεντεύξεων, πριν ακόμη οι φοιτητές αρχίσουν την εργαστηριακή φάση των μαθημάτων τους. Μια δεύτερη μικρή συζήτηση/ συνέντευξη με την ίδια δομή πραγματοποιήθηκε με τους ίδιους φοιτητές όταν τα μαθήματα είχαν τελειώσει.

Η ουσιαστική πιλοτική εφαρμογή του βιβλίου θα πραγματοποιηθεί στο δεύτερο εξάμηνο της τρέχουσας ακαδημαϊκής χρονιάς με την ομάδα των φοιτητών που θα επιλέξει να παρακολουθήσει τα μαθήματα *Θεατρικές εφαρμογές και διδακτική της φυσικής I και II*, κατά το χειμερινό και εαρινό εξάμηνο, αντίστοιχα. Το βιβλίο δηλαδή θα δοκιμαστεί στην πρώτη ουσιαστική πιλοτική του εφαρμογή με φοιτητές που θα έχουν μια ικανοποιητική εμπειρία από το εργαστηριακό σκέλος του μαθήματος. Και ασφαλώς το μέλλον της αξιοποίησής του ή της τροποποίησής του θα εξαρτηθεί εν πολλοίς από τα αποτελέσματα αυτής της εφαρμογής.

Αποτελέσματα πρώτης επαφής

Οι φοιτητές έδειξαν να αντιμετωπίζουν με συμπάθεια κυρίως τα βίντεο που περιλαμβάνονταν στο βιβλίο. Και αυτά όχι ως σύνολο πρωτογενών δεδομένων αλλά ως παραδείγματα για τη δουλειά που θα έπρεπε να κάνουν στη συνέχεια.

Θυμήθηκαν όμως κάποια από τα κείμενα του βιβλίου όταν κλήθηκαν να αξιολογήσουν εκ των υστέρων την παραγωγή τους και να αναστοχαστούν σχετικά με το

τι θα άλλαζαν αν επρόκειτο να ξανακάνουν την ίδια δουλειά. Εκεί το βιβλίο χρησίμευσε μας και η ιστορία μάλλον κάτι τέτοιο μπορεί να το προσφέρει.

Αλλεργία προκάλεσε το κείμενο της εισαγωγής γιατί δεν μπόρεσαν να εντοπίσουν «τι χρειάζονται όλα αυτά για το μάθημα». Φαίνεται ότι οι απανταχού κυνηγοί ή κάτοχοι της «αλήθειας» έχουν περάσει στην κουλτούρα μας, σε απίστευτα μεγάλο βαθμό, την επιστημονική λειτουργία της μονίμως άγνωστης «πραγματικότητας» ως μια φυσιολογική και γνωστή κατηγορία της εμπειρίας μας.

Τέλος, οι φοιτητές εντόπισαν το γεγονός ότι το εργαστηριακό μάθημα που παρακολούθησαν θα μπορούσε να αποτελέσει αφορμή για μια ακόμη μελέτη περίπτωσης απ' αυτές που περιλαμβάνονται στο βιβλίο αλλά το μάθημα δεν ήταν δομημένο με τρόπο που να καθιστά το βιβλίο απαραίτητο.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα, η μεγάλη επιτυχία της σειράς βιβλίων Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου έχει αναφορά στους εκπαιδευτικούς. Και η αναφορά αυτή αποτελούσε αρχική επιλογή της επιστημονικής ομάδας που τα κατασκεύασε. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν λαμβάνουμε υπόψη το γεγονός ότι η διδακτική-μαθησιακή διαδικασία στηρίζεται ουσιαστικά στις σχέσεις εκπαιδευτικών και εκπαιδευόμενων και ως εκ τούτου οι όποιες θεσμικού τύπου παρεμβάσεις (όπως η εισαγωγή ενός νέου βιβλίου) πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τόσο τους εκπαιδευτικούς όσο και τους μαθητές. Πολύ δε περισσότερο, πρέπει να λαμβάνουν υπόψη και τα μέλη των κοινοτήτων που στηρίζουν και ελέγχουν τα σχολεία (π.χ. γονείς) αλλά και τους θεσμικούς παράγοντες που νομοθετούν και ελέγχονται για τη νομοθεσία τους από τα μέλη της κοινωνίας. Με άλλα λόγια, στην κατασκευή αυτών των βιβλίων προσπαθήσαμε να μην ξεχάσουμε ότι το εκπαιδευτικό σύστημα δεν περιλαμβάνει μόνο εκπαιδευόμενους και εκπαιδευτικούς αλλά και τους θεσμούς και τα δρώντα κοινωνικά υποκείμενα που ενδιαφέρονται για τα σχολεία. Η κεντρική, όμως, αναφορά μας στους εκπαιδευτικούς και στο στάδιο της ανάπτυξης των υλικών και στο επίπεδο της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της πιλοτικής εφαρμογής, έχει για μας μια κεντρική διαχειριστική σημασία:

Όταν ένας θεσμός διατυπώνει μια αρχή όπως η «Πρώτα ο μαθητής», κατά την άποψή μας εκφράζει το ενδιαφέρον του για τα μαθησιακά αποτελέσματα της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Με ανάλογο τρόπο μια εκπαιδευτική αρχή που θα έλεγε «Πρώτα η κοινωνία» θα μπορούσε να εκφράζει το ενδιαφέρον ενός θεσμού για τον σχεδιασμό του μέλλοντος μιας κοινωνίας, της οποίας τα παιδιά τώρα εκπαιδεύονται. Η κεντρική αναφορά μας στους εκπαιδευτικούς σε σχέση με τα βιβλία δεν θα μπορούσε να εκφραστεί από κανένα ανάλογο ρητορικό σχήμα. Ούτε από το «Πρώτα ο εκπαιδευτικός». Η συγκεκριμένη κεντρική αναφορά επιβλήθηκε από το γεγονός ότι ένα σχολικό βιβλίο έχει υποχρεωτικά πρώτο αποδέκτη τον εκπαιδευτικό. Και αν σε αυτό το επίπεδο της πρώτης επαφής «απορριφθεί» από σημαντικό αριθμό εκπαιδευτικών (διαφόρων διδακτικών προφίλ), τότε το μέλλον του στη διαμεσολάβηση της σχέσης εκπαιδευτικού – μαθητών είναι εξαιρετικά αμφίβολο, ακόμη και αν το βιβλίο είναι μοναδικό, υποχρεωτικό ή αρέσει στους μαθητές.

Τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής δείχνουν ότι η συγκεκριμένη λογική πέτυχε. Δείχνουν επίσης ότι σημαντικό ρόλο σ' αυτή την επιτυχία έπαιξε η μεθοδολογία της εφαρμογής, η οποία σε συνδυασμό με την ελευθερία χρήσης που επέτρεπαν τα βιβλία δημιούργησε κοινότητες εκπαιδευτικών που ενδιαφέρονταν για τη δημιουργία εκπαιδευτικών υλικών, για τη διδακτική τους πρακτική, για την κριτική της, για τη διαμορφωτική τους αξιολόγησή! Μάλιστα, τα ποσοτικά κριτήρια των «χρόνων ανάπαυσης» δείχνουν ότι αυτό το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών μεταφέρθηκε στις τάξεις και έγινε ενδιαφέρον και των μαθητών. Οδήγησε δηλαδή, σταδιακά, στη δημιουργία εκπαιδευτικών κοινοτήτων και σχέσεων που από κάποιο σημείο και μετά μπορούσαν να επιδιώξουν, αν όχι και να πετύχουν, τα πάντα.

Η περίπτωση του πανεπιστημιακού συγγράμματος είναι πολύ διαφορετική στη διαχείρισή της, αν και η αρχή που προσβέυει είναι η ίδια: να διαδοθούν ή έστω να διασωθούν και στο πανεπιστημιακό επίπεδο τα βασικά πολιτισμικά χαρακτηριστικά των επιστημών. Ο λόγος της διαφορετικής διαχείρισης βρίσκεται καταρχήν στο γεγονός ότι το περιεχόμενο αφορά στις επιστήμες του ανθρώπου/ της εκπαίδευσης, με τη μια απ' αυτές (Θεατρική Αγωγή) να έχει μητρική αναφορά στις Τέχνες και την άλλη (Διδακτική της Φυσικής) στις Φυσικές Επιστήμες. Έτσι το πρώτο μέλημα της κατασκευής του βιβλίου αποτελούσε το ίδιο το περιεχόμενο το οποίο θα έπρεπε να μετασχηματιστεί και από τις δύο πλευρές, έτσι ώστε να επιτρέψει τη συνύπαρξη/ συνομιλία.

Στη συνέχεια έρχονταν οι διδάσκοντες. Μόνο που εδώ οι συγγραφείς του συγγράμματος είναι και οι διδάσκοντες. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ιστορική δομή του κειμένου μπλέκει τα ιστορικά στοιχεία του επιστημονικού εγχειρήματος με τα στοιχεία των προσωπικών αφηγήσεων σε βαθμό που ίσως αποδειχθεί διδακτικά επισφαλής. Διότι τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά των επιστημών δεν θα διασωθούν αν επικρατήσει η αντίληψη πως οι επιστήμες συντίθενται από διακριτές προσωπικές ιστορίες.

Από την άλλη μεριά, ένα σύγγραμμα δεν απευθύνεται μόνο προς τους φοιτητές. Διαβάζεται και αποτελεί αντικείμενο κριτικής και από τους ομότεχνους. Το συγκεκριμένο βιβλίο είχε δύο κριτικούς αναγνώστες (έναν συνάδελφο με ειδικότητα στη Θεατρική Αγωγή και έναν στη Διδακτική της Φυσικής), που λειτούργησαν κριτικά κατά τη διάρκεια της συγγραφής του. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι το κείμενο αναπτύχθηκε ισορροπώντας πάνω σε μια ακόμη ένταση. Αυτή που δημιουργούσε η προσπάθεια της διαμόρφωσης της δομής του σε μια ιστορικού τύπου κατεύθυνση με την παράλληλη προσπάθεια συμμόρφωσης με τις πειθαρχίες των γνωστικών αντικειμένων που διαχειριζόταν.

Τέλος, το βιβλίο έχει γραφτεί για να χρησιμοποιηθεί με φοιτητές που ήδη έχουν μια εμπειρία στην εκπαιδευτική διαδικασία θεατρικής έκφρασης επιστημονικών ιδεών. Έχει γραφτεί με στόχο να λειτουργήσει ως μετα-κείμενο εμβάθυνσης στις εκπαιδευτικές/ παιδαγωγικές αρχές και πρακτικές. Και ασφαλώς το πως τελικά θα λειτουργήσει θα πρέπει να περιμένουμε έναν ακόμη χρόνο για να το δούμε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1987). *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Αντωνιάδου, Ν., Ψύλλος, Δ., Τσελφές, Β. και Φασουλόπουλος, Γ. (2004). *Ο Κόσμος της Ζωής – ο Κατασκευασμένος Κόσμος. Δραστηριότητες για τους μαθητές της Α΄ τάξης του Γυμνασίου*. Στο πλαίσιο του ΠΕΜ, Αθήνα.
- Αντωνιάδου, Ν., Ψύλλος, Δ., Τσελφές, Β. και Φασουλόπουλος, Γ. (2004). *Ο Κόσμος της Ζωής – ο Κατασκευασμένος Κόσμος. Οδηγίες για τους Εκπαιδευτικούς*. Στο πλαίσιο του ΠΕΜ, Αθήνα.
- Devezas, T. (2005). Evolutionary theory of technological change: State-of-the-art and new approaches. *Technological Forecasting & Social Change*, 72, 1137–1152.
- Devezas, T. & Corredine, J. (2002). The nonlinear dynamics of technoeconomic systems: An informational interpretation. *Technological Forecasting & Social Change*, 69, 317–357.
- Γεωργίου, Μ. (2016). *Η ικανότητα των μαθητών να αναπτύσσουν επιστημονικά επιχειρήματα σε βιολογικά ζητήματα με κοινωνικές προεκτάσεις - Εστιασμένη διδακτική παρέμβαση στο ζήτημα της βιοτεχνολογίας*. ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή.
- Γκοτζαρίδης, Χ., Ξημος, Γ., Κανδεράκης, Ν., Τζαμαλής, Π., Τσελφές, Β. και Φασουλόπουλος, Γ. (2015). Επιμόρφωση και διαφοροποίηση εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νεών Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Βιβλίο Συνόψεων*, ΕΝΡΦΕΤ, ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, 340-343.
- Καριώτογλου, Π. και Ξημος, Γ. (2004). *Ο Κόσμος του Νερού. Δραστηριότητες για τους μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου*. Στο πλαίσιο του ΠΕΜ, Αθήνα.
- Καριώτογλου, Π. και Ξημος, Γ. (2004). *Ο Κόσμος του Νερού. Οδηγίες για τους εκπαιδευτικούς*. Στο πλαίσιο του ΠΕΜ, Αθήνα.
- Runco, M. & Jaeger, G. (2012). The Standard Definition of Creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92-96.
- Schatz, G. (2016). From Little Science to Big Science. *Swiss Academies Communications*, 11(4), www.swiss-academies.ch/en/communications
- Τσελφές, Β. (2015). *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: καινοτομίες και αντιστάσεις στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα*. Προσκεκλημένη ομιλία στην ημερίδα του ΥΠΟΠΑΙΘ «Φινλανδικό και Ελληνικό εκπαιδευτικό Σύστημα - Καλές Πρακτικές», Αθήνα, ΥΠΟΠΑΙΘ.
- Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2010). Η «εικονικότητα» της εκπαιδευτικής πράξης και η περίπτωση της διδασκαλίας-μάθησης των Φυσικών Επιστημών. *Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, 22, 151-178.
- Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2012). Διδακτικές-μαθησιακές πρακτικές διαχείρισης επιστημονικού περιεχομένου στη Γενική Εκπαίδευση. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 5(1-2), 61-74.

- Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2016). *Θέατρο και Επιστήμη στην Εκπαίδευση*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/4042>
- Τσελφές, Β., Αντωνιάδου, Ν., Έψιμος, Γ., Καριώτογλου, Π., Πατσαδάκης, Μ., Φασουλόπουλος, Γ. & Ψύλλος, Δ. (2008). Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία-μάθηση φυσικών επιστημών σε μειονοτικούς μαθητές των γυμνασίων της Θράκης. Στο, Θ. Δραγώνα & Α. Φραγκουδάκη (επιμ), *Πρόσθεση, όχι αφαίρεση. Πολλαπλασιασμός, όχι διαίρεση*. Αθήνα: Μεταίχμιο, 327-348.
- Τσελφές, Β., Γκοτζαρίδης, Χ. & Έψιμος, Γ. (2015). Πιλοτική εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών φυσικών επιστημών στο πρόγραμμα εκπαίδευσης των παιδιών της μουσουλμανικής μειονότητας της Θράκης. *Νέα Παιδεία*, 156, 64-84.
- Τσελφές, Β., Γκοτζαρίδης, Χ. & Έψιμος, Γ. (2015). Πιλοτική εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών φυσικών επιστημών στο πρόγραμμα εκπαίδευσης των παιδιών της μουσουλμανικής μειονότητας της Θράκης. *Νέα Παιδεία*, 156, 64-84.
- Τσελφές, Β., Φασουλόπουλος, Γ. και Έψιμος, Γ. (2004). *Κόσμοι της Φυσικής: Θερμόμετρα, Φωτεινές Ακτίνες και Ηλεκτρικά Κυκλώματα. Δραστηριότητες για τους μαθητές της Β' και Γ' τάξης του Γυμνασίου*. Στο πλαίσιο του ΠΕΜ, Αθήνα.
- Τσελφές, Β., Φασουλόπουλος, Γ. και Έψιμος, Γ. (2004). *Κόσμοι της Φυσικής: Θερμόμετρα, Φωτεινές Ακτίνες και Ηλεκτρικά Κυκλώματα. Οδηγίες για τους εκπαιδευτικούς*. Στο πλαίσιο του ΠΕΜ, Αθήνα.

Το εκπαιδευτικό υλικό για τα Μαθηματικά στην εκπαίδευση των Εκπαιδευτικών και στην εκπαίδευση των παιδιών: Πορείες παράλληλες, συγκλίνουσες ή αποκλίνουσες;

Μαρία Καλδρυμίδου

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, mkaldrim@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση δραστηριοτήτων που να οδηγούν σε μαθηματική εννοιολογική ανάπτυξη είναι ένα σημαντικό ζήτημα για την έρευνα στη μαθηματική εκπαίδευση, ειδικά για την πρώτη σχολική ηλικία (4-8 ετών). Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη της μαθηματικής γνώσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών απαιτεί αφενός αναστοχασμό και ανάλυση της μαθηματικής γνώσης τους και αφετέρου την αναπλαισίωσή της ώστε να συνδεθεί αυτή με τη διδασκαλία και τις αντίστοιχες γνώσεις των παιδιών. Στην εισήγηση αυτή, με βάση τη σύγχρονη θεωρητική προσέγγιση των ζητημάτων της εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών στα μαθηματικά και τη διδακτική προσέγγιση τους, το ρόλο του εκπαιδευτικού υλικού τόσο στην ανάπτυξη της μαθηματικής γνώσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών, όσο και στη διδασκαλία των μαθηματικών στη πρώτη σχολική ηλικία, θα προσπαθήσουμε να αναδείξουμε ότι καταστάσεις δράσης στη επιλογή και κατασκευή υλικού για την πραγμάτωση δραστηριοτήτων για τις πρώτες μαθηματικές έννοιες αποτελούν ένα κατάλληλο πλαίσιο για την εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαιδευτικό υλικό, εκπαίδευση εκπαιδευτικών, μαθηματική γνώση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διερεύνηση της μαθηματικής γνώσης των μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών καθώς και η διερεύνηση των διδακτικών πρακτικών που υιοθετούνται από αυτούς αποτέλεσε και αποτελεί έναν από τους βασικούς τομείς της Διδακτικής των Μαθηματικών. Ο όγκος των σχετικών δημοσιεύσεων, από το 1998 που άρχισε η έκδοση του περιοδικού *Journal of Mathematics Teacher Education* και από το 1999 που εκδόθηκε το βιβλίο *Mathematics Teacher Education* (B. Jaworski, T. Wood & S. Dawson, Eds),

είναι τεράστιος. Σε διάστημα μόνο 8 χρόνων (2006-2014) δημοσιεύτηκαν 975 άρθρα σχετικά με την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών στα Πρακτικά του PME (Lin & Rowland, 2016, σελ. 484), για να μην αναφερθούμε στους 4 τόμους του *International Handbook of Teachers Education* (Series Editor T. Wood, 2008) και τα αντίστοιχα 3 working Groups στο CERME.

Ωστόσο αξιοσημείωτο είναι ότι, όπως αναφέρουν οι Lin & Rowland (2016, σελ. 484-485), τα 2/3 από τα 975 άρθρα αφορούν τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Από δε το σύνολο των άρθρων μόνο τα 220 επικεντρώνονται στη γνώση των εκπαιδευτικών και ότι τα άρθρα για τους εκπαιδευτικούς του Νηπιαγωγείου, όπως και για τους εκπαιδευτικούς της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης είναι ελάχιστα. Μπορεί λοιπόν κάποιος να ισχυριστεί ότι το ζήτημα της μαθηματικής γνώσης των εκπαιδευτικών της πρώτης σχολικής ηλικίας και ειδικά των μελλοντικών νηπιαγωγών παραμένει ακόμα ανοιχτό, με τις αντίστοιχες συνέπειες και για την οργάνωση της εκπαίδευσής τους για τη διδασκαλία των Μαθηματικών.

Η χρήση εκπαιδευτικού υλικού, και μάλιστα εμπράγματων αντικειμένων, είναι απαραίτητη στο νηπιαγωγείο για τη δημιουργία καταστάσεων (δραστηριοτήτων), η επεξεργασία των οποίων θα μνήσει τα νήπια στις πρώτες μαθηματικές έννοιες και διαδικασίες, που θα αποτελέσουν τη βάση της μαθηματικής κουλτούρας που θα αναπτύξουν. Έτσι, ο ρόλος αυτού του εκπαιδευτικού υλικού στην εκπαίδευση των μελλοντικών νηπιαγωγών, - μια που στη χώρα μας παραμένει ξέχωρος τομέας από τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου - τόσο ως διδακτικό υλικό αλλά και ως μέσο ανάπτυξης της δικής τους μαθηματικής γνώσης αποτελεί ένα ζήτημα που, κατά τη γνώμη μου, είναι ακόμα ανοιχτό. Πρέπει, στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι η επιλογή του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού για την πραγμάτωση δραστηριοτήτων που νοηματοδοτούν τις μαθηματικές έννοιες και διεργασίες αποτελεί θεμελιώδες ζήτημα (Τζεκάκη, 2014)

Τα παραπάνω θέματα θα αναλυθούν στην παρούσα εργασία. Αρχικά θα παρουσιαστούν τα βασικά και κοινά ζητήματα που προκύπτουν από την έρευνα στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών και το ρόλο του εκπαιδευτικού υλικού στην εκπαίδευσή τους. Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν παραδείγματα διεργασιών που αναπτύσσονται κατά την προσπάθεια των μελλοντικών εκπαιδευτικών να επιλέξουν και να κατασκευάσουν το κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό για την πραγμάτωση δραστηριοτήτων για τις πρώτες μαθηματικές έννοιες.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΓΝΩΣΗ

Αρχικά η έρευνα για τη γνώση των εκπαιδευτικών, μελλοντικών και εν ενεργεία, επικεντρώθηκε στη διερεύνηση των πεποιθήσεων και της μαθηματικής γνώσης τους αυτής καθεαυτής. Η έρευνα αυτή έφερε στο φως πληροφορίες σχετικά με τη σχέση μεταξύ εννοιολογικής και διαδικαστικής γνώσης τους, ή τη γνώση τους ως ενέργεια ή διαδικασία, και ανέδειξε τις εννοιολογικές παρανοήσεις τους σε πολλές περιοχές των Μαθηματικών: αριθμητική και θεωρία αριθμών, γεωμετρία, λογική και απόδειξη, συναρτήσεις και

ανάλυση, θεωρία συνόλων, μέτρηση εμβαδόν, επίλυση και διατύπωση προβλήματος, πιθανότητες, άλγεβρα, αναλογίες και λόγο... (Llinares & Krainer, 2006, σελ. 432).

Στη συνέχεια, και με βάση τη βασική θέση που διατύπωσε ο Shulman (1986, 1987) ότι είναι απαραίτητο να έχει κανείς μια «καλή» μαθηματική γνώση (SMK) καθώς και παιδαγωγική γνώση του περιεχομένου ειδική για τα μαθηματικά (PCK), η έρευνα επικεντρώθηκε όχι μόνο στη διερεύνηση του «πώς» οι φοιτητές «ξέρουν» το μαθηματικό περιεχόμενο που θα διδάξουν αλλά και στη σχέση μεταξύ της μαθηματικής γνώσης των δασκάλων και τη γνώση τους σχετικά με το πώς οι μαθητές μαθαίνουν μαθηματικά, πώς δημιουργούνται και ποιες είναι οι εννοιολογικές αντιλήψεις τους.

Δύο βασικά ζητήματα προέκυψαν ως συνέπεια αυτής της θεώρησης, η επίδραση της οποίας στην έρευνα αφενός για τη μαθηματική γνώση των εκπαιδευτικών που είναι κατάλληλη για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και αφετέρου για τις διδακτικές πρακτικές των εκπαιδευτικών παραμένει πολύ μεγάλη.

- μια μετατόπιση από την εξέταση της μαθηματικής γνώσης αυτής καθεαυτής, ανεξαρτήτως πλαισίου, στη διερεύνηση της μαθηματικής γνώσης των εκπαιδευτικών στο πλαίσιο διδασκαλίας (Llinares & Krainer, 2006, σελ. 432).
- την ανάπτυξη θεωρητικών προσεγγίσεων για τη μαθηματική γνώση που είναι απαραίτητη για τη διδασκαλία ή που ενεργοποιείται κατά τη διδασκαλία (Lin & Rowland, 2016, σελ. 486-487)

Σχετικά με το πρώτο ζήτημα χρησιμοποιήθηκαν ως εργαλεία διερεύνησης της γνώσης και των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών η ανάλυση διδακτικών συμβάντων, κυρίως με απορίες και λάθη μαθητών, η αναζήτηση του τι θα έκαναν στις περιπτώσεις αυτές (παραγωγή «διδακτικών σεναρίων – επεμβάσεων»), η συγγραφή ημερολογίων και καταστάσεις αναστοχασμού πάνω στη δράση τους ή τη δράση συναδέλφων τους.

Ως προς τις θεωρητικές προσεγγίσεις, στο πλαίσιο αυτής της εισήγησης θα αναφερθούν απλώς οι πιο βασικές. Έτσι, εισάγεται (Ball et al., 2008) ο όρος Μαθηματική Γνώση για Διδασκαλία (Mathematics Knowledge for Teaching, MKT). Η MKT συγκροτείται από τρία διαφορετικά corpus μαθηματικής γνώσης: την κοινή γνώση περιεχομένου (μαθηματική γνώση αυτή καθεαυτή), την εξειδικευμένη γνώση περιεχομένου (μαθηματική γνώση απαραίτητη για τη διδασκαλία των Μαθηματικών) και την οριζόντια διευρυμένη (horizon) γνώση περιεχομένου (γνώση για το Αναλυτικό Πρόγραμμα και τις συνδέσεις των διαφόρων περιοχών σε αυτό).

Οι Turner & Rowland (2010), με βάση τις διδακτικές πρακτικές των εκπαιδευτικών, κατηγοριοποιούν τη μαθηματική γνώση αυτών σε τέσσερις κατηγορίες. Έτσι το Κουαρτέτο της Γνώσης (Knowledge Quartet) αποτελείται από τη θεμελιώδη μαθηματική γνώση η οποία αναδύεται σε καταστάσεις μετασχηματισμού, συνδέσεων και διαχείρισης απρόοπτου, απροσδόκητου.

Τα δύο αυτά θεωρητικά πλαίσια αναδεικνύουν την πολυπλοκότητα της μαθηματικής γνώσης που απαιτείται για μια ποιοτική μαθηματική διδασκαλία, η οποία θα δίνει έμφαση στις συνδέσεις των μαθηματικών αντικειμένων και εννοιών με τις γενικές μαθηματικές ιδέες, στη γενίκευση μαθηματικών περιπτώσεων, στην ανακάλυψη

ιδιοτήτων και σχέσεων, στην αιτιολόγηση, στην οργάνωση και κατηγοριοποίηση των κανονικοτήτων, τις συνδέσεις και ερμηνείες των αναπαραστάσεων και αναπαραστατικών μέσων (Kaldrimidou, Sakonidis & Tzekaki, 2013; Τζεκάκη, 2011, 2014).

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ

Συνοψίζοντας τη βιβλιογραφία σχετικά με την εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών στα Μαθηματικά και την διδασκαλία τους τρεις είναι οι βασικές θέσεις που φαίνεται να επηρεάζουν τα περισσότερα προγράμματα σπουδών τους.

Πρώτον, ότι η προϋπάρχουσα γνώση των φοιτητών-εκπαιδευτικών επηρεάζει το τι μαθαίνουν και το πώς το μαθαίνουν στο Πανεπιστήμιο (Richardson, 1996). Δεύτερον, ότι η καλή μαθηματική γνώση ανεξάρτητα από το πλαίσιο της διδασκαλίας δεν είναι αρκετή (Shulman, 1986, 1987; Llinares & Krainer, 2006; Ponte & Champan, 2006; Turner & Rowland, 2010; Lin & Rowland, 2016). Τρίτον, ότι η δομή των προγραμμάτων και ο τύπος των μαθηματικών έργων αποτελούν τους δύο βασικούς παράγοντες που διαμορφώνουν την ανάπτυξη της γνώσης των δασκάλων και τη διδακτική πρακτική τους (Llinares & Krainer, 2006).

Συνέπεια αυτών ήταν η προσπάθεια δημιουργίας προγραμμάτων σπουδών για τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς με στόχο την ανάπτυξη, της μαθηματικής γνώσης του περιεχομένου σε σχέση με τη διδασκαλία και τις διδακτικές πρακτικές. Τα ευρήματα των ερευνών αποτέλεσαν τη βάση για τη δημιουργία υλικού προγράμματα σπουδών (Llinares & Krainer, 2006, σελ. 434): με βάση την αρχική γνώση των δασκάλων δημιουργήθηκαν συμμετοχικά προγράμματα διαφόρων τύπων διδασκαλίας με στόχο την ανάπτυξη της μαθηματικής γνώσης του περιεχομένου των δασκάλων φοιτητών (learning from practice). Κύριο στοιχείο τους αποτελεί ο **αναστοχασμός** και η **ανταλλαγή απόψεων** πάνω στις διδακτικές πρακτικές: γράφοντας, για παράδειγμα, για τις δικές τους εμπειρίες ή γράφοντας ερμηνείες για διδακτικά συμβάντα και αναλύοντας διδασκαλίες. Όπως ισχυρίζονται οι Zaslavsky, Champan & Leikin (2003) ο αναστοχασμός στην επίλυση **προκλητικών μαθηματικών προβλημάτων** επηρεάζει την γνώση, τις πεποιθήσεις και την πρακτική των δασκάλων

Ουσιαστικά πίσω από αυτές τις προσεγγίσεις υπόκειται η υπόθεση ότι οι δάσκαλοι φοιτητές πρέπει να διδαχθούν τα μαθηματικά με τον τρόπο με τον οποίο αναμένεται από αυτούς να τα διδάξουν, και προς τούτο πρέπει να βοηθηθούν να συλλογίζονται με μαθηματικό τρόπο, να αναθεωρήσουν το τι είναι μαθηματικά και να αναπτύξουν τη δυνατότητα του μαθηματικού συλλογισμού (ποιοτικά χαρακτηριστικά της μαθηματικής σκέψης) (Llinares & Krainer, 2006).

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Η χρήση εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία των Μαθηματικών σε όλες είναι στις μέρες μας πολύ διαδεδομένη, κυρίως δε στην πρώτη σχολική ηλικία. Η εκτεταμένη χρήση, η εμπορική ανάπτυξη πολλών και διαφόρων εμπράγματων, οπτικών και ηλεκτρονικών υλικών διαμέσου των οποίων θεωρείται ότι η μαθηματική γνώση αποκτιέται εύκολα, ευχάριστα, με παιγνιώδη τρόπο, ενδεχομένως χωρίς κόπο. Οι ίδιοι δε οι εκπαιδευτικοί

θεωρούν ότι το εκπαιδευτικό υλικό και ειδικά τα εμπράγματα και οπτικά αντικείμενα πρέπει να είναι σαφή, μη διφορούμενα, χρωματιστά και αισθητικά ωραία ώστε να οι μαθητές να δουλεύουν καλά με αυτά (Nührenbörger & Steinbring, 2008, σελ.169) και έτσι έχουν άμεση θετική επίδραση στην μαθηματική γνώση των μαθητών, πιστεύοντας ότι η μαθηματική γνώση προκύπτει άμεσα από αυτά (Ball, 1992. σελ. 18).

Η εκτεταμένη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού και οι απόψεις των δασκάλων έφεραν στο προσκήνιο τα ζητήματα του ρόλου που παίζει το εκπαιδευτικό υλικό στη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης των μαθηματικών και της καταλληλότητάς του ως μέσου αναπαράστασης μαθηματικής γνώσης.

Όπως, ήδη από το 1977, έχει τονίσει ο Fischbein, η αποτελεσματική χρήση εξαρτάται από τη φύση τους και τη σχέση τους με τις αντίστοιχες μαθηματικές έννοιες ή τις μαθηματικές σχέσεις και δομές που αναπαριστά (όπως αναφέρεται στο Nührenbörger & Steinbring, 2008, σελ.158).

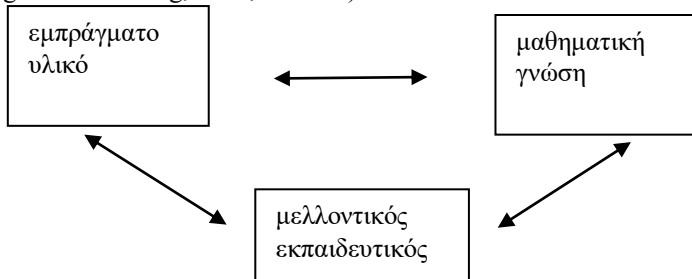
Έτσι, τα εμπράγματα υλικά και οι οπτικές αναπαράστασεις, δεν πρέπει να θεωρούνται ως πραγματώσεις μια μαθηματικής κατάστασης, αλλά ως απαραίτητα **εργαλεία** ειδικά στη μαθηματική εκπαίδευση της πρώτης σχολικής ηλικίας για την πραγμάτωση καταστάσεων η επεξεργασία των οποίων θα οδηγήσει σε μαθηματικές ιδέες και μαθηματική γνώση.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ

Η σχέση μεταξύ εμπράγματος υλικού και της μαθηματικής γνώσης αποτελεί, ή θα πρέπει να αποτελεί, ένα από τα κεντρικά θέματα της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών, και κυρίως των εκπαιδευτικών της πρώτης σχολικής ηλικίας, και μάλιστα σε δύο επίπεδα:

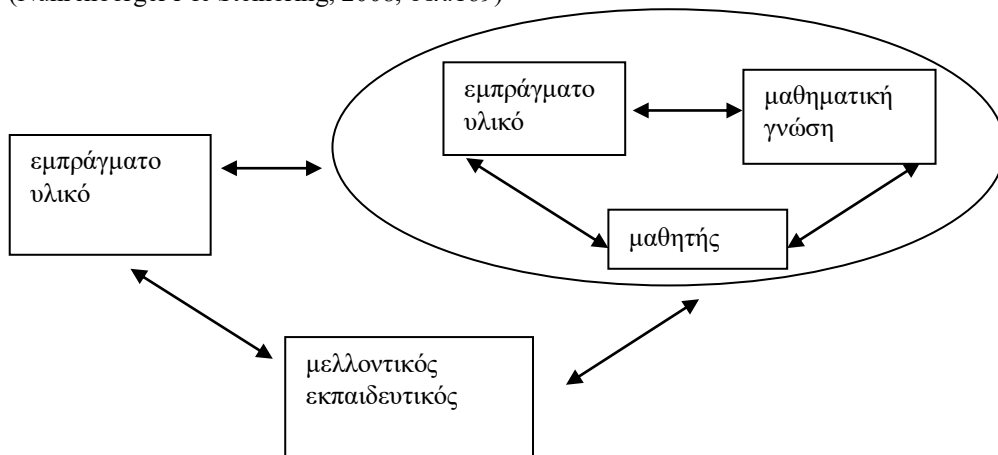
Πρώτον, το εμπράγματο υλικό είναι απαραίτητο για την προσέγγιση και αναθεώρηση της προϋπάρχουσας μαθηματικής γνώσης των φοιτητών και φοιτητριών των παιδαγωγικών τμημάτων, η οποία –αν και δεν έχει διερευνηθεί συστηματικά στη χώρα μας – με βάση τη διεθνή έρευνα δεν είναι η επιθυμητή. Οι Silver et al (2007) ισχυρίζονται ότι η χρήση υλικού που χρησιμοποιείται στη διδασκαλία στο σχολείο προάγει την Μαθηματική Γνώση για Διδασκαλία.

Σχήμα 1: Εκπαιδευτικό υλικό και μαθηματική γνώση των μελλοντικών δασκάλων (Nührenbörger & Steinbring, 2008, σελ.158)



Δεύτερον, δεδομένου ότι με το εμπράγματο υλικό δεν κατασκευάζεται άμεσα μαθηματική γνώση, η ανάδειξη της σχέσης μεταξύ μαθηματικών και εκπαιδευτικού υλικού και η συνειδητοποίηση ότι αυτό είναι εργαλείο κατασκευής ερμηνειών και εξηγήσεων που θα αποτελέσουν τη βάση για νέα μαθηματική γνώση, είναι ένα ουσιώδες ζήτημα για την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών στη χρήση και το ρόλο του εκπαιδευτικού υλικού στη μάθηση των μαθηματικών από τα παιδιά.

Σχήμα 2: Εκπαιδευτικό υλικό και διδακτική γνώση των μελλοντικών δασκάλων (Nührenbörger r & Steinbring, 2008, σελ.169)



ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΔΑΣΚΑΛΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Συνοψίζοντας τα ήδη αναφερθέντα σχετικά με την εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών στη διδασκαλία των μαθηματικών, τα παρακάτω σημεία αποτελούν τη βάση προσέγγισης του ζητήματος αυτού τόσο στην έρευνα όσο και στα προγράμματα σπουδών.

Πρώτον, η εκπαίδευση των μελλοντικών πρέπει να βρίσκεται σε σύνδεση με τη διδασκαλία, τις διδακτικές πρακτικές και τους τρόπους με τους οποίους μαθαίνουν τα μαθηματικά οι μαθητές. Αυτό δε αφορά όχι μόνο την διδακτική γνώση των μελλοντικών εκπαιδευτικών, αλλά και την ανάπτυξη και αναδιοργάνωση της μαθηματικής γνώσης τους.

Δεύτερον, η διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού αποτελεί ένα πολυσύνθετο ζήτημα και η χρήση του στην εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών γίνεται σε δύο επίπεδα: αφενός ως εργαλείο για την ανάπτυξη της μαθηματικής γνώσης τους και αφετέρου ως εργαλείο για τη δημιουργία πλαισίου ανάπτυξης της μαθηματικής γνώσης των μαθητών τους.

Με βάση τα παραπάνω σημεία, τα οποία είναι γενικά αποδεκτά στη βιβλιογραφία, επιχειρήθηκε, στο Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, η διερεύνηση του κατά πόσον η αναζήτηση (επιλογή ή κατασκευή) εμπράγματου εκπαιδευτικού υλικού από τους φοιτητές και τις φοιτήτριες για την πραγμάτωση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων, μπορεί να αποτελέσει ένα πλαίσιο ανάπτυξης της μαθηματικής γνώσης αυτών. Βάση αυτής της προσέγγισης αποτέλεσε προηγούμενη εμπειρία του θετικού ρόλου μιας “καθημερινής” ενέργειας, της τακτοποίησης των τρισδιάστατων γεωμετρικών σχημάτων, στην ανάπτυξη και νοηματοδότηση της μαθηματικής γνώσης των φοιτητών/τριών, με την ανάδυση και συνειδητοποίηση των λανθασμένων αντιλήψεων τους για τα σχήματα και τις γεωμετρικές έννοιες (Καλδρυμίδου, 2014). Στη συνέχεια δίνονται κάποια παραδείγματα από αυτήν την προσπάθεια.

Παράδειγμα δραστηριότητας 1: Πού πήγε το 50° τετράγωνο;

Η αλλιώς: *από την κάλυψη στην ανάλυση της σχέσης μεταξύ διαγωνίου και πλευράς στο τετράγωνο*

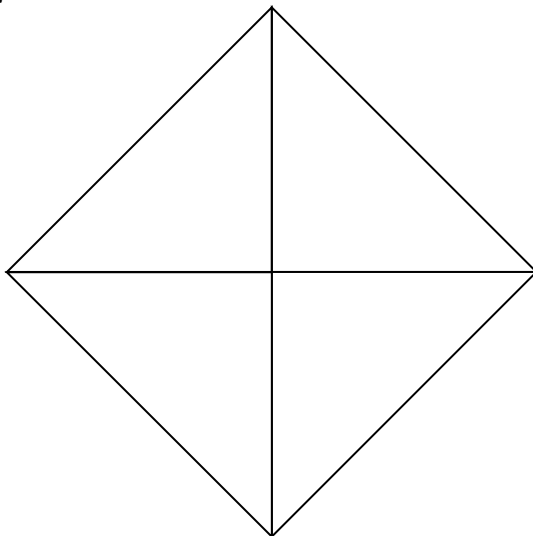
Η πρώτη δραστηριότητα που θα παρουσιαστεί στην παρούσα εργασία είχε ως εξής:

Η πρώτη φάση, έγινε στη διάρκεια των εργαστηρίων του υποχρεωτικού μαθήματος Διδακτική Μαθηματικών Ι. Τα εργαστήρια διαρκούν 1 ώρα και 30 λεπτά και σε κάθε τμήμα συμμετέχουν 8-9 ομάδες φοιτητών/τριών, των 5 ατόμων η κάθε μία. Στη δραστηριότητα αυτή κάθε ομάδα φοιτητών και φοιτητριών έπρεπε:

1. Να κατασκευάσουν ο καθένας 4 ισοσκελή και ορθογώνια τρίγωνα με κάθετες πλευρές 5cm
2. Κάθε ομάδα να κατασκευάσει σχηματισμούς, χρησιμοποιώντας κάθε φορά 4 από τα τρίγωνα αυτά
3. Να υπολογίσουν το εμβαδόν και την περίμετρο κάθε σχηματισμού
4. Να ταξινομήσουν το σύνολο των σχηματισμών με κριτήριο το μήκος της περιμέτρου κάθε σχηματισμού
5. Να εκφράσουν το εμβαδόν και την περίμετρο κάθε σχηματισμού στη γενική περίπτωση (αν η κάθετη πλευρά του τριγώνου είναι a)

Και τέλος να γίνει μια συνολική ταξινόμηση όλων των σχηματισμών και να εξεταστεί κατά πόσον καλύφθηκαν όλες οι δυνατές περιπτώσεις περιμέτρου.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας αυτής της δραστηριότητας προέκυψαν το παρακάτω ενδιαφέρον ζήτημα σχετικά με το τετράγωνο, το οποίο ήταν το σχήμα που ήταν κοινό σε όλες τις ομάδες.

Σχήμα 3: το τετράγωνο

Αρχικά αξίζει να αναφερθούν οι στρατηγικές που χρησιμοποιήθηκαν από τις ομάδες για τον υπολογισμό του εμβαδού των σχηματισμών. Κάποιες ομάδες υπολόγισαν το εμβαδόν κάθε τριγώνου πολλαπλασιάζοντας τις 2 κάθετες πλευρές και διαιρώντας με το 2 και μετά το εμβαδόν του σχηματισμού (50 cm^2), πολλαπλασιάζοντας με το 4. Αλλά υπήρχαν αρκετές ομάδες που προσπάθησαν να υπολογίσουν το εμβαδόν κάθε σχηματισμού χωριστά και συνολικά. Έτσι στην περίπτωση του τετραγώνου υπολόγισαν το μήκος της πλευράς αυτού και μάλιστα μετρώντας με τον χάρακα, βρίσκοντας το 7 cm. Στη συνέχεια υπολόγισαν το εμβαδόν του τετραγώνου ως γινόμενο του μήκους των δύο πλευρών και βρήκαν το εμβαδόν του τετραγώνου 49 cm^2 .

Με βάση τα αποτελέσματα αυτά τέθηκε το ερώτημα πόσο είναι τελικά το εμβαδόν του τετραγώνου; Στη συζήτηση που ακολούθησε διατυπώθηκαν διάφορα επιχειρήματα και όταν τελικά επικράτησε το 50 cm^2 , τέθηκε η εξής ερώτηση – συμπέρασμα, με πολλή έκπληξη και απορία:

Δηλαδή δεν μπορούμε τελικά να μετράμε, πρέπει αν θέλουμε να το βρούμε συνολικά να χρησιμοποιήσουμε πυθαγόρειο!

Η δεύτερη φάση, αυτής της δραστηριότητας έγινε το επόμενο εξάμηνο στο σεμιναριακό μάθημα Δραστηριότητες και Εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά. Ξεκινώντας από την παραπάνω δραστηριότητα, το αρχικό ερώτημα ήταν πώς θα διαπιστώσουν τα παιδιά ότι όλοι οι σχηματισμοί έχουν το ίδιο εμβαδόν; Τι υλικό θα πρέπει να έχουν στη διάθεσή τους ώστε να μπορέσουν να καλύψουν τους σχηματισμούς και να συγκρίνουν μετά τα πλήθος των αντικειμένων; Η διερεύνηση άρχισε με την περίπτωση του τετραγώνου. Η αυθόρμητη απάντηση των φοιτητριών ήταν να πάρουμε μικρά τετραγωνάκια ή μικρά κυβάκια, και άρχισε η αναζήτηση από το υλικό που υπήρχε στο

εργαστήριο ή άλλο που είχαν εντοπίσει στο διαδίκτυο, να βρουν με ποια τετράγωνα/κύβους μπορεί να καλυφθεί αυτό το τετράγωνο. Ως ποιο κατάλληλο επιλέχθηκαν αρχικά κυβάρια πλευράς 1 cm, - αν και θα ήταν πάρα πολλά για τα παιδιά μα που όλα τα άλλα ήταν πολύ μεγάλα.....

Όταν κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν την κάλυψη, με μεγάλη έκπληξη διαπίστωσαν ότι το 50° τουβλάκι περίσσευε...!

Όπως είπε και η Μ: *Μήπως τελικά είχαν δίκιο αυτοί που είχαν βρει το εμβαδόν 49 cm²;*

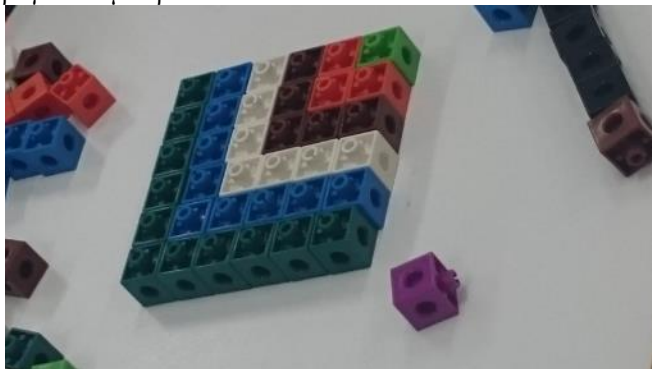
Μέσα από αυτήν τη διαδικασία αναζήτησης υλικού κατάλληλου για την πραγματοποίηση μια δραστηριότητας δόθηκε το πλαίσιο για να τεθούν, από τις ίδιες τις φοιτήτριες, αρκετά ζητήματα μαθηματικών, τα οποία ήθελαν πια οι ίδιες να απαντηθούν:

- η ασύμμετρη σχέση μεταξύ πλευράς και υποτείνουσας
- η αντίστροφη πορεία που πρέπει να γίνει σε σύνθετες δραστηριότητες που περιλαμβάνουν κάλυψη, δηλαδή ότι οι διαστάσεις του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για κάλυψη θα καθορίσει τις διαστάσεις του αρχικού υλικού, μια που το τελικό προϊόν πρέπει να έχει πλευρές ακέραιο πολλαπλάσιο των μονάδων κάλυψης
- ότι επίσης για την κάλυψη δεν είναι πάντα κατάλληλο υλικό το τετράγωνο (στερεότυπο της τυπικής μονάδας), αλλά μάλλον σχήμα ίδιας κατηγορίας με το αρχικό

Παράδειγμα δραστηριότητας 2: Πώς θα μοιράσουμε τα κυβάρια στα παιδιά;

Ή αλλιώς: *Από τον υπολογισμό του πλήθους των επαναλήψεων που μπορεί να κατασκευαστεί ανάλογα με τον αριθμό των παιδιών στην αλγεβρική επεξεργασία και το μαθηματικό συμβολισμό της γενικής κατάστασης, τις προόδους και τις μη αναλογικές σχέσεις μεγεθών.*

Τα μαθηματικά ζητήματα που παρουσιάζονται στην παράγραφο αυτή προέκυψαν κατά τη διάρκεια κατασκευής μοτίβων με χρήση εκπαιδευτικού υλικού του εργαστηρίου, και ειδικά σχετικά με την κατασκευή που παρουσιάζεται στην εικόνα 1.

Εικόνα 1: τετραγωνικό μοτίβο

Όταν τέθηκαν τα ερωτήματα πώς θα υπολογίσουμε πόσοι όροι μπορούν να γίνουν από τα παιδιά (ανάλογα με τον αριθμό αυτών) με την ποσότητα του υλικού που υπάρχει διαθέσιμη, πώς θα γίνει η μοιρασιά του υλικού στα παιδιά και πώς θα διατυπωθεί το κατάλληλο πλαίσιο για τη δραστηριότητα στο νηπιαγωγείο, η πρώτη αντίδραση από τις φοιτήτριες ήταν να αρχίσουν να κάνουν πολλές πραγματώσεις τέτοιων κατασκευών. Αφού μπερδεύτηκαν με τα χρώματα, αφού άρχισαν να διαφωνούν μεταξύ τους (*μη μου παίρνεις τα πράσινα...*), αποφάσισαν να δουν το ζήτημα συστηματικά: πόσα κυβάκια χρειάζονται για κάθε σειρά, να συμβολίσουν το πλήθος από τα κυβάκια σε συνάρτηση με τη σειρά $(2n-1)$, το σύνολο από κυβάκια που χρειάζονται για να γίνει ένα τετράγωνο (μη αναλογική σχέση), να δουν το πλήθος από κυβάκια που υπάρχουν διαθέσιμα συνολικά και ανά χρώμα (500 & 50 αντίστοιχα), να συζητήσουν πόσα χρώματα θα εναλλάσσονται, και τελικά να καταλήξουν σε ένα πρώτο μοντέλο περιγραφής της κατάστασης όταν εναλλάσσονται 2 χρώματα σε κάθε κατασκευή και διαφορετικά σε κάθε παιδί ή ομάδα παιδιών (4 επαναλήψεις που απαιτούν 28 & 36 κυβάκια από κάθε χρώμα αντίστοιχα, γιατί η 5^η επανάληψη απαιτεί άλλα 17 για το δεύτερο χρώμα οπότε δεν φτάνουν τα 55).

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το σχόλιο του κλεισίματος από μία φοιτήτρια: *και ξεκινήσαμε τόσο ευχάριστα, και έλεγα δεν μπορεί κάτι θα γίνει... και έγινε, πάλι με πονοκέφαλο φεύγω..., αλλά τελικά χρειάζονται τα μαθηματικά, για μας κυρίως!*

Παράδειγμα δραστηριότητας 3: Γιατί δεν μπορούμε να φτιάξουμε ένα ορθογώνιο από ρόμβους;

Ή αλλιώς: Από το παιχνίδι σύνθεσης σχημάτων στη συστηματικοποίηση των σχημάτων και στην «ανακάλυψη» σχημάτων.

Το τρίτο παράδειγμα που θα παρουσιασθεί αναδύθηκε καθώς οι φοιτήτριες εξερευνούσαν ένα εκπαιδευτικό υλικό που αποτελείται από πλακίδια (τετράγωνα, ρόμβοι, ορθογώνια τρίγωνα). Στην προσπάθεια να διερευνήσουν τι σχήματα μπορούμε να φτιάξουμε χρησιμοποιώντας αυτό το υλικό προέκυψαν κλασικά γεωμετρικά σχήματα,

αλλά και μη συνηθισμένα για αυτές σχήματα, όπως φαίνεται στις παρακάτω εικόνες (2 - 7)

Εικόνα 2: Εξάγωνο



Εικόνα 3: Ορθογώνιο που προέκυψε από ρόμβους



Εικόνα 4: Σχήματα και σχηματισμοί



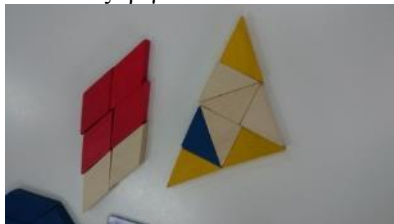
Εικόνα 5: Οκτάγωνο



Εικόνα 6: Πεντάγωνο



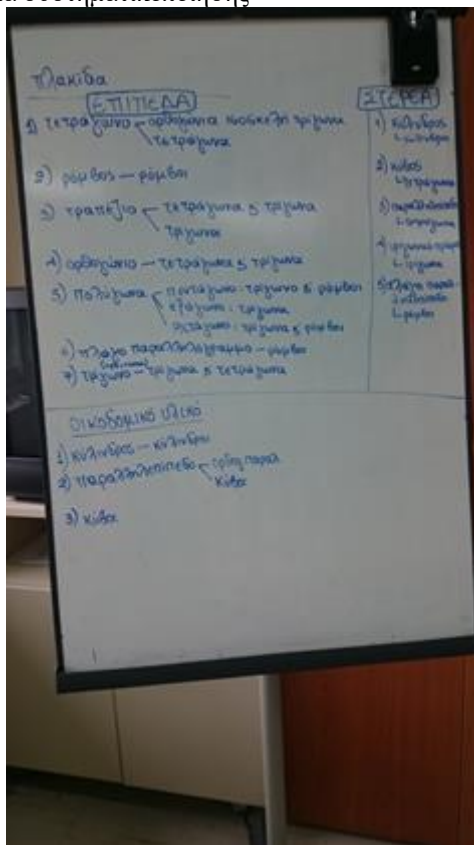
Εικόνα 7: Ρόμβος και ορθογώνιο ισοσκελές τρίγωνο



Καθώς κατασκεύαζαν διάφορα σχήματα και σχηματισμούς, οι φοιτήτριες έθεσαν ερωτήματα: τι σχήμα έγινε;, είναι γεωμετρικό σχήμα αυτό;

Έτσι, το οκτάγωνο και το πεντάγωνο δεν αναγνωρίστηκαν ως τέτοια από τις φοιτήτριες.

Εικόνα 8: Προσπάθεια συστηματικοποίησης



Ένα επίσης ενδιαφέρον ζήτημα προέκυψε από την προσπάθεια να συνδυάσουν τους ρόμβους (που η μία γωνία τους είναι 45°), ώστε να φτιάξουν τετράγωνο στην αρχή και στη συνέχεια ορθογώνιο. Η αδυναμία πραγματοποίησης οδήγησε σε συζήτηση αρχικά με τις δυνατότητες γωνιών που μπορούν να δημιουργηθούν με τους ρόμβους αυτούς, δηλαδή σε μια προσπάθεια συστηματικοποίησης, η οποία με τη σειρά της οδήγησε σε μια προσπάθεια συστηματικοποίησης των τρόπων με τους οποίους μπορούν να γίνουν γεωμετρικά σχήματα με χρήση αυτού του υλικού (εικόνα 8)

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η διερεύνηση του εκπαιδευτικού υλικού με στόχο την πραγματοποίηση δραστηριοτήτων μέσα στην τάξη του νηπιαγωγείου αποτελεί ένα πλαίσιο που δίνει τη δυνατότητα ανάδειξης μαθηματικών ζητημάτων, για τα οποία οι φοιτητές και φοιτήτριες έχουν περιορισμένη ή στερεότυπη γνώση. Είναι

σημαντικό ότι τα περισσότερα ερωτήματα τίθενται από τους ίδιους και τις ίδιες. Προκύπτει έτσι μια δικιά τους αναγκαιότητα απάντησης στα ερωτήματα και ανάπτυξης στρατηγικών προσεγγίσεων, φέρνοντας ταυτόχρονα στην επιφάνεια το γεγονός ότι δεν είναι τα αντικείμενα που παράγουν άμεσα μαθηματική γνώση, αλλά η διαχείρισή τους. Ταυτόχρονα, και αυτό φαίνεται να είναι το πιο σημαντικό, δημιουργούνται συνθήκες ανάπτυξης γενικότερης μαθηματικής δράσης για τους/τις μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της πρώτης σχολικής ηλικίας: διατύπωση ερωτημάτων, δημιουργία συνδέσεων, μελέτη γενικότητας, ενέργειες συστηματικοποίησης και κατηγοριοποίησης. Δηλαδή, ανάπτυξη μαθηματικής, ή τουλάχιστον πιο μαθηματικής, κουλτούρας.

Με βάση την εμπειρία, που παρουσιάστηκε παραπάνω, τίθενται τα παρακάτω, σημαντικά κατά τη γνώμη μου, ζητήματα:

Ποιες είναι οι δυνατότητες που έχουμε να πραγματοποιούμε τέτοιες προσεγγίσεις στα Τμήματά μας, κατά την εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών; Δεδομένου, ότι τα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν έγιναν σε μικρή ομάδα φοιτητών, πώς αντίστοιχες δράσεις μπορούν να γίνουν στο σύνολο των φοιτητών και φοιτητριών μας;

Ακόμη, χρειάζεται μια πιο συστηματική διερεύνηση του υλικού και των προτεινόμενων στους φοιτητές και φοιτήτριες δραστηριοτήτων από εμάς, ώστε να δημιουργηθεί ένα πιο αποτελεσματικό πλαίσιο εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ball, D. L. (1992). Magical hopes-manipulatives and the reform of math education. *American Educator*, 16(2), 14-18, 46-47.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-408.
- Jaworski, B., Wood, T. & Dawson, S. (eds). (1999). *Mathematics Teacher Education: critical international perspectives*. London: Falmer Press.
- Kaldrimidou, M., Sakonidis, C., & Tzekaki, M. (2013). Teachers' reflecting on the nature of the mathematical knowledge under construction in the classroom. In A. M. Lindmeier & A. Heinze (Eds), *Proceedings of the 37th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. 4 (pp. 305-312). Kiel: Germany: PME.
- Καλδρυμίδου, Μ. (2014). Τρισδιάστατα γεωμετρικά σχήματα στην εκπαίδευση των μελλοντικών νηπιαγωγών: επίλυση προβλήματος, γεωμετρικά στερεότυπα και "καθημερινές" ενέργειες. Στο Χ. Σκουμπορδή & Μ. Σκουμιός (επιμ.) *Περίληψεις 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες*. (σελ. 74). Ρόδος
- Lin, F. L. & Rowland, T. (2016). S Pre-service and in-service mathematics teachers' knowledge and professional development. In In A. Gutiérrez, G. C. Leder & P. Boero (eds). *The Second Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education*. (pp. 483-520). Rotterdam: Sense Publishers.

- Llinares, S. & Krainer, K. (2006). Mathematics (students) teachers and teacher educators as learners. In A. Gutiérrez, P. Boero (eds). *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future*. (pp. 429-459). Rotterdam: Sense Publishers.
- Nührenbörger, M. & Steinbring, H. (2008). Manipulatives as tools in mathematics teacher education. In D. Tirosh & T. Wood (Eds), *International Handbook of Mathematics Teacher Education*. Vol.2 (pp. 157-181). Rotterdam: Sense Publishers.
- Ponte, J. P. & Chapman, O. (2006). Mathematics teachers' knowledge and practices. In A. Gutiérrez, P. Boero (eds). *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future*. (pp. 461-494). Rotterdam: Sense Publishers.
- Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In J. Sikuda, T. Buttery & E. Guyton (eds), *Handbook of Research on Teacher Education*. (pp. 102-119). New York: Macmillan.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Silver, E., Clark, L., Ghousseini, H., Charalambous, C., & Sealy, J. (2007). Where is the mathematics? Examining teachers' mathematical learning opportunities in practice-based professional learning tasks. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11, 261-277.
- Τζεκάκη, Μ. (2011). Μαθηματική δραστηριότητα μέσα στο παιχνίδι και το εκπαιδευτικό υλικό. Στο Μ. Καλδρυμίδου & Ξ. Βαμβακούση (επιμ), *Πρακτικά 4^ο Συνεδρίου ΕΝΕΔΙΜ: Η τάξη ως πεδίο ανάπτυξης της μαθηματικής δραστηριότητας*. (σελ. 51-66), Ιωάννινα.
- Τζεκάκη, Μ. (2015). Μαθηματική δραστηριότητα και μαθηματικά έργα. Στο Χ. Σκουμπουρδή και Μ. Σκουμιός (επιμ) *Πρακτικά 1^ο Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες*. (σελ. 60-71), Ρόδος.
- Turner, F. & Rowland, T. (2010). The Knowledge Quartet as an Organizing Framework for Developing and Deepening Teachers' Mathematics Knowledge. In T. Rowland & K. Ruthven (Eds). *Mathematical Knowledge in Teaching*, (pp. 195-212). Dordrecht: Springer
- Zaslavsky, O., Champan, O. & Leikin, R. (2003). Professional development in mathematics education: Trends and tasks. In A. Bishop, M.A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & F. K. S. Leung (eds). *Second International Handbook of Mathematics Education*. Vol 2 (pp. 877-915). Dordrecht: Kluwer.

Η αφήγηση¹ ως διδακτικό εργαλείο: η σημασία της στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών

Ιωάννης Χατζηγεωργίου

Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, hadzigeo@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αφήγηση ως διδακτικό αλλά και ερευνητικό εργαλείο έχει αρχίσει να συζητείται σοβαρά τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Η συζήτηση αυτή έχει αγγίξει και το χώρο της διδασκαλίας και εκμάθησης των Φυσικών Επιστημών. Τα κυριότερα επιχειρήματα υπέρ της χρήσης της αφήγησης εστιάζονται στο γεγονός ότι κάνει τη μαθησιακή διαδικασία ενδιαφέρουσα και ευχάριστη, στο ότι βοηθάει τους μαθητές/-τριες να θυμούνται καλύτερα το περιεχόμενο των αφηγήσεων – και επομένως το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών, εφόσον αυτό έχει ενσωματωθεί μέσα στην αφήγηση -, και γενικά στο γεγονός ότι ο αφηγηματικός λόγος βοηθάει καλύτερα στην κατανόηση των ιδεών συγκριτικά με τον επεξηγηματικό και τον επιχειρηματολογικό λόγο. Ωστόσο, παρά τα επιχειρήματα αυτά - και τα όποια εμπειρικά στοιχεία τα στηρίζουν - η ιδέα της εκμάθησης των Φυσικών Επιστημών μέσω της αφήγησης θέτει σοβαρά ερωτήματα σχετικά με το τι είδους αφηγήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους/τις εκπαιδευτικούς, με το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών, αλλά και με το αν η «αφηγηματική εξήγηση/ερμηνεία» προσφέρεται γενικά στο χώρο των Φυσικών Επιστημών. Παρόλα αυτά, η χρήση της αφήγησης μπορεί να αιτιολογηθεί μέσα από το ρόλο που μπορεί να παίζει για: (α) να εμπλέξει τους μαθητές/-τριες συναισθηματικά, (β) να εξανθρωπίσει την επιστημονική γνώση, (γ) να εισάγει τους/τις μαθητές/-τριες στη «Φύση των Φυσικών Επιστημών», (δ) να παρουσιάσει προβλήματα και μυστήρια προς διερεύνηση, (ε) να προάγει την ανάπτυξη της «Ρομαντικής Κατανόησης» και (στ) να προάγει την ανάπτυξη της Περιβαλλοντικής Συνείδησης. Η εισήγηση αυτή θα εστιάσει σ' αυτούς τους έξι ρόλους της αφήγησης, κάνοντας έτσι σαφές ότι η χρήση της αφήγησης μπορεί να πετύχει συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους.

¹ Αν και πολλές φορές οι όροι «αφήγηση» και «ιστορία» στο χώρο της εκπαίδευσης ταυτίζονται (ή απλά με την αφήγηση εννοούμε την αφήγηση μιας ιστορίας, βασισμένη σε πραγματικά ή φανταστικά γεγονότα), εν τούτοις, με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχει μια διαφορά: ως αφήγηση μπορεί να θεωρηθεί μια ροή γεγονότων που σχετίζονται με ένα θέμα/μια ιδέα, ενώ ως ιστορία μπορεί να θεωρηθεί η χρονική ακολουθία αυτών των γεγονότων με σκοπό τη δημιουργία νοήματος (Hadzigeorgiou, 2016).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχει δοθεί έμφαση στην αφήγηση από μία γενικότερη σκοπιά (π.χ., στη μελέτη των γνωστικών λειτουργιών, στη μελέτη της ιστορίας, στην ψυχολογική ανάλυση και πρακτική, στην επικοινωνία, στη δημοσιογραφία, στην πολιτική κριτική και πράξη), αλλά και στο χώρο της εκπαίδευσης (Avraamidou & Osborne 2009, Hadzigeorgiou & Stefanich 2001, Klassen & Froese-Klassen 2014, Kubli, 2001, Schank & Berman 2002). Ο λόγος για τον οποίο δόθηκε αυτή η έμφαση μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι σε όλους ανεξαρτήτως τους ανθρώπους αρέσει και να διηγούνται και να ακούνε ιστορίες (Hardy 1977). Φαίνεται μάλιστα ότι πρόκειται για μία παρόρμηση αρχέγονη. Σύμφωνα με τον Bell (1991), *«η παρόρμηση να πούμε ιστορίες, μπορεί να δείχνει αρχέγονες αλλά υποσυνείδητες διαδικασίες (σ. 172)*. Ο Bruner (1990) στο βιβλίο του *Acts of Meaning (Πράξεις Νοήματος)* μιλά για μία έμφυτη προδιάθεση για αφηγηματική οργάνωση της σκέψης μας, που μας επιτρέπει να τη χρησιμοποιούμε γρήγορα και εύκολα. Μάλιστα λίγα χρόνια πριν είχε κάνει και την εξής γενναία υπόθεση: *«Υπάρχουν δύο ανεξάρτητοι τύποι γνωστικής λειτουργίας - ή πιο απλά δύο είδη σκέψης - καθένα από τα οποία αξίζει να χαρακτηριστεί 'φυσικό' (έμφυτο) είδος. Καθένα αποτελεί έναν τρόπο οργάνωσης της εμπειρίας, κατασκευής της πραγματικότητας, και, παρόλο που είναι συμπληρωματικά, το ένα δεν μπορεί να αναχθεί στο άλλο»¹* (Bruner 1985, σ. 97). Το ένα είδος σκέψης το ονόμασε 'παραδειγματικό' (ή λογικο-μαθηματικό) και το άλλο 'αφηγηματικό'.

Παρόλο που και τα δύο είδη σκέψης χρησιμοποιούνται για την κατανόηση του κόσμου, διάφερον στο ότι ο μεν παραδειγματικός τρόπος σκέψης στοχεύει στην ανακάλυψη της αλήθειας, εστιάζοντας σε λογικές αποδείξεις, επιχειρήματα, θεωρίες για το πώς εξηγούνται τα φυσικά φαινόμενα, μέσω της αποστασιοποίησης από τα ανθρώπινα συναισθήματα και ενδιαφέροντα, ο αφηγηματικός τρόπος σκέψης εστιάζει στο ανθρώπινο στοιχείο (π.χ., κίνητρα, προβλήματα, δράσεις, συνέπειες) και στοχεύει στην κατανόηση αυτού του στοιχείου μέσω της αφήγησης ιστοριών (Bruner 1986, 1990).

Επομένως, δεν μπορούμε να μιλάμε για την 'αλήθεια', όπως στην περίπτωση του παραδειγματικού τρόπου, αλλά για 'αληθοφάνεια' (verisimilitude). Το ερώτημα, ωστόσο, που τίθεται εδώ είναι το εξής: Τι σχέση μπορεί να έχει η 'αληθοφάνεια' και το ανθρώπινο στοιχείο με επιστήμες και μάλιστα τις φυσικές επιστήμες;

Δεδομένου ότι η λογική σκέψη και η πραγματικότητα είναι έννοιες στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους, η αφήγηση θα μπορούσε να θεωρηθεί η αιτία της κατασκευής μη πραγματικών, ακόμη αδύνατων κόσμων. Διότι ενώ η λογική επιβεβαιώνει το δυνατό, το επαληθεύσιμο, το πραγματικό, μία αφήγηση μπορεί να σχετίζεται με το αδύνατο, το μη

1 Με τον όρο 'φυσικό (έμφυτο) είδος' ο Bruner (1985) εννοεί ότι και τα δύο είδη, κάτω από ελάχιστους περιορισμούς, αναδύονται αυθόρμητα. Το πρώτο είδος το ονόμασε 'παραδειγματικό' (ή 'λογικο-μαθηματικό'), και είναι αυτό που έχει να κάνει με τη λογική, τη διατύπωση επιχειρημάτων και υποθέσεων, την ερμηνεία, την ανάλυση, και γενικά την ορθολογική σκέψη. Το δεύτερο είδος το ονόμασε αφηγηματικό και το συνδέει άμεσα με την αφήγηση και τη δημιουργία συναισθηματικού νοήματος. Προφανώς ο αφηγηματικός τρόπος σχετίζεται με την αποκλίνουσα σκέψη και, σε αντίθεση με τον παραδειγματικό, εμπλέκει μη λογικά στοιχεία, όπως παράδοξα, υπερβολές, μεταφορές, ακόμη και αντιφάσεις.

επαληθεύσιμο, το μη πραγματικό. Ο Bruner (1985) επισημαίνει, ωστόσο, ότι «ο αφηγηματικός τρόπος δεν είναι αχαλιναγώγητα ευφάνταστος όπως θα φαινόταν σε κάποιον ρομαντικό» (σ. 100), εφόσον ο παραδειγματικός τρόπος σκέψης κρίνει με βάση τη λογική αλλά και εμπειρικά δεδομένα, τα κατασκευάσματα που προέρχονται από τον αφηγηματικό τρόπο σκέψης¹. Με βάση αυτό το σκεπτικό δεν μπορεί ένα οποιοδήποτε αφήγημα να καταλήξει να γίνει επιστημονική θεωρία.

Από την άλλη πλευρά, από την εξερεύνηση της σχέσης ανάμεσα σε επιστήμη και μύθο διαφαίνεται ότι η αφηγηματική σκέψη έχει παίξει όντως σημαντικό ρόλο στην κατανόηση του φυσικού κόσμου, εφόσον υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι «πολλές επιστημονικές και μαθηματικές υποθέσεις ξεκινούν τη ζωή τους ως μικρές ιστορίες ή μεταφορές» (Bruner 1986, σ. 12).² Φαίνεται μάλιστα ότι έχει νόημα να υποστηρίξουμε ότι ακόμη και ένας μύθος αποτελεί ένα πρόπλασμα της επιστημονικής αλήθειας (Βέικος 1977). Παρόλα αυτά, στο πλαίσιο της διδακτικής των φυσικών επιστημών τίθεται ένα σοβαρό ερώτημα που αφορά στο πώς ακριβώς θα διδάξουμε φυσικές επιστήμες με τη χρήση της αφήγησης. Αν, πριν από την ανάπτυξη του γραπτού λόγου, αφήγηση αποτελούσε τον πρωταρχικό τρόπο επικοινωνίας για την μετάδοση πληροφοριών ζωτικής σημασίας (π.χ., την εξήγηση των σεισμών, των τοκετών, της βροχής, την προστασία από τη φωτιά, τη δημιουργία του κόσμου), τι πληροφορίες σχετικά με τις φυσικές επιστήμες θα μπορούσαμε να περάσουμε σήμερα στα παιδιά του σχολείου μέσω της αφήγησης; Αυτά τα ερωτήματα είναι σημαντικά, δεδομένης της άποψης που επικρατεί ανάμεσα σε

1 Παρόλα αυτά γίνεται φανερό ότι ο αφηγηματικός τρόπος σκέψης θέτει κάποια θέματα από μεταφυσική και επιστημολογική σκοπιά. Αυτά τα θέματα, προφανώς, δεν θα μπορούσαν να ξεκαθαριστούν εδώ - μάλιστα δεν φαίνεται να είναι ξεκαθαρισμένα ούτε μέσα στο χώρο της φιλοσοφίας. Όμως τις τελευταίες τρεις δεκαετίες συσφουρεύονται στοιχεία, κυρίως από το χώρο της ιστορίας των επιστημών, που δείχνουν ότι ακόμη και η αλήθεια είναι μία έννοια που διαπραγματεύεται από τα ίδια τα μέλη της επιστημονικής κοινότητας (Kuhn 1970). Ο φημισμένος αφορισμός του Feyrabend (1993) «όλα παίζονται/όλα έχουν θέση» (anything goes) σχετικά με τη φύση της επιστημονικής διαδικασίας, καθώς και αυτό που φημιολογείται ότι είπε ο Richard Feynman (1969), ότι δηλαδή «η επιστήμη είναι η πίστη στην άγνοια των ειδημόνων», δείχνουν ότι η προσπάθεια να γίνει ένας σαφής διαχωρισμός ανάμεσα σε πραγματικότητα-αλήθεια, από τη μία πλευρά, και κατασκευασμένη πραγματικότητα και φαντασία από την άλλη, δεν είναι τόσο εύκολη, τουλάχιστον όπως είναι εύκολη στην καθημερινή ζωή. Η αλήθεια, υποστήριξε ο Bruner (1985) είναι πράγματι μία παράξενη έννοια: «Η αλήθεια είναι πιο παράξενη από τα φανταστικά κατασκευάσματα του νου. Και τα δύο είναι μία εκδοχή του κόσμου και το ερώτημα ποιο απεικονίζει τον πραγματικό κόσμο είναι ένα ερώτημα που ακόμη και οι πιο σύγχρονοι μεταφυσικοί δεν πιστεύουν ότι μπορούν να απαντήσουν» (σ. 113).

2 Ο Popper (1972) επιχειρηματολογεί ότι η ίδια η επιστημονική σκέψη είναι ριζωμένη στους μύθους: «Η επιστήμη του σήμερα είναι χτισμένη στην επιστήμη του χθες, και η επιστήμη του χθες είναι χτισμένη στην επιστήμη της προηγούμενης ημέρας. Και οι παλαιότερες επιστημονικές θεωρίες είναι χτισμένες σε προεπιστημονικούς μύθους» (Popper 1972 p. 346). Η επιστημονική θεωρία, για παράδειγμα, η οποία εξηγεί τη σχέση ανάμεσα στα ηφαίστεια, τους σεισμούς και τα βουνά, είναι ριζωμένη στο μύθο των Τιτάνων. Είναι γνωστό από την Αρχαία Ελληνική μυθολογία, ότι οι Αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν για τη σχέση ανάμεσα σ' αυτά τα φαινόμενα, και είχαν πλάσει ένα μύθο για να την εξηγήσουν. Οι Τιτάνες, μια φυλή γιγάντων, είχαν φυλακισθεί από το Δία κάτω από τα βουνά, και, στην προσπάθειά τους να ξεφύγουν, άρχισαν να κινούν και να εκτοξεύουν βράχους. Παρ' όλο που η σημερινή επιστήμη δε δέχεται την ύπαρξη εξαγριωμένων γιγάντων, οι οποίοι κινούν και εκτοξεύουν βράχους στο εσωτερικό της γης, η υπόθεση/θεωρία ότι υπάρχει μια κίνηση τεκτονικών πλακών δεν απέχει πολύ από το μύθο που έπλασαν οι Αρχαίοι Έλληνες.

εκπαιδευτικούς ότι η αφήγηση, επειδή παρακινεί τους μαθητές/τριες, μπορεί να χρησιμοποιήσει για να διδάξουμε τα πάντα, ακόμη και τις φυσικές επιστήμες.

Αν οι φυσικές επιστήμες χαρακτηρίζονται από περιχόμενο (δηλαδή επιστημονική γνώση) και διαδικασία (δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο αποκτάται η επιστημονική γνώση) τίθεται ένα ερώτημα: Μπορούμε πράγματι να χρησιμοποιήσουμε την αφήγηση για την εκμάθηση των εννοιών και των φυσικών νόμων, αλλά και την εκμάθηση ιδεών που αφορούν στο πώς αναπτύσσεται η επιστημονική γνώση; Η δεύτερη ερώτηση μπορεί να απαντηθεί καταφατικά, όπως θα φανεί παρακάτω, αλλά η πρώτη, που αφορά συγκεκριμένα στην εκμάθηση των εννοιών και των νόμων των φυσικών επιστημών, η απάντησή της πρέπει να διατυπωθεί με μια επιφύλαξη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε μια αφήγηση, αν και θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε αυτήν κάποιες ιδέες/πληροφορίες (π.χ., από όλους τους ζωντανούς οργανισμούς μόνο τα φυτά είναι υπεύθυνα για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη, οι δυνάμεις αλλάζουν την κατεύθυνση της κίνησης των σωμάτων, το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο που επηρεάζει μια πυξίδα), οι επιστημονικές εξηγήσεις είναι δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να έχουν θέση μέσα στην αφήγηση (εκτός αν η αφήγηση συνδυαστεί με επεξηγηματικό κείμενο).

Με δεδομένο ότι οι αφηγηματικές εξηγήσεις, δηλαδή εξηγήσεις που στηρίζονται αποκλειστικά στα γεγονότα μέσα στην αφήγηση (π.χ., ένα γεγονός εξηγείται με βάση άλλα γεγονότα που έλαβαν χώρα πριν από αυτό), φαίνεται να είναι πιο κατάλληλες για μοναδικά (δηλαδή που συνέβησαν μία φορά στο παρελθόν) γεγονότα και φυσικά φαινόμενα (π.χ., η εξαφάνιση των δεινοσαύρων, η δημιουργία του σύμπαντος) αλλά όχι γενικά για όλα τα φαινόμενα και τις έννοιες (π.χ., η φωτοσύνθεση, κίνηση στο πεδίο βαρύτητας, ηλεκτρική αντίσταση, ηλεκτρικό ρεύμα, η διατήρηση και οι μετατροπές της ενέργειας).

Βέβαια, παρόλο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η αφήγηση για περιγραφικές εξηγήσεις, δηλαδή εξηγήσεις που στηρίζονται απλά στην περιγραφή ενός φαινομένου (π.χ., κύκλος του νερού, φωτοσύνθεση, ηχώ, ανύψωση της στάθμης ενός υγρού), αλλά και για λειτουργικές εξηγήσεις, δηλαδή εξηγήσεις κατά τις οποίες ένα γεγονός γενικά εξηγείται με βάση μια λειτουργία (π.χ., τα υπερβολικά μεγάλα αυτιά, που έχουν τα αγριοκούνελλα που ζουν στην κεντρική Αμερική, εξηγούνται από το γεγονός ότι για να επιβιώσουν έχουν αναπτύξει μεγάλα αυτιά προκειμένου να ακτινοβολείται από αυτά η θερμότητα του σώματός τους), δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγικές-νομολογικές εξηγήσεις (βλ. Hempel 1945, 1966), δηλαδή εξηγήσεις, οι οποίες στηρίζονται στη χρήση ενός γενικού νόμου (π.χ., νόμος του Νεύτωνα) ή/και μιας αρχής (π.χ., διατήρηση μάζας, ενέργειας). Για παράδειγμα, κάποιος/α πρέπει ήδη να γνωρίζει την έννοια της πυκνότητας και της άνωσης για να κατανοήσει το τι σφίστηκε ο Αρχιμήδης προκειμένου να βρει αν το βασιλικό στέμμα ήταν απόφιο χρυσάφι (και το ίδιο ισχύει για την ιστορία με την καρακάξα, που για να πει νερό έριξε ένα πετραδάκι στη λακούβα με το νερό προκειμένου να ανυψωθεί η στάθμη του νερού). Από την άλλη πλευρά, οι γενικές αρχές και νόμοι, όπως για παράδειγμα οι νόμοι του Νεύτωνα, φαίνεται να είναι δύσκολο να κανανοηθούν, εφόσον αυτό προϋποθέτει τη δυνατότητα εφαρμογής

τους σε μια ποικιλία καταστάσεων. Παρόλο που οι νόμοι αυτοί δεν εξηγούνται αλλά απλά τους δεχόμαστε ως έχουν, η κατανόησή τους, μέσω μιας αφήγησης που στηρίζεται σε μια συγκεκριμένη πλοκή¹, φαίνεται να είναι προβληματική.

Πρέπει επίσης να τονισθεί ότι οι περιγραφικές εξηγήσεις, κυρίως για μικρά παιδιά του δημοτικού, για να έχουν ενδιαφέρον, αλλά και για να υπάρξει ο ανθρώπινος παράγοντας (ή ανθρώπινο στοιχείο), οι φυσικές οντότητες (π.χ., ηλεκτρόνια, άτομα, μόρια) και οι φυσικές διαδικασίες (π.χ., κίνηση ηλεκτρονίων, εξάτμιση, απορρόφηση) μετατρέπονται αντίστοιχα σε 'πρωταγωνιστές' - εδώ μιλάμε για ανθρωπομορφισμό- και 'γεγονότα', αφού αυτοί οι δύο παράγοντες είναι κεντρικοί σε μια αφήγηση. Αυτό σίγουρα γίνεται - ίσως το πιο γνωστό παράδειγμα είναι ο κύκλος του νερού - αλλά είναι πιο κατάλληλο όπως ειπώθηκε, για μικρά παιδιά (με την έννοια ότι το βρίσκουν κάπως ενδιαφέρον) αλλά όχι για παιδιά των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού και του γυμνασίου (Hadzigeorgiou 2016).

Ακόμη κι αν θέλαμε να δημιουργήσουμε αφηγήσεις για όλα τα φαινόμενα, για όλες τις φυσικές έννοιες, δεν θα μπορούμε να το κάνουμε εύκολα, αλλά ούτε και με τρόπο τέτοιο που η αφήγηση να έχει πράγματι ενδιαφέρον για τους μαθητές (Hadzigeorgiou 2007, 2014, 2016, Hadzigeorgiou, Klassen, & Froese-Klassen 2012, Klassen & Froese-Klassen 2104). Επιπρόσθετα, το ανθρώπινο στοιχείο, και γενικά όλα τα στοιχεία που πρέπει να έχει μια αφήγηση², είναι ένα άλλο θέμα που χρειάζεται εξαιρετική προσοχή (Hadzigeorgiou & Stefanich 2001, Norris et al. 2005).

Παρόλα αυτά, η αφήγηση μπορεί όντως να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στο πλαίσιο της διδασκαλίας και εκμάθησης των φυσικών επιστημών και ο σκοπός αυτής της εισήγησης είναι ακριβώς να αναδείξει αυτόν το ρόλο. Διότι, πέρα από την εκμάθηση περιεχομένου (βλ. Hadzigeorgiou 2006, Kokkotas et al. 2010), που ενδιαφέρει συνήθως τους/τις εκπαιδευτικούς, η αφήγηση μπορεί να κάνει κατανοητή και τη διαδικασία, με την οποία έχει δημιουργηθεί η επιστημονική γνώση που πρέπει να διδαχθούν οι μαθητές/τριες και οι παράγοντες που εμπλέκονται σε αυτήν. Επιπρόσθετα, η αφήγηση μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο για την εισαγωγή των μαθητών/τριων στη διερευνητική διαδικασία, για την ανάπτυξη της 'ρομαντικής κατανόησης' αλλά και την ανάπτυξη της περιβαλλοντικής συνείδησης. Μάλιστα, με την ανάπτυξη των νευροεπιστημών, η χρήση της αφήγησης αποκτά ένα νέο ενδιαφέρον, αφού μπορούμε να δούμε με μια νέα ματιά το θέμα της συναισθηματικής εμπλοκής των παιδιών. Αν μάλιστα όλοι οι άνθρωποι σκέφτονται ' αφηγηματικά' σε καθημερινή βάση - εφόσον ο αφηγηματικός τρόπος σκέψης είναι ο ' φυσικός τρόπος σκέψης σε αντίθεση με τον παραδειγματικό ή λογικο-μαθηματικό (Bruner 1986, 1990) - τότε η ανάγκη να το εκμεταλλευθούμε αυτό αλλά και να διερευνήσουμε τους ρόλους που μπορεί να παίζει η αφήγηση είναι επιτακτική.

1 Άρα και το πλαίσιο εφαρμογής του νόμου είναι περιορισμένο στις συγκεκριμένες καταστάσεις, όπως αυτές αναδύονται από αυτήν την πλοκή.

2 Τέτοια στοιχεία/κριτήρια, με βάση τα οποία μπορούμε να αξιολογήσουμε αν μιλάμε για αφήγηση (ή πιο σωστά αν πρόκειται για κείμενο επιχειρηματολογικό, περιγραφικό,επεξηγηματικό ή αφηγηματικό) είναι: Πρωταγωνιστές/τριες, δράσεις, καταστάσεις/γεγονότα, παρελθόντας χρόνος, πλοκή, αφηγηματικό ενδιαφέρον, κριτικές επιλογές από τον κύριο/α πρωταγωνιστή/τρια (Klassen & Froese-Klassen, 2014a, Norris et al., 2005).

Η ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΜΠΛΟΚΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ

Ένα από τα επιχειρήματα που χρησιμοποιούνται για τη χρήση της αφήγησης έχει να κάνει με το γεγονός ότι τόσο τα παιδιά όσο και οι ενήλικες δείχνουν ενδιαφέρον για μια αφήγηση, είτε πρόκειται για γεγονότα που έχουν πράγματι συμβεί είτε ακόμη και για μια φανταστική ιστορία (π.χ., ένα μύθο, ένα παραμύθι για την περίπτωση των μικρών παιδιών). Αυτό, το ενδιαφέρον, με βάση τις σύγχρονες έρευνες στο χώρο των νευροεπιστημών αποκτά ένα ιδιαίτερο παιδαγωγικό ενδιαφέρον. Γιατί; Παρά το γεγονός ότι η ανθρώπινη σκέψη πλανάται συνεχώς – μέχρι και 100 ονειροπολήσεις την ώρα φτάνουν κάποια άτομα – όταν κάποιος/α ακούει μια αφήγηση, η οποία του/της προκάλει το ενδιαφέρον¹, η προσοχή του/της εστιάζεται στο περιεχόμενο (ή την πλοκή) της αφήγησης, χωρίς καν να ονειροπολεί (Gottschall 2012).

Επειδή η αφήγηση, αν χρησιμοποιηθεί ως διδακτικό εργαλείο, αναφέρεται σε διδακτικό περιεχόμενο (είτε ενσωματωμένο μέσα στην πλοκή των γεγονότων, είτε αναδύεται από αυτά), δίνεται στα παιδιά η ευκαιρία, όχι απλά να δραστηριοποιηθούν – κάτι που θα μπορούσε να συμβεί λόγω και άλλων παραγόντων -, αλλά να εμπλακούν με το διδακτικό περιεχόμενο αυτό καθεαυτό (Hadzigeorgiou 2008, 2012, Pugh 2011). Μια σχετικά πρόσφατη εμπειρική μελέτη δείχνει ότι μια ιστορία που βρίσκουν οι μαθητές/τριες ενδιαφέρουσα, λόγω συγκεκριμένων στοιχείων που περιέχει, μπορεί κυριολεκτικά να «βγάλει» τις φυσικές επιστήμες από το χώρο του σχολείου και να τους/τις κάνει να ασχολούνται με τις επιστημονικές ιδέες που σχετιζόνταν με την πλοκή της ιστορίας που τους αφηγήθηκε ο/η εκπαιδευτικός (Hadzigeorgiou, Klassen, & Froese-Klassen 2012). Αν σήμερα ο κατευθυντήριος σκοπός της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών είναι ο επιστημονικός εγγραμματισμός², τότε η χρήση της αφήγησης μπορεί να συμβάλει στο να κάνει πιο ελκυστικές τις φυσικές επιστήμες και στα δύο φύλα (Avraamidou & Osborne 2009, Hadzigeorgiou 2006, Norris et al. 2005). Για τα κορίτσια, ωστόσο, αυτό φαίνεται να είναι πιο σημαντικό δεδομένου ότι οι διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα σχετικά με τις στάσεις τους απέναντι στις επιστήμες δεν μπορεί να εξηγηθούν με βάση τις λογικο-μαθηματικές ικανότητές τους (Wang et al. 2013)³.

Η εμπλοκή των μαθητών/τριων με το διδακτικό περιεχόμενο μπορεί επίσης να γίνει αν τους δοθεί η δυνατότητα να δημιουργήσουν οι ίδιοι/ες αφηγήσεις περιστατικών

1 Είναι λογικό ότι μια αφήγηση πρέπει να προκαλεί το ενδιαφέρον από την αρχή μέχρι το τέλος και να θέλει έτσι κάποιος/α να την ακούσει. Αυτό ονομάζεται αφηγηματικό ενδιαφέρον (narrative appetite σύμφωνα με τους Norris et al. 2005) και θεωρείται, προφανώς, ένα από τα κριτήρια που πρέπει να ικανοποιεί μια αφήγηση. Γι' αυτόν τον λόγο απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη δημιουργία μιας ιστορίας.

2 Τα σλόγκαν που σχετίζονται με τον επιστημονικό εγγραμματισμό είναι η 'Επιστήμη για Όλους/ες' και η 'Δημόσια Κατανόηση της Επιστήμης'. Όμως, επειδή η λέξη 'Όλους/ες' αναφέρεται και σε αυτούς που θα ακολουθήσουν μια καριέρα στις επιστήμες, φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα σύγκρουσης σκοπών που απορρέουν από αυτόν τον γενικό/κατευθυντήριο σκοπό (Hadzigeorgiou 2015).

3 Βρέθηκε ότι άτομα με υψηλές μαθηματικές και γλωσσικές ικανότητες δεν επιλέγουν να ακολουθήσουν καριέρα σε επιστημονικά πεδία όπως μαθηματικά, φυσικές επιστήμες και μηχανολογία σε σύγκριση με άτομα που έχουν μόνο μαθηματικές ικανότητες. Και τα άτομα με τις υψηλές μαθηματικές και γλωσσικές ικανότητες ήταν γυναίκες.

(ή ακόμη και ιστορίες φανταστικές) που αναφέρονται στο διδακτικό περιεχόμενο – κάτι που μπορεί να χρησιμεύσει και ως εργαλείο αξιολόγησης από την πλευρά του/της εκπαιδευτικού - αλλά και να προσεγγίσουν τις φυσικές επιστήμες μέσα από λογοτεχνικά (αφηγηματικά) κείμενα, ακόμη και μέσα από κείμενα επιστημονικής φαντασίας¹ (Χατζηγεωργίου 2000).

Ο ΕΞΑΝΘΡΩΠΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

Ο εξανθρωπισμός της επιστημονικής γνώσης, και ιδιαίτερα της γνώσης που αφορά τις φυσικές επιστήμες, έχει να κάνει με τη σχέση της γνώσης με το ανθρώπινο στοιχείο. Λόγω της φύσης των φυσικών επιστημών – οι οποίες όντως δεν είναι ανθρωπιστικές επιστήμες – αλλά και λόγω του τρόπου διδασκαλίας, πολλοί μαθητές/τριες πιστεύουν ότι η γνώση είναι απλά ένα τελικό προϊόν, κάτι το αντικειμενικό, κάτι που είναι αποστασιοποιημένο από τον άνθρωπο. Αυτό όντως ισχύει. Ακόμη και στη σχολική της εκδοχή, η επιστημονική γνώση είναι γνώση συνήθως αποκομμένη από το ανθρώπινο στοιχείο². Αν και η ιδέα της αντικειμενικότητας έχει αρχίσει να αμφισβητείται (Kuhn 1970, Hadzigeorgiou 2016), η επιστημονική γνώση είναι γνώση που όντως δεν έχει σχέση με τα ανθρώπινα συναισθήματα και προβλήματα. Όμως για την περίπτωση της διδασκαλίας αυτής της γνώσης χρειάζεται να γίνει μια διαφοροποίηση ανάμεσα σε επιστημονική γνώση, όπως αυτή είναι διατυπωμένη και οργανωμένη στον επιστημονικό χώρο αυτόν καθαυτόν και στη γνώση, όπως αυτή θα διατυπωθεί και θα οργανωθεί στο αναλυτικό πρόγραμμα, προκειμένου η οργάνωση και η διατύπωση αυτή να συμβάλλει στην εκμάθησή της (Χατζηγεωργίου 2006).

Αν, ωστόσο, λάβουμε υπόψη μας ότι η επιστημονική γνώση δεν μπορεί να αναφέρεται μόνο στο περιεχόμενό της, αλλά επίσης και στη διαδικασία (ή στον τρόπο διερεύνησης) με την οποία αποκτάται και αναπτύσσεται, τότε η επιστημονική γνώση δεν μπορεί να θεωρηθεί ως κάτι ξεκομμένο από τις ανθρώπινες ελπίδες, φιλοδοξίες, επιτυχίες, αποτυχίες και γενικά τα προβλήματα που συνδέονται με τη δημιουργία και την ανάπτυξή της. Η αφήγηση μιας ιστορίας βασισμένης στην ιστορία των φυσικών επιστημών μπορεί να αναδείξει το ανθρώπινο πλαίσιο μέσα στο οποίο δημιουργήθηκε η επιστημονική γνώση³. Το πλαίσιο αυτό, αν και από μία καθαρά εμπειριστική και ορθολογική

1 Παρόλο που χρειάζεται προσοχή στη χρήση κειμένων επιστημονικής φαντασίας, η σημασία τους στο πλαίσιο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών πρέπει όντως να σημειωθεί για τέσσερις τουλάχιστον λόγους: (1) Ευκαιρίες για συζήτηση εννοιών και αρχών που εξηγούν φαινόμενα που παρουσιάζονται στο κείμενο επιστημονικής φαντασίας, (2) Εντοπισμός παρανοήσεων και λανθασμένων ιδεών στο κείμενο αυτό, (3) Ευκαιρίες για συζήτηση μεταφυσικών θεμάτων (π.χ., η φύση του χώρου και του χρόνου, η φύση της ανθρώπινης συνείδησης, η αρχή του σύμπαντος) και (4) Συνειδητοποίηση της σχέσης ανάμεσα σε επιστήμη, κοινωνία και το ευρύτερο πολιτισμικό πλαίσιο (Hadzigeorgiou, 2016).

2 Οι φυσικές επιστήμες παρουσιάζονται ως απλές περιγραφές του φυσικού κόσμου παρά ως ανθρώπινη δραστηριότητα που στοχεύει στην κατανόηση του κόσμου.

3 Όπως υποστηρίζει ο Lemke (1990), «Περιγραφές που αναφέρονται στο πώς είναι τα άτομα ή η Γη τείνουν να είναι λιγότερο ενδιαφέρουσες από περιγραφές που αναφέρονται στους ανθρώπους και σε αυτά που έκαναν για να δημιουργήσουν αυτές τις γνωστές ιδέες (pp. 130-131).

προσέγγιση της επιστημονικής διαδικασίας δεν έχει καν νόημα¹, θεωρείται σημαντικό από φιλοσόφους και ιστορικούς των επιστημών (βλ. Klassen & Froese-Klassen 2014; Martin & Brouwer 1991, Stinner & Teichmann 2003). Μάλιστα υπάρχουν και εμπειρικά δεδομένα που δείχνουν ότι οι αποτυχίες, τα προβλήματα που συναντούν και γενικά ο αγώνας που κάνουν οι επιστήμονες για να δημιουργήσουν γνώση αποτελεί κίνητρο για την εκμάθηση της φυσικής (Hong & Lin-Siegler 2012).²

Για παράδειγμα, μέσω αφήγησης μπορούν οι μαθητές/τριες να μάθουν για το κυριολεκτικά ηρωικό κουράγιο του Γαλιλαίου, ο οποίος αν και τυφλός τα τελευταία χρόνια της ζωής του, συνέχισε να ασχολείται με τις επαναστατικές του ιδέες, βοηθούμενος από τον γιό του, αλλά και για το πάθος του Benjamin Franklin, ο οποίος ανέβηκε στην κορυφή μιας εκκλησίας, αφηφώντας τις αστραπές και τους κεραυνούς, για να δέσει ένα μεταλλικό κλειδί στην άκρη ενός αετού προκειμένου να δείξει τη σχέση ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και τον κεραυνό. Μπορούν επίσης να μάθουν για διαμάχες ανάμεσα σε επιστήμονες, (π.χ., ανάμεσα στους Volta and Galvani σχετικά με τη φύση του ηλεκτρικού ρεύματος, ή ανάμεσα στους Edison and Tesla, σχετικά με την παραγωγή και χρήση του εναλλασσόμενου ρεύματος), οι οποίες πάντα συνοδεύονται από τα στοιχεία του χαρακτήρα των επιστημόνων αλλά και από έντονα συναισθήματα (π.χ., επιμονή, υπομονή, εφευρετικότητα, πάθος, φιλοδοξία, πικρία, χαρά). Τα παραδείγματα αυτά δείχνουν την ανθρώπινη διάσταση της επιστημονικής γνώσης, η οποία δεν μπορεί να αναδυθεί μέσα από δημοσιευμένα άρθρα και βιβλία. Η διάσταση αυτή, ωστόσο, σχετίζεται, προφανώς με την ίδια τη φύση των φυσικών επιστημών.

Η ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗ ΜΕ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Δεδομένης της έμφασης που έχει δοθεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες στην κατανόηση της φύσης των φυσικών επιστημών (NRC 1996, 2007, Hadzi-georgiou 2015, Schwartz, Lederman, & Crawford 2004), ο τρόπος με τον οποίο θα λάβει χώρα η εκμάθηση των ιδεών σχετικά με αυτή τη φύση παραμένει παραμένει πάντα ένα ζητούμενο. Υποστηρίζεται ότι η άμεση (ή μετωπική) διδασκαλία των ιδεών αυτών αποτελεί τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο (Lederman 2004, McComas 1998). Ωστόσο, η αφήγηση, αν και με έμμεσο τρόπο, μπορεί επίσης να παρουσιάσει στους/στις μαθητές/τριες κάποιες, αν όχι όλες, από αυτές τις ιδέες.

Κατ' αρχήν, γεγονότα από την ίδια την ιστορία των φυσικών επιστημών δείχνουν, όχι μόνο το αθρόα πλαίσιο, μέσα στο οποίο δημιουργείται και αναπτύσσεται η επιστημονική γνώση (κυρίως τις αποτυχίες των επιστημόνων), αλλά και το ότι η γνώση αυτή δεν είναι απόλυτη, δηλαδή, αν και γνώση με διάρκεια, μπορεί στο μέλλον να

¹ Σε αντίθεση με τις ανθρωπιστικές επιστήμες, όπου το άτομο που γράφει, διερωτάται, διερευνά είναι κεντρικής σημασίας, στις φυσικές επιστήμες δεν ενδιαφέρει και πάρα πολύ – εκτός για ιστορικούς λόγους – εφόσον ένας νόμος, μια αρχή περιέχει μόνο μαθηματικά σύμβολα και έχει καθολική ισχύ (ανεξάρτητα από τον/την επιστήμονα που τον ανακάλυψε ή το δημιούργησε).

² Τα άτομα του δείγματος που άκουσαν μια ιστορία που περιείχε πληροφορίες για τα προβλήματα και τις αποτυχίες των επιστημόνων είχαν μεγαλύτερη επιτυχία σε κάποιο τεστ πάνω σε συγκεκριμένο περιεχόμενο φυσικής σε σχέση με τα άτομα που άκουσαν μια ιστορία η οποία παρουσίασε τις επιτυχίες των επιστημόνων (π.χ., Γαλιλαίος, Νεύτωνας)

αναθεωρηθεί (αν βρεθεί ανεπαρκής να εξηγήσει κάποια φαινόμενα, αν άλλες στοιχεία/πληροφορίες οδηγούν στην αναθεώρηση)¹. Άλλες ιδέες είναι ότι (α) η επιστήμη στηρίζεται σε δεδομένα που αιτιολογούν το «πώς γνωρίζουμε αυτά που γνωρίζουμε» και όχι μόνο στην πίστη ή τη διαίσθηση, ακόμη και τη λογική, (β) οι επιστήμονες από τα δύο φύλα και όλες τις εθνικότητες και κουλτούρες έχουν συμβάλει στην ανάπτυξη της γνώσης² (και έτσι να γίνει κατανοητό ότι η ιδέα του «μοναχικού σταρ» στην επιστήμη μάλλον δεν ισχύει), (γ) η επιστήμη έχει μια κοινωνικο-πολιτισμική διάσταση³, (δ) οι επιστήμονες είναι άτομα δημιουργικά, (ε) υπάρχει διαμάχη ανάμεσα σε επιστήμονες που υποστηρίζουν ο κάθε ένας/η κάθε μια τις δικές του/της ιδέες⁴, και (στ) δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη επιστημονική μέθοδος (Hadzigeorgiou 2006, Heering 2010, Hadzigeorgiou & Stefanich 2001).

Η τελευταία ιδέα είναι πολύ σημαντικό να κατανοηθεί από τους/τις μαθητές/τριες, επειδή ακριβώς με την εμπειριστική προσέγγιση στις φυσικές επιστήμες υπήρχε διάχυτη η άποψη ότι υπάρχει η λεγόμενη 'επιστημονική μέθοδος' (Stefanich & Hadzigeorgiou, 2001). Μέσω γεγονότων/περιστατικών από την ιστορία των φυσικών επιστημών μπορούν ο μαθητές/τριες να κατανοήσουν ότι δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη μέθοδος που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες στην προσπάθειά τους να εξηγήσουν το φυσικό κόσμο. Για παράδειγμα, ενώ ο Γαλιλαίος έκανε πολλά πειράματα (με σανίδες οι

1 Η κατανόηση σχετική με την αλλαγή/εξέλιξη των ιδεών μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω αφήγησης ιστοριών βασισμένες στην ιστορία των φυσικών επιστημών (π.χ., Η ιστορία της κίνησης: Από τον Αριστοτέλη στο Γαλιλαίο και Νεύτωνα, Η ιστορία της θερμότητας: Από τον Joseph Black και Count Rumford στον Robert Mayer και James Joule, Η ιστορία της βαρύτητας: Από τον Νεύτωνα στον Αϊνστάϊν). Τέτοιες αφηγήσεις είναι πολύ σημαντικές από καθαρά διδακτική σκοπιά αφού δείχνουν στους/στις μαθητές/τριες το ότι η αμφιβολία, η αμφισβήτηση, η αβεβαιότητα και γενικά η διανοητική πάλη κάποιου/κάποιας να κατανοήσει μια ιδέα αποτέλεσαν αναπόσπαστο κομμάτι της επιστημονικής διαδικασίας και ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης. Με αυτό το σκεπτικό, τα στοιχεία αυτά έχουν όντως θέση στη διαδικασία της εκμάθησης των φυσικών επιστημών. Δεν μπορεί ένας/μία επιστήμονας να είχε πρόβλημα να κατανοήσει μια ιδέα - να είχε μάλιστα ασχοληθεί ίσως και για χρόνια με αυτήν την ιδέα – και σήμερα ο/η εκπαιδευτικός να αναμένει από τους μαθητές/τριες να την αποδεχθούν και να τη μάθουν επειδή «έτσι μας λέει» η αυθεντία της επιστήμης. Προφανώς οι ιστορίες αυτές μπορεί να είναι σύντομες και να αναφέρονται απόκλειστικά στο πώς εξελίχθηκε μία ιδέα (π.χ., από το καλορικό στη μοριακή κίνηση για την έννοια της θερμότητας, από το φλογιστόν στο οξυγόνο για να εξηγηθεί το φαινόμενο της καύσης) ή ακόμη στο πώς ένας επιστήμονας καταρρίπτεται από έναν άλλον (π.χ., από τον Hertz στον Thomson, σχετικά με τη φύση τωω καθοδικών ακτίνων, και την ανακάλυψη από τον τελευταίο του ηλεκτρονίου).

2 Για παράδειγμα, η γνώση μας για την έννοια της θερμότητας οφείλεται στη συμβολή από τους: Joseph Black από Σκωτία, Benjamin Thomson or Count Rumford από την Αμερική, Humphrey Davy από Αγγλία, Jacques Charles από Γαλλία, Robert Mayer από Γερμανία, και James Joule από Αμερική).

3 Ως παραδείγματα, μπορεί να αναφερθούν ο Lavoisier του οποίου η προσφορά είχε εκτιμηθεί από το Γαλλικό κράτος, διορίστηκε υπεύθυνος στο Κρατικό Οπλοστάσιο, το οποίο παρήγαγε πυρίτιδα και του επιτράπηκε να στήσει εκεί το εργαστήριό του, ενώ εργότερα διορίστηκε φοροεισπράκτορας, και τελικά έχασε τη ζωή με αποκεφαλισμό για καθαρά πολιτικούς λόγους, Ο Δαρβίνος, που δίστασε να ανακινώσει τις ιδέες του περί εξέλιξης φοβούμενος την αντίδραση από την εκκλησία. Ωστόσο οι περιπτώσεις των Tesla και Wegener δείχνουν ότι επιστήμονες που βρίσκονται έξω από την επιστημονική κοινότητα έχουν δυσκολία να κάνουν τις ιδέες τους αποδεκτές από αυτήν την κοινότητα.

4 Υπάρχουν πολλά παραδείγματα όπως η διαμάχη ανάμεσα σε Volta και Galvani, Edison και Tesla, αλλά επίσης ανάμεσα στο Λόρδο Kelvin (William Thomson) και τον T.H. Huxley όσον αφορά την ηλικία της γής (και τελικά, παρά την υπεροψία του, είχε άδικο).

οποίες έφεραν μια αυλάκωση για να μπορούν να κυλούν επάνω της διάφορα σφαιρίδια) όπως και Rutherford (βομβαρδίζοντας φύλλα χρυσού με πυρήνες ηλίου) μέχρι να προτείνει το γνωστό πλανητικό μοντέλο (με πυρήνα στον κέντρο και τα ηλεκτρόνια σε διάφορες τροχιές). Οι Crick και Watson χρησιμοποίησαν τα πειραματικά δεδομένα άλλων ερευνητών. Ο Bohr, από την άλλη, χρησιμοποίησε το μοντέλο το Rutherford και την ιδέα της κβάντωσης της ενέργειας το Planck για να εξηγήσει τη σταθερότητα των ατόμων. Ο Wegener, από την άλλη μεριά, αν και πρότεινε τη θεωρία του περί Παγγαίας, από την οποία δημιουργήθηκαν όλοι οι ήπειροι (έχοντας και στοιχεία από απολιθώματα από τη Βραζιλία και την Αφρική για να τη στηρίξει) δεν έγινε αποδεκτή γιατί, όπως υποστήριξε η επιστημονική κοινότητα, χρειάστηκαν και άλλα εμπειρικά δεδομένα και πήρε περίπου μισό αιώνα για να γίνει αποδεκτή (βλ. McComas & Kampourakis 2015, Χατζηγεωργίου 2000).

Σχετική με την ιδέα ότι δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη μέθοδος που ακολουθούν οι επιστήμονες είναι και το ότι δεν υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά (π.χ., η εκτέλεση πειραμάτων, η πρόβλεψη και η προσεχτική παρατήρηση και καταγραφή των παρατηρήσεων) που είναι κοινά σε όλες τις επιστήμες (Hadzigeorgiou 2016). Μια αφήγηση που παρουσιάζει επιστήμονες από διάφορες επιστήμες μπορεί να βοηθήσει τους/τις μαθητές/τριες να κατανοήσουν, για παράδειγμα, ότι ενώ οι αστρονόμοι δεν εκτελούν πειράματα αλλά παρατηρούν προσεχτικά και κάνουν προβλέψεις, οι θεωρητικοί φυσικοί δεν εκτελούν πειράματα και ούτε παρατηρούν, και μάλιστα μπορεί να μη κάνουν και καμία πρόβλεψη (σε σύγκριση με τους αστρολόγους, ο οποίοι αν και παρατηρούν, καταγράφουν και προβλέπουν, δεν θεωρούνται επιστήμονες).

Μια ιδέα, ωστόσο, που δεν αναφέρεται ρητά από όλους όσους ασχολούνται με τη φύση των επιστημών είναι ότι κάποιες ‘επαναστατικές’ επιστημονικές ιδέες δεν γίνονται αρχικά αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα (Di Trocchio 1997, επίσης Miller 2001). Αυτό, αν και έχει να κάνει με το ότι η επιστήμη έχει μια καθαρά κοινωνική διάσταση, πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα, εφόσον ιδέες που φάνηκαν αρχικά να είναι παράλογες κατέληξαν σήμερα να αποτελούν σήμερα επιστημονική γνώση (π.χ., ο Max Planck είχε πει στον νεαρό Einstein να μη διανοηθεί καν να συμπεριλάβει τη βαρύτητα στη θεωρία της γενικής σχετικότητας γιατί θα γίνει ρεζίλι).

Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΝΑ ΦΑΝΤΑΣΘΟΥΝ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟΝ ΤΟΥΣ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΤΡΙΕΣ ΝΑ ΑΣΧΟΛΕΙΤΑΙ ΜΕ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Η αφήγηση γεγονότων από την ιστορία των φυσικών επιστημών, ή ακόμη και μια αφήγηση που παρουσιάζει κάποιον/α επιστήμονα, βοηθά τους/τις μαθητές/τριες να φαντασθούν τη δυνατότητα να «κάνουν» οι ίδιοι/ες φυσικές επιστήμες. Με δεδομένο ότι η εκμάθηση των φυσικών επιστημών δεν έχει να κάνει απλά με την οικοδόμηση της γνώσης αλλά με το θέμα της προσωπικής ταυτότητας των μαθητών/τριων (βλ. Χατζηγεωργίου 2006), το να φαντασθεί ένα παιδί τη δυνατότητα να ασχολείται με τις φυσικές επιστήμες, βλέποντας ότι με τις φυσικές επιστήμες έχουν ασχοληθεί (ή ασχολούνται) άνθρωποι - και όχι υπεράνθρωποι με τελειώς ξεχωριστές διανοητικές ικανότητες - είναι άκρως σημαντικό. Γι’ αυτόν τον λόγο τονίσθηκε προηγουμένως ότι

στην αφήγηση καλόν είναι να παρουσιάζονται όχι μόνο οι επιτυχίες αλλά και τα προβλήματα και οι αποτυχίες, και ακόμη ότι χρειάστηκε υπομονή και επιμονή, αλλά και η συμβολή άλλων επιστημόνων. Η πίστη στη δυνατότητα αυτή θα μπορούσε να ενισχυθεί αν (α) οι μαθητές/τριες καλούνταν να επαναλάβουν πειράματα¹ που πραγματοποιήθηκαν από διάσημους επιστήμονες (π.χ., Galileo, Newton, Volta, Faraday, Oersted) και (β) αν προσπαθούσαν να βοηθήσουν τον ήρωα ή την ηρωίδα της αφήγησης να λύσει κάποιο πρόβλημα που εμπλέκει τις φυσικές επιστήμες.

Η ΚΑΤΑΝΟΣΗ ΤΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ

Μέσω αφήγησης, η οποία αναφέρεται στην εξέλιξη των επιστημονικών εννοιών, οι μαθητές/τριες μπορούν να καταλάβουν καλύτερα μια έννοια, μια ιδέα, εφόσον κατανοούν την κατάσταση προβληματισμού από την οποία προέρχεται. Για παράδειγμα, η ιδέα των διακριτών τροχών του ατόμου, η οποία φαίνεται τελείως ανεξήγητη στους/στις μαθητές/τριες, γίνεται κατανοητή με μια σύντομη αφήγηση σχετική με το πρόβλημα που αντιμετώπισε ο Bohr (π.χ., η σταθερότητα του ατόμου, παρά το γεγονός ότι με βάση την ηλεκτροδυναμική πρέπει να χάνει ενέργεια και επομένως να πέφτει πάνω στον πυρήνα, οδηγεί τον Bohr να προτείνει διακριτές τροχιές).

Τα παραδείγματα από το χώρο των επιστημών είναι πολλά αλλά μπορούμε να αναφέρουμε την κατανόηση της ιδέας της κβάντωση της ενέργειας από τον Planck, την ιδέα της ελεύθερης πτώσης από τα πειράματα του Γαλιλαίου, τα πειράματα του Count Rumford που οδηγούν στην κατάρριψη της θεωρίας του καλορικού, το πείραμα του Joseph Black που, χρησιμοποιώντας ένα λύχνο, ένα σιδερένιο δίσκο και ένα κουβά με νερό, άρχισε να συνειδητοποιεί ότι η θερμότητα είναι προφανώς ένα ποσό από κάτι που προσφέρω μέσω του λίκνου, ενώ η θερμοκρασία είναι ο βαθμός του πόσο ζεστό είναι ένα σώμα, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της διαφοράς ανάμεσα σε θερμότητα και θερμοκρασία (Hadzigeorgίου 2016, βλ επίσης Einstein & Infeld 1966, Popper 1972).

Από την άλλη πλευρά, η διανοητική πάλη που βιώνει ένας επιστήμονας να αποδεχθεί μια ιδέα (π.χ., ο Einstein να αποδεχθεί την κβαντική θεωρία, ο Poincare να αποδεχθεί τη διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην επιφάνεια της γης, ο Rebert Boyle να αποδεχθεί την έννοια του κενού) μπορεί να βοηθήσει ένα/μια μαθητή/τρια (π.χ., ακούγοντας την αφήγηση του περιστατικού με τους νεαρούς Heisenberg και Einstein να περπατούν στο δάσος και να εξομολογείται ο δεύτερος το πρόβλημα να κατανοήσει αυτά που προτείνει ο πρώτος) να συνειδητοποιήσει ότι είναι φυσικό να έχει δυσκολίες, αφού μεγάλοι επιστήμονες είχαν τις ίδιες δυσκολίες με αυτόν/ή. Αυτό, αν και δεν οδηγεί στην κατανόηση μιας ιδέας, εμπνυχώνει κατά κάποιο τρόπο τον/την μαθητή/τρια για να συνεχίσει την προσπάθειά του/της να καταλάβει. Επίσης, η ιδέα ότι μια αφήγηση έχει τη δύναμη να πείσει κάποιον/α για κάτι μπορεί να θεωρηθεί χρήσιμο για να προσεγγισθεί το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής (Martin & Brouwer 1991).

¹ Χρειάζεται προσοχή γιατί τα πειράματα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εκτελούνται με μια σχετική επιτυχία, παρόλο που μια αποτυχία όντως μπορεί να συμβεί.

Η ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ

Είναι γνωστό ότι το κυριότερο χαρακτηριστικό της διερευνητικής διαδικασίας είναι η χρήση των επιστημονικών διαδικασιών (π.χ., παρατήρηση, ταξινόμηση, πρόβλεψη, διατύπωση υποθέσεων, πειραματισμός) προκειμένου να μελετήσουν οι μαθητές/τριες φαινόμενα και να απαντήσουν σε αρχικά ερωτήματα, αλλά και σε ερωτήματα που τίθενται κατά τη διάρκεια της διερεύνησης (NRC 2000, 2007). Το ερώτημα, ωστόσο, που τίθεται είναι πώς θα ενθαρρύνει ο/η εκπαιδευτικός τους/τις μαθητές/τριες να θέτουν ερωτήματα, και μάλιστα ποια θα είναι τα αρχικά ερωτήματα με τα οποία πιθανόν να ξεκινήσει η διερευνητική διαδικασία.

Με δεδομένο ότι στους/στις μαθητές/τριες όλων σχεδόν των ηλικιών αρέσουν τα μυστήρια, η αφήγηση μιας ιστορίας που παρουσιάζει κάποιο μυστήριο αποτελεί ένα αποτελεσματικό διδακτικό εργαλείο. Έτσι, για παράδειγμα, αντί να κάνει ο/η εκπαιδευτικός την ερώτηση «ποιες είναι οι ιδιότητες των ουσιών που έχουν τη μορφή άσπρης σκόνης (π.χ., ζάχαρη, αλεύρι, γύψο);» θα μπορούσε να τους πει μια ιστορία, στην πλοκή της οποίας παρουσιάζονται αυτές οι ουσίες, ως μυστηριώδεις ουσίες, και οι μαθητές/τριες θα παίξουν το ρόλο του ντεντέκτιβ για να λύσουν το μυστηριώδες πρόβλημα. Το 'τρικ' εδώ είναι να δημιουργηθεί μια σύντομη ιστορία από την πλοκή της οποίας θα τίθεται (ή θα αναδύεται) το ερώτημα που θα διερευνήσουν οι μαθητές/τριες. Διαφορετικά μπορεί να χρησιμοποιηθούν πραγματικά μυστηριώδη γεγονότα.¹ Βέβαια, αφηγήσεις που αφορούν κάποιο πρόβλημα που έχει να λύσει κάποιος ήρωας/ηρωίδα (π.χ., πώς να μεταφέρει νερό από κάποιο υδραγωγείο σε μια πισίνα) και θα πρέπει μετά την αφήγηση να τον/την βοηθήσουν οι μαθητές/τριες να λύσει το πρόβλημα αυτό αποτελεί επίσης μια καλή στρατηγική (βλ. Corni et al. 2010).

Γεγονότα, ωστόσο, από την ιστορία των φυσικών επιστημών, και πιο συγκεκριμένα από τη ζωή των διάσημων επιστημόνων, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν (βλ. Klassen & Froese-Klassen 2014, Kokkotas et al. 2010, Stinner 1995, Χατζηγεωργίου 2000). Σε αυτήν την περίπτωση, η διερεύνηση αρχίζει μετά την αφήγηση περιστατικών, τα οποία μπορεί να κεντρίσουν την περιέργεια και να προκαλέσουν την έκπληξη, ίσως και το θαυμασμό, των μαθητών/τριων. Ως παραδείγματα, θα μπορούσε να διερευνηθεί από τι εξαρτάται η περίοδος ενός εκκρεμούς, μετά την αφήγηση σχετική με τον νεαρό Γαλιλαίο, φοιτητή τότε ιατρικής, στον καθεδρικό ναό της

1 Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το γεγονός που συνέβη την ημέρα που πέθανε η Queen Victoria στις 2 Φεβρουαρίου του 1901. Συνέβη, λοιπόν, κάτι παράξενο και μυστηριώδες. Ο ήχος από τα κανόνια, ενώ δεν ακούσθηκαν στη γύρω περιοχή του Λονδίνου, ακούσθηκαν σε απόσταση 150 km από το Λονδίνο. Η αφήγηση αυτού του γεγονότος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εισάγει, μέσω διερεύνησης, την έννοια του ήχου και αυτή της περίθλασης του ήχου (Hadziageorgiou, 2016).

Πίτσας,¹ και το πόσο μεγάλη δύναμη ασκεί ο αέρας στα σώματα, μετά την αφήγηση σχετική με το πείραμα του Μαγδεμβούργου.²

Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ "ΡΟΜΑΝΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ"

Ένα σημαντικό πρόβλημα στο χώρο της διδακτικής είναι η ανάπτυξη του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών για το περιχόμενο που πρόκειται να μάθουν. Το πώς, λοιπόν, θα βοηθήσουμε με κάποιο τρόπο τους μαθητές/τριες να βρουν ενδιαφέρον το διδακτικό περιεχόμενο αποτελεί μια πρόκληση. Η έννοια της 'ρομαντικής κατανόησης' μπορεί να βοηθήσει σ' αυτήν την κατεύθυνση, αν πράγματι δοθεί η ευκαιρία στους/στις μαθητές/τριες να κατανοήσουν το διδακτικό περιεχόμενο 'ρομαντικά'. Διότι αν και η έννοια του «ρομαντισμού» πρωτο-αναφέρθηκε από τον Άγγλο μαθηματικό και φιλόσοφο Alfred North Whitehead (1929/1985)³, ο Kieran Egan (1997, 2005) ήταν αυτός που χρησιμοποίησε τον όρο 'ρομαντική κατανόηση' σε μια εκπαιδευτική θεωρία⁴.

Ως 'ρομαντική κατανόηση' θεωρείται ένα είδος κατανόησης που αναπτύσσουν τα παιδιά ηλικίας 7/8 έως 14/15, το οποίο εστιάζει στην ανθρώπινη διάσταση της γνώσης, στις ακραίες καταστάσεις της πραγματικότητας ή της ανθρώπινης εμπειρίας, σε ήρωες/ηρωίδες (που ενσαρκώνουν αξίες και ικανότητες που βρίσκουν τα παιδιά σημαντικές για να αντιμετωπίσουν τον πραγματικό κόσμο), στην αμφισβήτηση του κατεστημένου, στο μυστήριο και την έκπληξη. Στο πλαίσιο της διδακτικής πράξης, η ανάπτυξη της ρομαντικής κατανόησης προϋποθέτει τη σύνδεση της επιστημονικής γνώσης με τα ρομαντικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν⁵. Μια ιστορία, η οποία ενσωματώνει στην πλοκή της αυτά τα στοιχεία – όσο περισσότερα τόσο το καλύτερο – μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη της ρομαντικής κατανόησης. Εμπειρική έρευνα έδειξε ότι τα ρομαντικά χαρακτηριστικά μπορεί όντως να αξιολογηθούν μέσα από ανάλυση περιεχομένου των ημερολογίων των μαθητών (Hadzigeorgiou, Klassen, & Froese-Klassen 2012). Αυτή η έρευνα, ωστόσο, έδειξε και κάτι άλλο: μια ιστορία με τα ρομαντικά

1 Ο Γαλιλαίος, για κάποιο λόγο, άρχισε να παρατηρεί τον κεντρική λάμπα να αιωρείται και να συνειδητοποιεί –αφού μέτρησε με το σφυγμό του την περίοδό της – ότι η περίοδος της λάμπας – ο χρόνος μιας της πλήρους αιώρησης - είναι ανεξάρτητη από το πλάτος της.

2 Ένας/μία εκπαιδευτικός που έχει σκοπό να διδάξει την έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης μέσω διερεύνησης, μπορεί να πει την ιστορία σχετική με τον Otto von Guericke, δήμαρχο του Μαγδεμβούργου και το έξυπνο πείραμά του. Χρησιμοποιώντας δύο χάλκινα ημισφαίρια (άδεια) με διάμετρο 60cm, ο von Guericke τα ένωσε φέρνοντάς τα σε επαφή και αφαίρεσε τον αέρα που υπήρχε μέσα στα ημισφαίρια. Στη συνέχεια εξέπληξε τους συμπολίτες του αφού 2 ομάδες από 8 άτομα η κάθε μία που τραβούσαν τα ημισφαίρια (σε αντίθετες πλευρές) δεν μπόρεσαν να τα ξεκολλήσουν.

3 Ο Whitehead πρότεινε ότι ένα γνωστικό αντικείμενο μπορεί να παρουσιασθεί σε 3 στάδια, δηλαδή το στάδιο του ρομαντισμού, το στάδιο της ακρίβειας και αυτό της γενίκευσης. Πρέπει στην αρχή οι μαθητές/τριες να αναπτύξουν μια ρομαντική σχέση με το διδακτικό αντικείμενο πριν προχωρήσουν στη ακριβή μελέτη του και προτού προβούν σε γενικεύσεις.

4 Σύμφωνα με τον Egan, η εκπαιδευτική θεωρία μπορεί να εννοηθεί ως μια διαδικασία επανάληψης των διαφορετικών τρόπων που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος στη διάρκεια της πολιτισμικής ιστορίας και μπορεί να χρησιμοποιήσει σήμερα ένα παιδί προκειμένου να κατανοήσει τον κόσμο. Τα είδη αυτά τα ονόμασε Μυθικό (2-7,8 έτη), Ρομαντικό (7,8-14,15 έτη), Φιλοσοφικό (15-20 έτη) και Ειρωνικό (20-... έτη).

5 Το περιεχόμενο γενικά των φυσικών επιστημών εμπεριέχει όλα τα ρομαντικά χαρακτηριστικά (βλ. Hadzigeorgiou, Klassen, & Froese-Klassen 2012, Hadzigeorgiou 2016).

χαρακτηριστικά μπορεί όντως να προκαλέσει το αφηγηματικό ενδιαφέρον των μαθητών/τριών και να τους κρατήσει καθηλωμένους κατά τη διάρκεια της αφήγησης. Προφανώς, αυτό σημαίνει ότι για μαθητές/τριες του ηλικιακού φάσματος «3^η δημοτικού - 3^η γυμνασίου» το ρομαντικό πλαίσιο σχεδιασμού της αφήγησης αποτελεί ένα αποτελεσματικό διδακτικό εργαλείο¹.

Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗΣ

Με δεδομένο ότι η ιδέα του φυσικού περιβάλλοντος και της προστασίας του έχει μπει οριζόντια σε πολλά γνωστικά αντικείμενα του αναλυτικού προγράμματος, η ανάπτυξη της περιβαλλοντικής συνείδησης μέσα από τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών ακούγεται λογική. Και τούτο γιατί, αν και αρχικά η σχέση φυσικών επιστημών και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης ήταν καθαρά εχθρική, σήμερα, έχουν συμπεριληφθεί στο αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών θέματα με κοινωνική, τεχνολογική και περιβαλλοντική διάσταση. Μάλιστα, σε αυτό το πλαίσιο, η ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης μέσω της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών φαίνεται να αποτελεί μια δυνατότητα (Hadzigeorgiou & Skoumios 2013).

Αφηγήσεις που αναφέρονται σε θέματα/προβλήματα (τοπικά και παγκόσμια) όπως το ενεργειακό, ο υπερπληθυσμός, η υπερθέρμανση του πλανήτη, η όξινη βροχή, η ανακύκλωση, οι πλημμύρες, αλλά και αφηγήσεις σχετικές με περιβαλλοντικές καταστροφές που προκλήθηκαν είτε από ατυχήματα (π.χ., μια πετρελαιοκηλίδα, μια πυρηνική έκρηξη), είτε από την ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ., η κατάχρηση των φυσικών πόρων, η εξαφάνιση παραλιών και βιοτόπων) μπορεί να προβληματίσουν και έτσι να αποτελέσουν ευκαιρίες για ανάπτυξη της κριτικής και δημιουργικής σκέψης². Ωστόσο, αφηγήσεις που αναφέρονται σε θέματα/προβλήματα και φυσικές καταστροφές (π.χ., όξινη βροχή, πλημμύρες από εξαφάνιση δασών) και παρουσιάζουν το πώς προσπαθούν οι επιστήμονες να τα κατανοήσουν και να τα αντιμετωπίσουν βοηθούν τους μαθητές/τριες να κατανοήσουν οι ίδιοι/ές το τι εμπλέκει η επιστημονική διαδικασία³.

Από την άλλη πλευρά – και με δεδομένο το θαυμασμό και το δέος που έδειξαν οι άνθρωποι όλων των εποχών προς το Σύμπαν αλλά και το έμφυτο ενδιαφέρον τους να

1 Για μικρότερες ηλικίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το λεγόμενο 'μυθικό' πλαίσιο σχεδιασμού (βλ. www.ierg.net)

2 Το GAIA Project (Global Awareness, Investigation and Action) που έχει στόχο την ευαισθητοποίηση των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε διεθνές επίπεδο, ώστε να εμπλακούν με την περιβαλλοντική έρευνα και να συνεργαστούν σε τοπικό και διεθνές επίπεδο, είναι σίγουρα σημαντικό όσον αφορά την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης. Ωστόσο, η έκθεση φωτογραφικού υλικού από την NASA το 2012, που παρουσιάζει εικόνες της Γης παρμένες από δορυφόρους τα τελευταία 40 χρόνια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ψηφιακή αφήγηση. Οι εικόνες αυτές δείχνουν τα μοτίβα και την ομορφιά του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά και την επίδραση της ανθρώπινης παρέμβασης. Η έκθεση αυτή είναι σημαντική εφόσον αυτά που παρουσιάζονται δεν μπορεί να είναι ορατά από τον γυμνό οφθαλμό.

3 Μια αφήγηση μάλιστα που αφορά στο πώς ανακαλύφθηκε η όξινη βροχή μπορεί να παρουσιάσει στους μαθητές/τριες, πέρα από το πώς η βιομηχανική και αργότερα τεχνολογική επανάσταση αύξησαν τα ποσοστά κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, τις διαδικασίες που χρησιμοποίησαν οι επιστήμονες προκειμένου να επιβεβαιώσουν ή να απορρίψουν υποθέσεις, και έτσι να καταλήξουν σε γνώση με μεγαλύτερη εγκυρότητα (βλ. Χατζηγεωργίου 2006).

το κατανοήσουν (βλ. Toulmin 1982) – μια αφήγηση βασισμένη στην «Ιστορία της Κοσμικής Δημιουργίας» (The Cosmic Creation Story), η οποία παρουσιάζει την εξέλιξη του ανθρώπου πάνω στη Γη, από την Μεγάλη Έκρηξη μέχρι τις μέρες μας (Swimme 1988), μπορεί να συμβάλει στο αποκαλύψει τη σημασία της σχέσης ανάμεσα άνθρωπο και φυσικό περιβάλλον.

ΤΕΛΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Αν ο άνθρωπος έχει την έμφυτη τάση να χρησιμοποιεί την αφηγηματική σκέψη και τον αφηγηματικό λόγο στην καθημερινή ζωή του και αν πολλοί άνθρωποι δυσκολεύονται να χρησιμοποιήσουν τον παραδειγματικό (ή λογικο-μαθηματικό) τρόπο σκέψης, τότε η αφήγηση μπορεί να αποτελέσει την «πόρτα» για τις φυσικές επιστήμες σε όλες τις ηλικιακές ομάδες και μάλιστα χωρίς να ο/η εκπαιδευτικός να κάνει καμία ουσιαστική παρέμβαση στο επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα (με την προϋπόθεση ότι οι αφηγήσεις είναι σύντομες). Γι' αυτούς/ες που έχουν την ευκολία να σκέφτονται 'παραδειγματικά', η αφήγηση μπορεί επίσης να είναι χρήσιμη, με βάση αυτά που παρουσιάστηκαν στην εισήγηση αυτή. Πρέπει να τονισθεί ότι, παρόλο που οι φυσικές επιστήμες δεν είναι αφήγηση, η αφήγηση μπορεί να αποτελέσει το μέσο για να εμπλακεί κάποιος/α συναισθηματικά (ανεξάρτητα από την ευκολία με την οποία χρησιμοποιεί τον παραδειγματικό τρόπο σκέψης) και να του/της δοθεί επίσης η ευκαιρία να φαντασθεί τη δυνατότητα να ασχοληθεί με τις φυσικές επιστήμες. Το ότι όταν ακούει κάποιος/α μία αφήγηση συμμετέχει σε ένα «σιωπηλό διάλογο» με τον/την αφηγητή/τρια είναι κάτι που κανένας/καμία εκπαιδευτικός δεν πρέπει να ξεχνά.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Avraamidou, L., & Osborne, J. (2009). The role of narrative in communicating science. *International Journal of Science Education*, 31, 1683-1017.
- Βέϊκος, Θ. (1977). *Ο μύθος του λόγου*. Αθήνα: Παπαζήσης.
- Bell, M. (1991). How primordial is narrative In C. Nash (Ed.), *Narrative in culture*. London: Routledge.
- Bruner, J. (1985). Narrative and paradigmatic modes of thought. In 84th Yearbook of NSSE, *Learning and teaching the ways of knowing*. Chicago: University of Chicago Press.
- Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge, MA: Harvard University press.
- Cambell, J. (1990). *Transformation of myth through time*. San Bernardo, CA: The Borgo Press.
- Corni, F., Gilberti, E., & Mariani, C. (2010). A story as innovative medium for science education in primary school. Retrieved March 12, 2015 from <https://personale.unimore.it/rubrica/pubblicazioni/corni>.
- Di Trocchio, F. (1997). *Il genio incompreso*. Milan, Italy: Mondadori.
- Egan, K. (1986). *Teaching as story telling*. London, Ontario: Although Press.

- Egan, K. (1990). *Romantic understanding*. Chicago: University of Chicago Press.
- Egan, K. (1997). *The educated mind: How the cognitive tools shape our understanding*. Chicago: University of Chicago Press.
- Egan, K. (2005). *An imaginative approach to teaching*. SFO: Jossey-Bass.
- Einstein, A., & Infeld, L. (1966). *The evolution of physics: From early concepts to reality and quanta*. New York: Simon and Schuster.
- Feynman, R. (1969) What is science? *The Physics Teacher*, 7, 313-320.
- Feyerabend, P. (1993). *Against method An anarchist theory of science..* London: Verso.
- Fludernik, M. (2009). *An introduction to narratology*. Abingdon: Routledge.
- Gottschall, J. (2012). *The storytelling animal: How stories make us human*. New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- Hadzigeorgiou, Y. (2006). Humanizing the teaching of physics through storytelling: The case of current electricity. *Physics Education*, 41, 42–46.
- Hadzigeorgiou, Y. (2007). Wonder: Why is it important and how can it be evoked in the science classroom? Paper presented at the 5th International Conference on Imagination and Education. Simon Fraser University, Vancouver, Canada, July 14-17, 2007.
- Hadzigeorgiou, Y., (2008). Encouraging involvement with school science. *Journal of Curriculum & Pedagogy*, 5, 138–162.
- Hadzigeorgiou, Y. (2012). Fostering a sense of wonder in the science classroom. *Research in Science Education*, 42, 985-1005.
- Hadzigeorgiou, Y. (2014). Reclaiming the value of wonder in science education. In K. Egan, A. Cant, & G. Judson (Eds.), *Wonder-full education: The centrality of wonder in teaching and learning across the curriculum* (pp. 40-66). New York: Routledge.
- Hadzigeorgiou, Y. (2015). A critique of science education as socio-political action from the perspective of liberal education. *Science & Education*, 24, 259-280.
- Hadzigeorgiou, Y. (2016). *Imaginative science education: The central role of imagination in science education*. Dordrecht: Springer International.
- Hadzigeorgiou, Y., & Stefanich, G. (2001). Imagination in science education. *Contemporary Education*, 71, 23-28.
- Hadzigeorgiou, Y., & Garganourakis, V (2010). Using Nikola Tesla's story and experiments, as presented in the film "The Prestige", to promote scientific inquiry. *Interchange*, 41, 363-378.
- Hadzigeorgiou, Y., et al. (2011). Teaching about the importance of trees. A study with young children. *Environmental Education Research*, 11, 519-536
- Hadzigeorgiou, Y., Klassen, S., & Froese-Klassen, C. (2012). Encouraging a 'romantic understanding' of science: The effect of the Nikola Tesla story. *Science & Education*, 21, 1111-1138.
- Hadzigeorgiou, Y., & Skoumios, M. (2013). The development of environmental awareness through school science: Problems and possibilities. *International Journal of Environmental & Science Education*, 8, 405-426.

- Hardy, B. (1977). Narrative as a primary act of mind. In M. Meek, A. Warlow & G. Barton (Eds.), *The cool web*. London: Bodley Head.
- Harre, R. (1991). Some narrative conventions of scientific research discourse (p. 81-101). In C. Nash (Ed.), *Narrative in culture*. London: Routledge.
- Hempel, K. (1945). Studies in the logic of confirmation. *Mind*, 54, 1-26.
- Hempel, K. (1966). *Philosophy of natural science*. Cambridge, UK: Pearson.
- Herring, P. (2010). *False friends: What makes a story inadequate for science teaching? Interchange*, 41, 323-333.
- Klassen, S. (2009). The construction and analysis of a science story. *Science & Education*, 18, 401-423.
- Klassen, S., & Froese-Klassen, C. (2014a). Science teaching with historically based stories: Theoretical and practical perspectives. In M. Matthews, (Ed.), *International handbook of research in history and philosophy for science and mathematics education* (pp. 1503-1529). Berlin: Springer.
- Kokkotas, P., Rizaki, A., & Malamitsa, K. (2010). Storytelling as a strategy for understanding concepts of electricity and electromagnetism *Interchange*, 41, 379-405.
- Kubli, F. (2001). Can the theory of narrative help science teachers become better storytellers? *Science & Education*, 10, 595-599.
- Kuhn, T. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lederman, N. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. Flick & N. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 301-317). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Lemke, J. (1990). *Talking science. Language, learning, values*. Norwood, NJ: Ablex.
- Manicas, P. & Secord, P. (1983). Implications for psychology of the new philosophy of science. *American Psychologist*, 38, 399-413.
- Matthews, M. (2015). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- McComas, W. (1998). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W., & Kampurakis, K. (2015). Using the history of biology, chemistry, geology, and physics to illustrate general aspects of the nature of science. *Review of Science, Mathematics, and ICT Education*, 9, 47-76.
- Miller, A. (2001). *Einstein, Picasso: Space, time, and the beauty that causes havoc*. New York: Basic Books.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: AAAS
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- National Research Council (2007). *Taking science to school. Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academic Press.

- Norris, S., Guilbert, S., Smith, M., Hakimelahi, S., & Philips, L. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education*, 89, 535-563.
- Ong, W. (1971). *Rhetoric, romance and technology*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Planck, M. (1933). *Where is science going*. London: Allen and Unwin.
- Ricoeur, P. (1981). Narrative time. In W. Mitchell (Ed.), *On narrative* (pp. 165-186). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Popper, K. (1972). *Objective Knowledge: An evolutionary approach*. Oxford: Clarendon Press.
- Pugh, K. (2011). Transformative experience: An integrative construct in the spirit of Deweyan pragmatism. *Educational Psychologist*, 46, 107-121.
- Schank, R., & Berman, T. (2002). The pervasive role of stories in knowledge and action. In M. Green, J. Strange, & T Brock (Eds.), *Narrative impact: Social and cognitive foundations* (pp. 287-314). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schwartz, R., Lederman, N., & Crawford, B. (2004). Developing views on NOS in an authentic context. An explicit approach to bridging the gap between NOS and scientific inquiry. *Science Education*, 88, 610-640.
- Stefanich, G. & Hadzigeorgiou, Y. (2001). Models and Applications. In G. Stefanich (Ed.), *Science Teaching in Inclusive Classrooms: Models and Applications*. (pp. 61-90) Cedar Falls, IA: Woolverton.
- Stinner, A. (1995). Contextual settings, science stories and large context problems: Toward a more humanistic science education. *Science Education*, 79, 555-581.
- Stinner, A. & Teichmann, J. (2003). Lord Kelvin and the age-of- the-Earth debate: A dramatization. *Science & Education*, 12, 213-228
- Toulmin, S. (1982). *Cosmopolis. The hidden agenda of modernity*. Chicago: University of Chicago Press.
- Swimme, B. (1988). The cosmic creation story. In D. Griffin (Ed.), *The Reenchantment of science* (pp.47-56). New York: SUNY Press.
- Wang, M., Eccles, J., & Kenny, S. (2013). Not lack of abilities but lack of choice: Individual and gender differences in choice of careers in science, technology, engineering, and mathematics. *Psychological Science*, 14, 1-6.
- Whitehead, A, N. (1929/1985). *The aims of education*. New York: McMillan.
- Χατζηγεωργίου, Ι. (2000). Αφήγηση, φαντασία και φυσική. *Τα Εκπαιδευτικά*, 55-56, 95-107.
- Χατζηγεωργίου, Ι. (2006). *Προς μια επιστημονική παιδεία: Επαναπροσδιορίζοντας τη διδασκαλία και το αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρης.

Μαστόρεμα με προσομοιώσεις: πεδίο έρευνας και αξιοποίησης διαισθήσεων και νοηματοδότησης

Χρόνης Κυνηγός

Καθηγητής, Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (etl.ppp.uoa.gr),
ΦΠΨ, ΕΚΠΑ, kynigos@ppp.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το άρθρο πραγματεύεται τη χρήση ψηφιακών προσομοιώσεων, οι οποίες καλλιεργούν το μαστόρεμα και τον πειραματισμό, προκειμένου οι μαθητές εμπλεκόμενοι ενεργά με αυτές να αναστοχαστούν γύρω από την πρόκληση των διαισθήσεών τους που εγείρονται από τη δραστηριότητα με τα ψηφιακά τεχνήματα. Ο αναστοχασμός και η πρόκληση των διαισθήσεων οδηγεί σε σταδιακή απόσβεσή τους, καθώς ο μαθητής αλληλεπιδρά με τα ψηφιακά εργαλεία, που προωθούν τη νοηματοδότηση. Στο άρθρο παρουσιάζονται πέντε διαφορετικά παραδείγματα από την ερευνητική πορεία του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, τα οποία ακολουθούν αυτή τη παιδαγωγική προσέγγιση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: διαισθήσεις, διερευνητικές προσομοιώσεις, νοηματοδότηση

STEM ΚΑΙ Η ΑΝΑΓΚΗ ΣΥΝΥΦΑΝΣΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

Βασικό χαρακτηριστικό της προσέγγισης STEM στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι η διαθεματικότητα και επομένως η άρρητη ή ρητή αμφισβήτηση και αναθεωρητική τάση στη δομή των αναλυτικών προγραμμάτων που αφορά στον κατακερματισμό τους σε γνωστικά αντικείμενα σε μεγάλο βαθμό χωρίς σύνδεση μεταξύ τους. Εμπόδιο για το σχεδιασμό και πραγματοποίηση μαθημάτων με την προσέγγιση STEM είναι η αντίσταση των εκπαιδευτικών συστημάτων και η δυσκολία τέτοιων αναδιοργανώσεων. Ο σκεπτικισμός σχετικά με τον προσδιορισμό και τη δομή των γνωστικών αντικειμένων δεν περιορίζεται μόνο σε ότι αφορά στη διαθεματικότητα αλλά και εσωτερικά στο καθένα από τα επιμέρους αντικείμενα του STEM. Στα μαθηματικά για παράδειγμα, ο όρος 'restructurations' (Willensky & Papert, 2006) επινοήθηκε για να εκφράσει τον προβληματισμό για την οργάνωση της ύλης στα μαθηματικά τώρα που με τα ψηφιακά μέσα μπορούμε να ξανασκεφτούμε τα νοητικά πεδία που μπορεί να αποτελέσουν πρόσφορο έδαφος για νοηματοδότηση και εμπλοκή με το μαθηματικό συλλογισμό. Μπορούμε ακόμα να αναζητήσουμε έννοιες που με τα μέσα αυτά να είναι προσβάσιμες και προσιτές σε μαθητές ενώ μέχρι τώρα θεωρούνταν υποεμβολικά απρόσιτες για νάναι στο σχολείο.

Η αναθεωρητική αυτή τάση και η τάση για συνύφανση μεταξύ των αντικειμένων του STEM και η θεώρησή τους ως ένα ενιαίο πεδίο για νοηματοδότηση σκοντάφτει και σε ένα ακόμα εμπόδιο. Το ότι η έρευνα, μετά τις αρχικές γενικευμένες προσεγγίσεις π.χ. του Piaget και του Vygotsky ως προς τα αντικείμενα στα εκπαιδευτικά συστήματα, αναπτύχθηκε πάλι κατακερματισμένα μέσα από το κάθε αντικείμενο. Διδακτική Μαθηματικών, Διδακτική Φυσικής κ.ο.κ. Τα δομήματα, οι θεωρίες και τα θεωρητικά εργαλεία διάκρισης και σχεδιασμού μαθησιακών εμπειριών για τους μαθητές επομένως αφορούν σε κατάστάσεις που δύσκολα συνδέονται με τη διαθεματικότητα της προσέγγισης STEM.

Στο άρθρο αυτό ο στόχος είναι να τεθεί μια συζήτηση για το πώς μπορούμε να μελετήσουμε μια πτυχή της μαθησιακής διαδικασίας που διατρέχει και αφορά όλα τα αντικείμενα του STEM: τις διαισθήσεις. Διατυπώνεται ένας προβληματισμός για το κατά πόσον οι βασικές διαισθήσεις των μαθητών αφορούν ακόμα εμπειρίες με το φυσικό και τον ορθολογικό κόσμο και δεν έχουν διηθηθεί με εμπειρίες από τον εικονικό κόσμο των ψηφιακών μέσων. Για την ανάδειξη του προβληματισμού χρησιμοποιούνται στο άρθρο πέντε διαφορετικά μεταξύ τους παραδείγματα σχεδιασμού ψηφιακών τεχνημάτων και δράσης μαθητών με αυτά, στα οποία είναι ενσωματωμένες έννοιες με σκοπό να προκληθούν διαισθήσεις των μαθητών και από τους δυο κόσμους με διαθεματική προσέγγιση.

Η έρευνα σχεδιασμού με σκοπό τη συνύφανση θεωρητικών δομημάτων και τη διαθεματικότητα είναι αντικείμενο που έχει προβληματίσει έντονα τις κοινότητες διδακτικής των επιμέρους αντικειμένων. Ακόμα και μέσα στα πλαίσια ενός και μόνο αντικειμένου δηλαδή, διακρίνεται η ανάπτυξη θεωρητικών δομημάτων που αναδύονται από συγκεκριμένα περικείμενα και ερευνητικές ομάδες και είναι σε σημαντικό βαθμό εξαρτώμενα και αξιοποιήσιμα μόνο μέσα σε αυτά τα πλαίσια (Lagrange & Kynigos, 2014). Οι ερευνητές έχουν τα τελευταία χρόνια αναπτύξει τεχνικές εκ των υστέρων διασύνδεσης τέτοιων δομημάτων προκειμένου να γίνουν ευρύτερα κατανοητά και αξιοποιήσιμα (Artigue & Mariotti, 2014). Όταν λοιπόν το αντικείμενο μελέτης, σχεδιασμού και παρέμβασης είναι διαθεματικά το STEM το πρόβλημα γίνεται εξαιρετικά πιο πολύπλοκο. Μπορούν πάντα βέβαια να βοηθήσουν σαν εφιαλτήριο οι τεχνικές συνύφανσης που ήδη έχουν αναπτυχθεί μέσα από επιμέρους αντικείμενα.

Τα παραδείγματα που θα συζητηθούν προέρχονται από την ερευνητική δραστηριότητα στο [Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας](#) στο ΦΠΥ της Φιλοσοφικής Σχολής όπου οι προσεγγίσεις είναι πηγαία διαθεματικές στην έρευνα που γίνεται εδώ και 25 περίπου χρόνια. Αναπτύσσονται σχεδιασμοί καινοτόμων δραστηριοτήτων βεσισμένων στη θεωρία της μάθησης μέσω του μαστορέματος (constructionism), της συνεργασίας και του διαλόγου. Οι δραστηριότητες τυπικά είναι βεσισμένες στη χρήση ψηφιακών τεχνημάτων που παίζουν το ρόλο του εργαλείου έκφρασης και νοηματοδότησης για τους μαθητές. Οι έρευνες αφορούν σε μαθησιακές διαδικασίες σε πλαίσιο μετεξέλιξης των δραστηριοτήτων σε επίπεδο σχολικής τάξης και των δράσεων των εκπαιδευτικών όταν εντείνουν την δραστηριότητά τους ως σχεδιαστές. Η διαθεματική προσέγγιση στο εργαστήριο έγινε ρητή και κοινωνικοποιήθηκε με την προ δεκαετίας ένταξή του στο

ευρωπαϊκό δίκτυο αριστείας «*Καλειδοσκόπιο*». Επρόκειτο για ένα εκτενές ευρωπαϊκό δίκτυο στο οποίο συμμετείχαν 85 πανεπιστημιακές ομάδες και πάνω από χίλιοι ερευνητές με πεδίο ενδιαφέροντος τις ψηφιακές εκπαιδευτικές τεχνολογίες και τη διερεύνηση τρόπων αξιοποίησής τους στη μαθησιακή διαδικασία. Βασική ατζέντα του Δικτύου αποτελούσε η ενσωμάτωση, ο τρόπος δηλαδή με τον οποίο θα μπορούσαν να συνδεθούν μεταξύ τους σε ένα ενιαίο κοινό πλαίσιο διαφορετικά επιστημονικά πεδία και κοσμοθεωρίες. Η ανάγκη αυτή προέκυψε από το γεγονός ότι τόσο οι θεωρητικές προσεγγίσεις όσο και οι αντιλήψεις και οι προοπτικές αναφορικά με τις χρήσεις της τεχνολογίας δεν εντοπίζονται μόνο σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία αλλά και σε ετερόκλητες προσωπικές κοσμοθεωρίες, οι οποίες ωστόσο διαμορφώνουν αντιλήψεις χωρίς να επιτυγχάνεται κάποιου είδους συνοχή με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται η διάχυση της γνώσης. Έτσι, βασική επιδίωξη των συμμετεχόντων στο «*Καλειδοσκόπιο*» ήταν η δημιουργία διασύνδεσης ανάμεσα στις θεωρητικές προσεγγίσεις και τις υπάρχουσες αντιλήψεις μέσα από κατάλληλες υποδομές και συνθήκες, οι οποίες προωθούν αυτή την ενσωμάτωση.

Παράλληλα και μέσα από αυτή τη δραστηριότητα το εργαστήριο συμμετείχε και σε συνεργασίες που είχαν σκοπό να επινοήσουν μεθόδους και τεχνικές συνύφανσης θεωριών μέσα σε ένα γνωστικό πεδίο, των μαθηματικών, όπως έσα από το Ευρωπαϊκό ερευνητικό έργο 'Representing Mathematics - ReMath' (Lagrange & Kynigos, 2014). Σε πρώτη φάση πέρασαν τέσσερα χρόνια και έπειτα άλλα τρία κατά τη διάρκεια του έργου 'ReMath' ώσπου - μελετώντας προσεκτικά τις λεπτομέρειες του τρόπου που λειτουργούμε και προσεγγίζουμε τη Διδακτική των Μαθηματικών καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι ακόμα και μέσα σε μια φαινομενικά ομοιογενή ομάδα και ερευνητική κοινότητα, με μια καλύτερη ενδοσκοπήση, διαπιστώνεται η ύπαρξη ποικιλομορφίας και ετερόκλητων απόψεων κατά την χρήση των θεωριών στην ερευνητική πράξη (Kynigos, 2002).

Σε αυτό το περιεκείμενο επομένως όπου ήδη υπήρχε έντονος προβληματισμός γύρω από τον κατακερματισμό της ερευνας σε αντικείμενα και προσεγγίσεις, το Εργαστήριο συμμετείχε σε ερευνητικά έργα στο καθένα των οποίων ενέπλεκε διαφορετικές προσεγγίσεις στο ίδιο θέμα. Σε ένα πρόσφατο τέτοιο έργο για παράδειγμα, που φαινομενικά αφορούσε ένα αντικείμενο, συμμετείχαν σχεδιαστές ψηφιακού υλικού με ποικιλία ειδικοτήτων όπως η περιβαλλοντική εκπαίδευση, η φυσική, η θεατρολογία, οι γνωστικές επιστήμες. Το έργο, με τίτλο «*Mathematical Creativity Squared*» (MC²) πραγματεύεται τους τρόπους μέσω των οποίων μπορούν τα ηλεκτρονικά βιβλία να πλαισιωθούν με τις αξίες του κονστράκτιβισμού. Τα e-books αυτά επιτρέπουν τόσο το δυναμικό χειρισμό (authorship) όσο και την ενσωμάτωση ψηφιακών δομημάτων (widgets) που ενέχουν όλη τη γκάμα των λειτουργικοτήτων που ενδιαφέρουν τη διδακτική των μαθηματικών με διεπιστημονικές προσεγγίσεις. Ωστόσο τα ηλεκτρονικά βιβλία δεν πρέπει να εκλαμβάνονται ως ένα κράμα παλαιών αντιλήψεων που απλώς υποστηρίζονται τεχνολογικά. Ουσιαστικά η παλιά αντίληψη της ύπαρξης ενός βιβλίου με έναν και μοναδικό συγγραφέα και κάποιον αναγνώστη αλλάζει. Πλέον να μεν υπάρχει ένα ήδη στημένο βιβλίο αλλά ο αναγνώστης μπορεί να δημιουργήσει πράγματα με το βιβλίο, να

το αλλάξει και να πειραματιστεί ζωντανά με τα αντικείμενα που ενυπάρχουν και λειτουργούν σε αυτό.

ΕΠΑΝΕΞΕΤΑΖΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΔΙΑΙΣΘΗΣΕΙΣ

Αναφορικά με τις διαισθήσεις λοιπόν, οι έρευνες που έχουν γίνει και η θεωρητική συζήτηση γύρω από τη φύση και την εξέλιξη τους ενέχουν σημαντικές φιαφορές ιδωμένες μέσα από τη Διδακτική της Φυσικής και τη Διδακτική των Μαθηματικών. Όσον αφορά στην πρώτη προσέγγιση, καθοριστική συμβολή έχει η φαινομενολογία. Ο diSessa (1983; 1988) εδώ έχει σημαντικό ρόλο επεκτείνοντας τις πιαζετιανές θεωρίες (Piaget, 1930; 1977) γύρω από τις διαισθήσεις, πραγματευόμενος διαισθήσεις ενηλίκων ή παιδιών, οι οποίες συνδέονται κατά βάση με φυσικά φαινόμενα και αποτελούν πρωταρχικές εμπειρικές εξηγήσεις αυτών. Πρόκειται λοιπόν για τις εξής διαδικασίες :

- Τη διαδικασία του τι συμβαίνει στις διαισθήσεις – από τη στιγμή που σχηματίζονται ή από τη στιγμή που τις επικαλούμαστε για να εξηγήσουμε ένα φαινόμενο – και τον τρόπο με τον οποίο αυτές μπορούν να αντισταθούν στην αλλαγή τη στιγμή που αλληλεπιδρούμε με πολυπλοκότερα φαινόμενα και βιώνουμε εμπειρίες οι οποίες χρήζουν διαφορετικών επεξηγήσεων ή προοπτικών από αυτές που οι παρούσες διαισθήσεις μας επιτρέπουν.
- Τη διαδικασία της διερεύνησης των δικών μας διαισθήσεων καθώς αυτές τίθενται υπό αμφισβήτηση, τον τρόπο που αυτές εμμένουν και τον τρόπο που εμπλεκόμαστε στη διαδικασία σταδιακής απόσβεσής τους (fade out phenomenon) - όχι επειδή σταματούν να υπάρχουν αλλά επειδή τις ξεετάζουμε ανάμεσα σε άλλες δυνατότητες- καθώς αποκτάμε πιο αφηρημένη και λογική σκέψη στην αντιμετώπιση των εμπειριών μας και στην επεξήγηση φαινομένων.

Ο Piaget ο ίδιος (1977, σ. 255) είχε μιλήσει για αυτό το φαινόμενο της σταδιακής απόσβεσης των διαισθήσεων (fade out phenomenon) τονίζοντας ότι *«παρά την αποτελεσματικότητα σε όλα τα επίπεδα και παραμένοντας θεμελιώδης από τη σκοπιά της εφευρετικότητας, ο γνωστικός ρόλος της διαίσθησης περιορίζεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης... της λογικής (formalization)... σταδιακά περιορίζει τα όρια της διαίσθησης»*.

Ιδωμένες οι διαισθήσεις από την οπτική της Διδακτικής των Μαθηματικών αναδεινούν σημαντικές διαφορές και ως προς τον ορισμό αλλά και ως προς την προβληματική του κατά πόσον είναι επιθυμητή πτυχή της μαθηματικής σκέψης ή αντίθετα ανεπιθύμητη ως ξένη ως προς τη φύση των μαθηματικών. Η αμφιταλαντευόμενη αυτή προσέγγιση φαίνεται στο χαρακτηρισμό των διαισθήσεων ενός σημαντικού μαθηματικού και επιστημολογικού συζητητή της εποχής, του Hersch ο οποίος περιγράφει τη διαίσθηση ως:

- το αντίθετο του διεξοδικού
- συνυφασμένη με την εξεικόνιση
- πιθανή ή πειστική όταν απουσιάζει όμως η απόδειξη
- βασισμένη σε φυσικό μοντέλο ή σε συγκεκριμένο παράδειγμα, κάτι σαν ευρετική μέθοδος
- ολιστική, σε αντίθεση με λεπτομερή ή αναλυτική Hersch 1998, p.61

Ο Fischbein, σημαντικός επίσης θεωρητικός της επιστημονικής σκέψης, δηλαδή χωρίς διακριτό διαχωρισμό των φυσικών επιστημών από τα μαθηματικά, αναδεικνύει αντικρουόμενες απόψεις στην κοινότητα των μαθηματικών. Ναι μεν δείχνει να κυριαρχεί η άποψη ότι οι διαισθήσεις δεν εντάσσονται στη μαθηματική σκέψη και άρα οφείλουμε να τις αποφεύγουμε και να αποτρέπουμε αυτούς που σκέφτονται με μαθηματικό τρόπο να τις εγείρουν, όμως σημαντικοί μαθηματικοί όπως ο Poincaré έχουν την αντίθετη άποψη, ότι δηλαδή καμμία γνήσια δημιουργική δραστηριότητα δεν είναι εφικτή στη φυσική και τα μαθηματικά χωρίς διαίσθηση (Fischbein, 1987). Κατά την Burton (1999), η οποία είναι από τις ελάχιστες ερευνήτριες στη ΔτΜ που συζήτησαν το θέμα αυτό, υπήρξαν και μαθηματικοί που συνέδεσαν τη διαίσθηση με τη γνώση των μαθηματικών: 'χωρίς τη διαίσθηση δεν υπάρχει δημιουργικότητα στα μαθηματικά αλλά το διαισθητικό στοιχείο εξαρτά την ανάπτυξή του από το στοιχείο της γνώσης p. 43 Wilde, 1984'. Παρ'όλα αυτά όμως, οι μαθηματικοί τονίζουν την υποκειμενικότητα των διαισθήσεων ως ξένη προς τη βεβαιότητα και την αποδειξιμότητα της μαθηματικής επιστήμης και αναφέρονται συχνά στη διαίσθηση ως ισοδύναμη ή συγγενική έννοια με αυτή της διορατικότητας και του ένστικτου. Μάλιστα, η Burton καταλήγει ότι αν εξαιρέσουμε τη δουλειά του Fischbein, αναφορές επιτηδευμένης καλλιέργειας της διαίσθησης και την διορατικότητα απουσιάζει από τη βιβλιογραφία της ΔτΜ ακόμα και στο βαθμό που αφορά στην έρευνα για τις μαθησιακές διαδικασίες. Η διαίσθηση, παρά την παραδοχή ότι είναι σημαντικό στοιχείο της μαθηματικής δραστηριότητας απουσιάζει ως ρητός στόχος στην εκπαιδευτική πρακτική (Burton, 1999).

ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΔΙΑΙΣΘΗΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΜΑΣΤΟΡΕΜΑ ΜΕ ΨΗΦΙΑΚΑ ΤΕΧΝΗΜΑΤΑ

Υπάρχουν πολλά ψηφιακά τεχνήματα που έχουν αναπτυχθεί με σκοπό να ενθαρρύνουν στους μαθητές που τα χρησιμοποιούν τη διερεύνηση των διαισθήσεών τους και της νοηματοδότησης, μέσα από τη διαδικασία αλληλεπίδραση με ψηφιακές προσομοιώσεις. Όλες αυτές οι γνωστές υποδομές για την ανάπτυξη προσομοιώσεων έχουν δημιουργηθεί προκειμένου οι χρήστες να διερευνούν τις διαισθήσεις τους οδεύοντας σταδιακά προς τη σταδιακή απόσβεσή τους. Οι μαθητές χρησιμοποιώντας τις προσομοιώσεις αρχίζουν να νοηματοδοτούν όντες πιο ευαίσθητοι στον εντοπισμό αόρατων παραμέτρων γύρω από ένα φαινόμενο, χάρη στις αναπαραστάσεις που τους επιτρέπουν να μελετήσουν διαφορετικές περιστάσεις και εκδοχές αυτού του φαινομένου (Noss & Hoyles, 1997). Οι μαθητές – χρήστες είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν και να παρατηρήσουν δυναμικές μετρήσεις κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του φαινομένου, να παίζουν με το χρόνο επιβραδύνοντας, επιταχύνοντας ή παύοντάς τον, και να χρησιμοποιήσουν τις προσομοιώσεις ως αντικείμενα μέσω των οποίων οι ίδιοι εμπλέκονται σε επιστημονικά πειράματα ανακαλυπτικής-διερευνητικής μάθησης και πρακτικής αποκτώντας μια πιο επιστημονική αντίληψη για το κόσμο.

Συνήθως αυτές οι προσομοιώσεις σχεδιάζονται με σκοπό να αναπαραστήσουν τα φαινόμενα του πραγματικού κόσμου. Ωστόσο στο εργαστήριο κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού εργαλείων για τη διερευνηθούν οι προσομοιώσεις τόσο στη φυσική όσο και

σε ένα ευρύτερο πλαίσιο διαθεματικότητας παρατηρήσαμε ότι η πραγματικότητα των μαθητών αλλάζει και ότι υπάρχουν τόσα πολλά εικονικά αντικείμενα και φαινόμενα για εμάς που τα αγνοούσαμε, τα οποία υπάρχουν στην πραγματικότητα των μαθητών (diSessa, 2013). Οπότε οι προσομοιώσεις στην οπτική των μαθητών δεν είναι απαραίτητα σχετικές μόνο με φυσικά φαινόμενα. Υπάρχουν προσομοιώσεις σχετικές με εικονικά φαινόμενα ή άλλες που οι ίδιες αποτελούν εικονικά φαινόμενα. Ακόμη έχουν δημιουργηθεί προσομοιώσεις για φαινόμενα μηχανικής, για τεχνήματα, για μηχανές και για τον τρόπο λειτουργίας αυτών. Επομένως η πραγματικότητα των μαθητών γίνεται πιο πολύπλοκη.

Στο Εργαστήριό μας οι σχεδιασμοί, οι εκπαιδευτικές πρακτικές και η έρευνα γίνονται σε κονστρακτιονιστικό πλαίσιο τόσο στον τρόπο που αναπτύσσουμε και σχεδιάζουμε τεχνήματα και παρεμβάσεις για τα σχολεία όσο και στον τρόπο με τον οποίο εμπλέκουμε τους καθηγητές σε θέματα σχετικά με την επιμόρφωση εκπαιδευτικών (Kynigos, 2012). Από την αρχή ο κονστρακτιονισμός δεν ήταν για μας μόνο μια θεωρία μάθησης αλλά ένας τρόπος να επικεντρωθούμε στην επιστημολογία του αντικειμένου μας- εν προκειμένω στις θετικές επιστήμες- και να σκεφτούμε π.χ. 'τι είναι τα μαθηματικά', 'τι σημαίνει το να μαθαίνει κανείς μαθηματικά', να αξιοποιήσουμε την ιδέα της παραγωγής νοημάτων – είτε πρόκειται για νοήματα που αφορούν φυσικά φαινόμενα είτε όχι- να εκτιμήσουμε την αξία της μαθητικής εμπλοκής, την αξία της έκθεσης και της έκφρασης ιδεών. Στο Εργαστήριό μας δίνεται έμφαση στην ιδέα του 'μαστορέματος' των τεχνουργημάτων, της δημιουργίας παιγνιώδους σχέσης του χρήστη με αυτά, στην ιδέα της ιδιοκτησίας, της συζήτησης και της γλώσσας προκειμένου να εκτιμήσουμε την αξία της ανατροφοδότησης μέσω υπολογιστή, για να λάβουμε υπόψη τις διαφορετικές μεταφορές και τις αναπαραστάσεις που συνδέονται με αυτές και για να σχεδιάσουμε δημιουργικά περιβάλλοντα τα οποία θα είναι πλούσια σε ευκαιρίες για να εμπλακούν οι μαθητές σε αυτού του είδους τη μάθηση. Τίθεται λοιπόν το ερώτημα, μπορούμε πράγματι να χρησιμοποιήσουμε το κονστρακτιονισμό για να σκεφτούμε σχετικά με διαισθήσεις και να χτίσουμε και να σχεδιάσουμε προκειμένου να προκαλέσουμε τις διαισθήσεις και να καλλιεργήσουμε το φαινόμενο της σταδιακής απόσβεσής τους και με ποιόν τρόπο μπορούμε να το πετύχουμε αυτό; Πράγματι βασικό στοιχείο της προσέγγισής μας είναι η συνύφανση των θεωρητικών πλαισίων, αφού πρώτα αντιληφθούμε από πού προέρχονται αυτά, η τοποθέτησή τους στο κατάλληλο περιεχόμενο και η μετέπειτα τοποθέτησή τους σε άλλα περιεχόμενα διαφορετικών κλάδων.

Άλλωστε ο κονστρακτιονισμός είναι μια θεωρία μάθησης σχετική με την έννοια μέσω της οποίας οι μαθητές θα μπορούσαν να απολαμβάνουν ή πραγματικά απολαμβάνουν συνθήκες αν-ισορροπίας. Ο Piaget (1977) υποστήριξε το άτομο επιζητά την ισορροπία. Πιο συγκεκριμένα θεώρησε ότι η νοητική ανάπτυξη είναι μια συνεχής μετάπτωση από καταστάσεις ισορροπίας σε καταστάσεις ανισορροπίας. Όταν η ισορροπία αποκαθίσταται μέσω της προσαρμογής, δηλαδή της διαδικασίας κατάλληλης τροποποίησης των νοητικών σχημάτων σε ανταπόκριση προς το περιβάλλον, τότε το άτομο βρίσκεται σε ανώτερο γνωστικό επίπεδο σε σχέση με αυτό που βρισκόταν προηγουμένως. Σε περίπτωση όμως που δεν καταφέρει να προσαρμοστεί στο περιβάλλον

του με τη διαδικασία της αφομοίωσης, κατά την οποία κατανοεί κάτι νέο (αντικείμενο ή γεγονός) με βάση ένα υπάρχον σχήμα, βρίσκεται σε κατάσταση ανισορροπίας. Τότε οι υπάρχουσες γνωστικές δομές του ατόμου αλλάζουν, αναπτύσσονται καινούριες στις οποίες ενσωματώνονται και οι προηγούμενες, φτάνει δηλαδή στη συμμόρφωση. Η διαδικασία αποκατάστασης της ισορροπίας ονομάζεται εξισορρόπηση. Η κριτική του Papert εστίαζε στο ότι ο άνθρωπος εξασκείται επίσης στην αν-ισορροπία. Ο Papert (1980) βασισμένος στην επιστημολογική θεωρία του Piaget, υποστήριξε ότι η μάθηση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν πραγματώνεται στο πλαίσιο μιας δραστηριότητας, κατά την οποία ο μαθητής πειραματίζεται κατασκευάζοντας ένα προϊόν που αποκτά νόημα για τον ίδιο. Βασικό ζητούμενο λοιπόν είναι η δημιουργία περιβαλλόντων όπου τα παιδιά παίζουν, χειρίζονται αντικείμενα και μαθαίνουν νέους συλλογισμούς πέρα από την καθιερωμένη εκπαίδευση. Σε τέτοια περιβάλλοντα –όπως οι μικρόκοσμοι που είναι σύνολα συγκεκριμένων και αφηρημένων αντικειμένων, σχέσεων και λειτουργιών που επιδρούν πάνω στα αντικείμενα, τροποποιώντας τις σχέσεις τους με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούνται νέα (Papert, 1987)- βρίσκουν οι μαθητές διασκεδαστική και ενδιαφέρουσα την προσπάθεια να δημιουργήσουν και να θέσουν προβλήματα και να εξερευνήσουν τον κόσμο, ακόμα και αν αυτός ο κόσμος μπορεί να είναι άγνωστος και τρομακτικός (Papadopoulos, et al., in press).

Σε αυτό το πλαίσιο τα Μαθηματικά δεν αποτελούν αντικειμενικές και αναμφισβήτητες οντότητες που πρέπει να γίνουν κατανοητές αλλά αποτελούν κατασκεύασμα του καθενός από εμάς. Κατά συνέπεια αυτός που εμπλέκεται με τα μαθηματικά χτίζει πάνω στη δική του θεωρία κάνοντας λάθη, πειραγυρίσματα και διορθώσεις μέχρι να φτάσει στο ζητούμενο αποτέλεσμα. Η μάθηση των μαθηματικών προσεγγίζεται όπως ακριβώς την προσεγγίζουν και οι Μαθηματικοί (Kynigos, 2015). Πρόκειται δηλαδή για μια εμπειρική, υποθετικό- παραγωγική διαδικασία με βασικότερο στόχο τη δημιουργία και ανάπτυξη προσωπικών νοημάτων από τους μαθητές μέσα από αυτή τη διαρκή διαδικασία ελέγχου τιμών, τροποποιήσεων, ανακατασκευών και αποδείξεων (Kynigos, 1995; Noss et al., 1996).

Ο Papert (1980), επομένως, δίνει έμφαση στη σχέση που αναπτύσσει ο μαθητής με το αντικείμενο που κατασκευάζει κατά τη διάρκεια της παραπάνω διαδικασίας. Ο διάλογος αυτός του μαθητή με το αντικείμενό του είναι καίριας σημασίας καθώς αποκαλύπτει τον τρόπο σκέψης αυτού που το έφτιαξε -είτε πρόκειται για κατασκευή, ανακατασκευή ή αποδόμηση του αντικειμένου. Έτσι αποκαλύπτεται ο τρόπος με τον οποίο οι ιδέες του κατασκευαστή παίρνουν μορφή ή αναδιαμορφώνονται όταν εκφράζονται μέσω κατασκευών πραγματώνονται σε ένα κατάλληλα σχεδιασμένο πλαίσιο.

Η αφαίρεση (abstraction) σύμφωνα με τον Skemp (1986) είναι το αποτέλεσμα αυτής της εμπειρικής διαδικασίας με την οποία το άτομο αναγνωρίζει ομοιότητες μεταξύ των εμπειριών του και αποκτά τη δυνατότητα να διακρίνει αν οι νέες εμπειρίες έχουν ομοιότητες με κάποιες από αυτές που έχουν βιώσει. Ο Skemp (1986) ως έννοια ορίζει το γενικευμένο αντικείμενο, το οποίο αποτελεί προϊόν αφαίρεσης. Πρόκειται για μια κλάση αντικειμένων, αποτελούμενη από ποικίλα χαρακτηριστικά, κεντρικά και δευτερεύοντα. Για παράδειγμα η έννοια «αριθμός» μπορεί στα πρώτα μαθητικά χρόνια να είναι

συνυφασμένη με θετικούς αριθμούς- όσο περνούν όμως τα χρόνια και διευρύνονται οι μαθηματικές εμπειρίες- η έννοια εμπλουτίζεται με κλάσματα και αρνητικούς αριθμούς. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται γενίκευση. Η βασική διαφορά της αφαίρεσης από τη γενίκευση είναι ότι στην μεν πρώτη επιτυγχάνεται η δημιουργία γνωστικών σχημάτων ενώ στη δε δεύτερη η προσαρμογή τους. Με την αντίληψη του Papert (1980) ότι τα παιδιά μπορούν να κάνουν μαθηματικές αφαιρέσεις αν εμπλακούν με κατάλληλα μαθησιακά περιβάλλοντα συμφωνούν οι Noss & Hoyles (1996) τονίζοντας ότι οι αφαιρέσεις αυτές δεν είναι καθολικές αλλά αφορούν τα χαρακτηριστικά του μαθησιακού περιβάλλοντος μέσα στο οποίο αναδύονται. Αρκετά συχνά όμως μπορεί να υπάρξουν παρερμηνείες και υπεργενικεύσεις (Smith et al., 1993; Wisner, 1995).

Παράλληλα καίριας σημασίας είναι στα μαθηματικά και η χρησιμοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων. Στο σχολείο συναντούμε μαθηματικό φορμαλισμό. Ωστόσο οι μαθητές διαμαρτύρονται ότι η τυποκρατία δεν έχει κάποιο νόημα για τους ίδιους. Οι μαθηματικοί συνειδητοποιούν ότι οι μαθητές πράγματι δεν βρίσκουν νόημα σε αυτό. «Άραγε, γιατί χρειάζεται, για παράδειγμα, να χρησιμοποιήσουμε το x για να αναπαραστήσουμε την ιδέα ενός γενικού αριθμού;» είναι μια βασική απορία των μαθητών. Αυτή η ιδέα είναι εγωκεντρική και δεν είναι πολύ εύκολο να αντιληφθεί κανείς τη δυνατότητα χρησιμοποίησης της. Πολλοί αναρωτιούνται αν πράγματι είναι αντικειμενικά αναγκαίο να παίρνουμε αυθαίρετα σημεία για να είμαστε σε θέση να αναπαραστήσουμε άλλα και αν υπάρχει κάποιου είδους χρησιμότητα σε αυτά. Σε αυτό το συγκείμενο ο κονστρακτιονισμός προσφέρει διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συμβολικά πλαίσια και συμβολικές αναπαραστάσεις για να εκφράσουμε νοήματα καθώς μαστορεύουμε ή παίζουμε με αντικείμενα. Η ερώτηση επομένως θα πρέπει να τεθεί ξανά ως εξής: μπορούν τα κονστρακτιονιστικά περιβάλλοντα να παρέχουν πλαίσιο κατάλληλα δομημένο προκειμένου να εμπλακούν οι μαθητές και να προκαλέσουν τις διαισθήσεις τους;

ΜΑΣΤΟΡΕΜΑ ΜΕ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

Ψηφιακά τεχνήματα για μαστόρεμα. Για τι είδους τεχνήματα πρόκειται και πώς μπορούμε να τα συγκρίνουμε με τις προσομοιώσεις; Ο Rabardel (1995, όπ. ανάφ. Trouche, 2004) τονίζουν ότι ένα τέχνημα (artefact) δεν υπάρχει από μόνο του, αλλά γίνεται εργαλείο όταν το υποκείμενο είναι σε θέση να το οικειοποιηθεί για τον εαυτό του και να το ενσωματώσει πλέον στη δραστηριότητά του. Πιο συγκεκριμένα ένα εργαλείο (instrument) μπορεί να ιδωθεί ως ένα λειτουργικό όργανο φτιαγμένο τόσο από συστατικά ή ένα μέρος του τεχνήματος (artifac) όσο και από ψυχολογικά συστατικά (psychological component). Ένα εργαλείο (instrument) λοιπόν αποτελεί ένα ψυχολογικό κατασκευάσμα και δεν πρέπει να συγχέεται με το τέχνημα (artifac) που λειτουργεί απλώς ως ένα δοσμένο αντικείμενο με σκοπό να αλλαχτεί. Σε αυτό το πλαίσιο τα ψηφιακά τεχνήματα δίνονται στους μαθητές προκειμένου να τα χρησιμοποιήσουν, να αντιληφθούν την ιδέα που εκφράζει κάποιος άλλος με αυτά και να επέλθουν κάνοντας τις προσωπικές τους αλλαγές. Αυτές οι αλλαγές που θα αποτυπωθούν πάνω στο τέχνημα αποτυπώνουν τι σκέφτηκαν οι μαθητές σε σχέση με αυτό. Επομένως κανένα τέχνημα δεν πρόκειται να παραμένει όπως ως έχει ή να

αποτελέσει υπόδειγμα ή αναπαράσταση ενός πραγματικού φαινόμενου ακόμα και αν επρόκειτο για μια καλή αναπαράσταση. Ουσιαστικά τα τεχνήματα αποτελούν δομήματα που προωθούν την εστιασμένη σκέψη και το διάλογο. Είναι διερευνητικά τεχνήματα μέσα σε ένα κονστρακτιονιστικό μέσο. Πώς επιτυγχάνεται όμως αυτό; Πρόκειται για ένα τέχνημα στο οποίο μπορώ να εμπλακώ εγώ μαζί με φίλους προσπαθώντας να το βελτιώσουμε και ο καθένας από εμάς ενδέχεται να προτείνει διαφορετικούς τρόπους βελτίωσης. Μπορεί να κάνουμε αλλαγές, να προτείνουμε πολλές διαφορετικές εναλλακτικές ενός τεχνήματος κατά την από κοινού προσπάθειά μας να βρούμε μια καλύτερη έκδοση του τεχνήματος. Το περιβάλλον σχεδίασης άλλωστε είναι κονστρακτιονιστικό γεγονός που συνεπάγεται ότι όλα τα διαθέσιμα τεχνήματα έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι προβληματικά χωρίς απαντούν σωστά. Στόχος του σχεδιασμού τους είναι η αμφισβήτησή τους από τους μαθητές ώστε εκείνοι να προσπαθήσουν να τα αλλάξουν για να λειτουργήσουν σωστά.

Επομένως λειτουργούν σαν οριακά αντικείμενα, δηλαδή αντικείμενα που αναπτύσσονται και ξεκινούν να τροποποιούνται σε κοινότητες ανθρώπων με διαφορετικές οπτικές (Kynigos, 2007b). Αυτό μάλιστα είναι ένα πλαίσιο, το οποίο τουλάχιστον στη διδακτική των μαθηματικών έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά. Η μάθηση προέρχεται από την ακρίβεια του τι άλλαξε κανείς και πόσο καλά μπορεί να περιγράψει αυτό που έχει αλλάξει (Karon et al., 2012). Έτσι στο σχεδιασμό τέτοιου είδους αντικειμένων και τεχνουργημάτων - τα οποία ονομάζουμε μισοψημένους μικρόκοσμους, μικρόκοσμοις δεκτικούς στην αλλαγή (changeable), διερευνητικό λογισμικό ή οριακά αντικείμενα - εξετάζουμε τι συμβαίνει τόσο στους ίδιους τους μικρόκοσμους όσο και στις αντιλήψεις των χρηστών αναφορικά με τη χρήση αυτών των μικρόκοσμων, καθώς πρόκειται για έναν σχεδιασμό της λογικής του «ασπρόμαυρου κουτιού» (Kynigos, 2004).

Από τη μία υπάρχουν τεχνήματα που είναι προσβάσιμα σε μια πολύ μικρή εκλεκτή κοινότητα κατασκευής πλατφορμών από την άλλη όμως υπάρχουν άλλου είδους τεχνήματα τα οποία δεν κατασκευάζονται για να υποστηρίξουν προκατασκευασμένες υποδομές αλλά για είναι προσβάσιμα στους μαθητές με σκοπό οι μαθητές να κάνουν κάτι με αυτά αποκτώντας το δικαίωμα της βαθειάς μεν αλλά όχι ολοκληρωτικής πρόσβασης. Υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ της ιδιωτικής και της δημόσιας έκφρασης. Μπορεί κανείς να επιλέξει το τέχνημα που επιθυμεί και να δουλέψει μόνος του με αυτό. Όμως εάν το επιθυμεί έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί και να επικοινωνήσει με άλλους με αποτέλεσμα ο σχεδιασμός να περνά μέσα από τη φάση του αναστοχασμού. Αναστοχασμός για το περιεχόμενο σε σχέση με το αναλυτικό πρόγραμμα, επανεξετάζοντας το δόμημα το οποίο έχει επινοηθεί και λειτουργεί με σκοπό να προωθεί την επανεξέταση του περιεχομένου του.

Άλλωστε το να κάνει κανείς αλλαγές σε ένα αναπόσπαστο κομμάτι της έκφρασης μαθηματικών εννοιών και αντικειμένων δημιουργεί από μόνο του δομημένες ατζέντες για μαθηματικές συζητήσεις.

ΔΙΕΡΕΥΝΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

Σε αυτή την ενότητα θα περιγράψουμε τι σημαίνει για εμάς «ψηφιακό τέχνημα» ή «προσομοίωση» από την κονστρακτιονιστική αντίληψη. Τώρα υπάρχει ο εξής προβληματισμός: έχει νόημα να προσπαθήσουμε να δημιουργήσουμε κάποια ενσωμάτωση ή γλώσσα προκειμένου να συνδέσουμε αυτούς τους δύο κόσμους (ψηφιακά τεχνήματα – προσομοιώσεις). Εάν για παράδειγμα έχουμε ένα τέχνημα και το εξετάζουμε με τον τρόπο που βλέπει τον κόσμο η επιστήμη και η τεχνολογία τότε αντιλαμβανόμαστε το τέχνημα ως προσομοίωση. Αν όμως το εξετάσουμε με τις κονστρακτιονιστικές αρχές, τότε αντιλαμβανόμαστε τη χρήση του τεχνήματος με τον τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω.

Ωστόσο θα ήταν χρήσιμο να δημιουργηθεί κατάλληλη ορολογία που να περιγράφει αυτά τα δύο. Θα μπορούσαμε, για παράδειγμα, να ονομάσουμε αυτές τις διερευνητικές προσομοιώσεις, προσομοιώσεις οι οποίες δεν είναι δεδομένο ότι αποτελούν μια πιστή αναπαράσταση ενός υπάρχοντος φυσικού φαινομένου. Ίσως δηλαδή η προσομοίωση και ο τρόπος που μεσολαβεί τα νοήματα στους μαθητές να αντιπροσωπεύει ελλιπώς κάποια πραγματικά φαινόμενα. Ίσως πάλι η προσομοίωση αναπαριστά ένα εικονικό φαινόμενο όχι δηλαδή ένα πραγματικό φαινόμενο και το νόημα της άσκησης να είναι να σκεφτούμε ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στο πραγματικό φαινόμενο, το φυσικό φαινόμενο και το εικονικό φαινόμενο. Ως εκ τούτου η άσκηση θα μπορούσε να τεθεί ως εξής: *«Πάρτε τη προσομοίωση που προσομοιώνει ένα εικονικό φαινόμενο και αλλάξτε τους κανόνες, έτσι ώστε να προσομοιώνει ένα φυσικό φαινόμενο. Τι χρειάζεται να σκεφτείτε, ποιες είναι οι πτυχές του ενός φαινομένου σε σχέση με το άλλο;»* (Κυπρίγος, 2007a).

Βεβαίως, για να αμφισβητήσει κανείς τη συμπεριφορά του αντικειμένου στην προσομοίωση, τις σχέσεις και τις ιδιότητες των πεδίων πρέπει να εμπλακεί σε έναν πειραματισμό, να προκαλέσει τις διαισθήσεις του προκειμένου να μπορέσει να εξηγήσει φυσικά –και άλλα- φαινόμενα. Για παράδειγμα βλέπει, πρώτα, τι θα μπορούσε να συμβεί, εάν η βαρύτητα δεν δείχνει προς το κέντρο της γης ή η ταχύτητα δεν δοθεί από τον τύπο « $v = \frac{1}{2}gt^2$ ». Ο χρήστης, λοιπόν, πειραματίζεται και προσπαθεί να διερευνήσει εάν αυτά που προκύπτουν είναι αφύσικα ή όχι.

ΣΧΕΔΙΑΖΟΝΤΑΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΠΙΤΡΕΠΟΥΝ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥΣ

Μέσα από την πολυετή ερευνητική πορεία του Εργαστηρίου έχουμε εμπλακεί με πολλούς και ποικίλους τρόπους στο σχεδιασμό μεγάλου όγκου ψηφιακών δομημάτων με διαφορετικές λειτουργικότητες που απευθύνονται σε ανθρώπους ποικίλων ειδικοτήτων (Κυπρίγος, 2012). Πολλές φορές τα αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης των χρηστών με τα δομήματα, μας παραξένεψαν, καθώς ήταν εντελώς διαφορετικά από τις δικές μας προβλέψεις. Μερικές φορές αυτό που κάνουν οι χρήστες με το εργαλείο αποκλίνει σημαντικά από τους λόγους για τους οποίους ο σχεδιαστής δημιούργησε το συγκεκριμένο εργαλείο. Έτσι λοιπόν έχουν ανακύψει ορισμένα θέματα στα οποία προαναφερθήκαμε μετατοπίζοντας κατά πλάτος το εννοιολογικό πεδίο με την ίδια προσομοίωση.

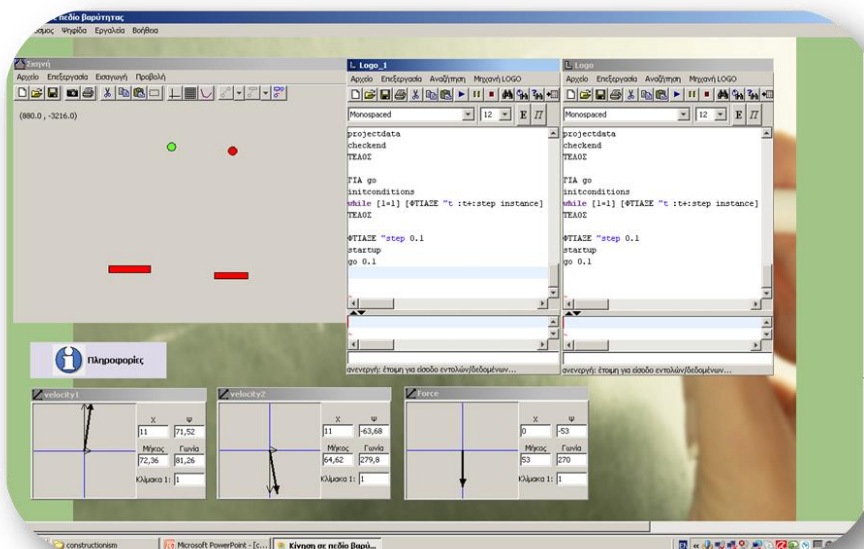
Παρακάτω ακολουθούν πέντε ενδεικτικά παραδείγματα διερεύνησης των διαισθήσεων αναφορικά με τα φυσικά φαινόμενα. Η εστίαση έγκειται στη διερεύνηση της προσομοίωσης, στο τι αναπαριστά αυτή και εάν πρόκειται για σωστή αναπαράσταση του φαινομένου.

ΠΕΝΤΕ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

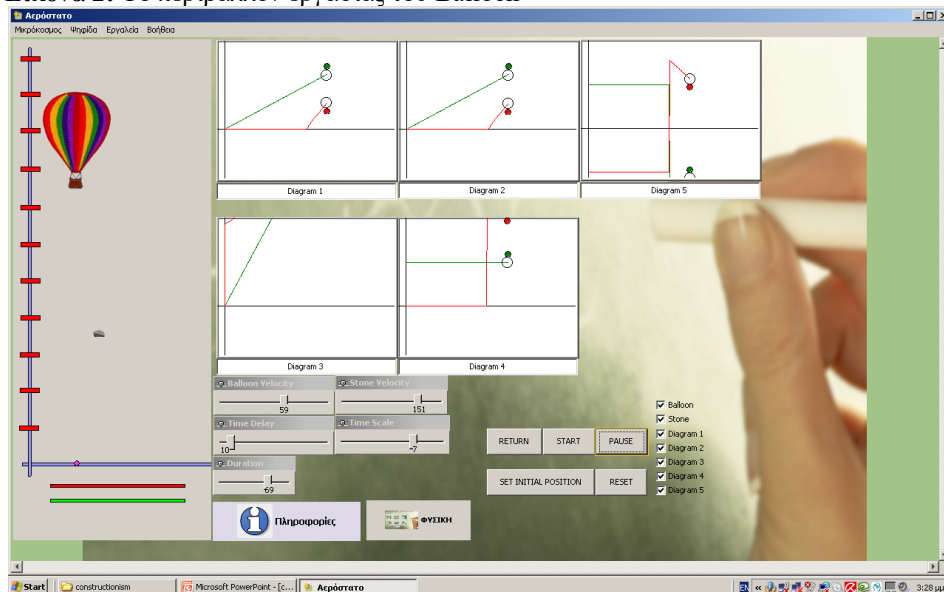
Παράδειγμα 1: Νευτώνειες τροχιές και συγκρούσεις

Το πρώτο παράδειγμα που επιλέχθηκε έχει σχέση με νευτώνειες τροχιές και συγκρούσεις. Πρόκειται για μια προσομοίωση ενός ζογκλέρ. Ο μαθητής μετακινεί τα χέρια του ζογκλέρ που αναπαριστώνται με δύο ρακέτες προκειμένου να μην του πέσει κάποια από τις δύο μπάλες -μια κόκκινη και μια γκρι- με τις οποίες παίζει. Υπάρχει ένα μικρό πρόγραμμα το οποίο καθορίζει τις κινήσεις της κόκκινης μπάλας. Ουσιαστικά πρόκειται για μια νευτώνεια τροχιά. Οι ρακέτες μπορούν να μετακινηθούν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Η προσομοίωση, δηλαδή, στήνεται δίνοντας την αρχική ταχύτητα και τη δύναμη πεδίου με τη βοήθεια δύο ξεχωριστών διανυσμάτων. Αν η τιμή της δύναμης είναι ίση με τη τιμή της βαρύτητας και εάν το διάνυσμα δείχνει προς τα κάτω, είναι ίσο με τη βαρύτητα (Talmay, 1988). Ωστόσο αυτό μπορεί να αλλάξει. Όλο το δόμημα είναι αρκετά ανεπεξέργαστο εσκεμμένα γιατί αυτό που επιδιώκαμε ήταν οι μαθητές να ανοίξουν το πρόγραμμα, το οποίο ουσιαστικά είναι ένα πρόγραμμα γραμμένο σε Logo και η έκταση του είναι μια σελίδα A4 (Kynigos, 2007). Απευθυνόμαστε άλλωστε σε μαθητές οκτώ ετών. Από το ένατο έτος και εφ' εξής εύκολα αντικαθιστούν ο,τι χρειάζεται και παίζουν με τα μοτίβα που ενυπάρχουν στη συλλογιστική του παιχνιδιού. Τι ελπίζαμε τώρα από αυτό το σχεδιασμό; Ευελπιστούσαμε ότι οι μαθητές θα δουν αμέσως τους νόμους του Νεύτωνα και τους κανόνες των συγκρούσεων και θα αρχίσουν να τους πειράζουν προκειμένου να τους κάνουν πιο εκλεπτυσμένους ή για να κάνουν πειράματα και να σκεφτούν για το Νεύτωνα (Smith, 2001).

Εικόνα 1: Το περιβάλλον εργασίας του Ζογκκλέρ



Τώρα δύο πράγματα συνέβησαν αναφορικά με αυτή την προσομοίωση. Το πρώτο πράγμα εντοπίζεται όταν τη χρησιμοποιήσαμε στην επιμόρφωση εκπαιδευτικών. Χαρακτηριστικό είναι ότι ένας καθηγητής φυσικής- σημειωτέον επρόκειτο για έναν πολύ καλό καθηγητή- υπήρξε τρομερά αναστατωμένος επειδή αισθάνθηκε ότι η προσομοίωση ήταν πολύ φτωχή υποστηρίζοντας ότι αν ρωτούσαμε διεθνώς όλους τους συναδέλφους του αναφορικά με την προσομοίωση, εκείνοι θα απαντούσαν ότι το Εργαστήριό μας δεν ξέρει να δημιουργεί προσομοιώσεις για νευτώνεια φαινόμενα. Έτσι πήρε το συγκεκριμένο μικρόκοσμο του «Ζογκλέρ» και τον άλλαξε. Ο συλλογισμός του ήταν ο εξής: ο χρήστης βρίσκεται σε ένα λούνα πάρκ, ένα μπαλόνι ανεβαίνει και εκείνος πετά μια πέτρα σε αυτό. Έτσι υπάρχει η θέση των δύο τροχιών βολής. Η ιδέα ήταν ότι οι μαθητές θα είναι σε θέση να μαντέψουν τι αναπαριστά το διάγραμμα. Έτσι κατά μια έννοια ήταν η μεταφορά μιας κονστρακτιονιστικής προσομοίωσης σε μια επεξηγηματική προσομοίωση. Μια προσομοίωση όπου το ζητούμενό της για τους μαθητές ήταν να είναι σε θέση να φτιάχνουν μια μαθηματική αναπαράσταση ενός φαινομένου, το οποίο θεωρήθηκε ως δεδομένο ότι αναπαριστάται σωστά.

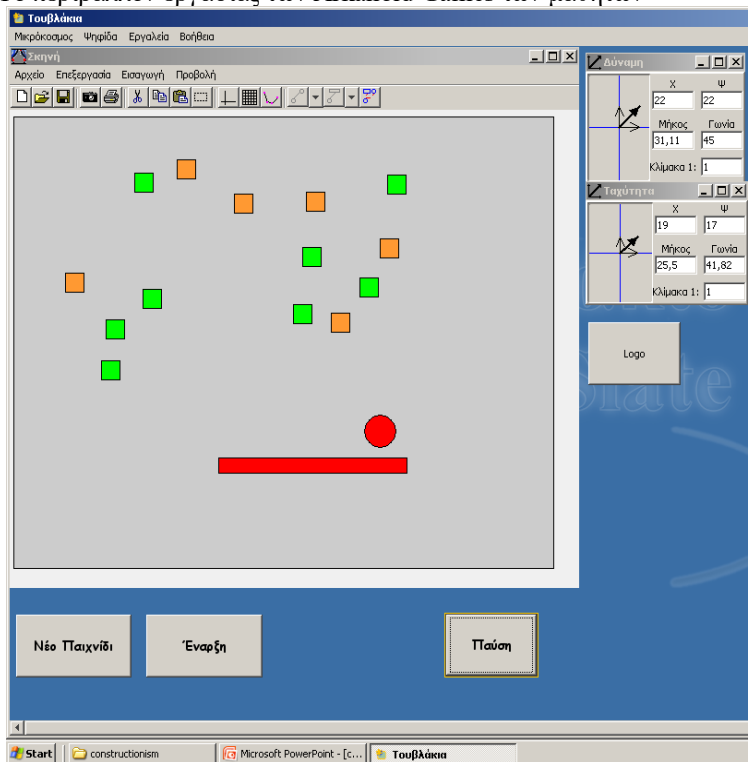
Εικόνα 2: Το περιβάλλον εργασίας του Balloon

Το δεύτερο ζητούμενο έχει να κάνει με τη χρήση της προσομοίωσης από τους μαθητές. Όταν δώσαμε την προσομοίωση στους μαθητές συνέβη κάτι τελείως διαφορετικό. Ξαφνιστήκαμε και περάσαμε αρκετό χρόνο σκεπτόμενοι τι συνέβη, μετά από αυτό. Τι ήταν αυτό που πήγε στραβά; Ο σχεδιασμός μας μήπως; Ή το γεγονός ότι η προσομοίωση παρά ήταν ανοικτή; Τα παιδιά δήλωσαν ότι θα ήθελαν να αλλάξουν το παιχνίδι γιατί δεν τους άρεσαν τα σχετικά με τους ζογκλέρ παιχνίδια και θα προτιμούσαν να δημιουργήσουν τα δικά τους arkanoid games. Τα συγκεκριμένα παιχνίδια παίζονται ως εξής: ψηλά στην οθόνη είναι τοποθετημένα διάφορα πολύχρωμα τουβλάκια, κάτω χαμηλά στην οθόνη υπάρχει μια ρακέτα πάνω στην οποία είναι τοποθετημένη μια μπάλα. Η μπάρα μετακινείται δεξιά και αριστερά και ο παίκτης κάθε φορά προσπαθεί να χτυπήσει με τη μπάλα όσα περισσότερα τουβλάκια μπορεί προκειμένου να διαλύσει τη στοίβα. Όλη αυτή η διαδικασία κρύβει από πίσω της τους κανόνες της σύγκρουσης. Ο παίκτης δηλαδή θα πρέπει να υπολογίζει με πόση ταχύτητα και από ποια κλίση γωνίας θα χτυπά με τη μπάλα τα τουβλάκια προκειμένου όταν η μπάλα φύγει από τη ράμπα το χτύπημα να είναι πετυχημένο και τα τουβλάκια να εξαφανιστούν (Parnafes, 2007).

Οι μαθητές ωστόσο θεωρούσαν ότι αυτού του τύπου τα arkanoid games ήταν για τους ίδιους πολύ περιοριστικά και ότι ήθελαν να έχουν περισσότερη δύναμη πάνω στο παιχνίδι. Επομένως αυτό που έκαναν είναι να πουν ότι «εμείς θέλουμε ένα arkanoid που θα επιτρέπει στο χρήστη να βάζει τα τουβλάκια όπου θέλει και όχι ένα arkanoid όπου κάποιος άλλος θα αποφασίζει που θα βρίσκονται τα τουβλάκια». Επιπρόσθετα το δεύτερο πράγμα στο οποίο εξέφρασαν τις αντιρρήσεις τους ήταν το εξής «γιατί θα πρέπει η ράμπα

να σύρεται μόνο κατά μήκος του κάτω μέρους της οθόνης; Θέλουμε μια ράμπα η οποία θα μπορεί να κινείται παντού μέσα στην οθόνη». Έτσι οι μαθητές δημιούργησαν το δικό τους παιχνίδι, το οποίο παίζεται και αρκετά σωστά. Όπως παρατηρήθηκε βέβαια οι μαθητές ξέχασαν τα διανύσματα (vectors) από το «Ζογκλέρ». Δε τα χρησιμοποίησαν καθόλου. Επομένως κατά μια έννοια αυτό που έκαναν είναι το εξής: απογύμνωσαν όλο το νευτώνειο σχεδιασμό από τη προσομοίωση και δημιούργησαν το δικό τους παιχνίδι. Ο ερευνητικός συλλογισμός μας είναι το εξής: τα παιδιά έχουν τα δικό τους κόσμο, το δικό τους περικείμενο, είχαν ένα φαινόμενο το οποίο αντιλήφθηκαν σαν κάτι για το οποίο είχαν εμπειρία- τα παιχνίδια arkanoid. Όμως είδαν τους κανόνες της σύγκρουσης και μετέφεραν αυτούς τους κανόνες από το «Ζογκλέρ» σε ένα παιχνίδι arkanoid. Οι κανόνες της σύγκρουσης σε αυτά τα χτυπήματα είναι πολύ πιο εκλεπτυσμένοι από ότι αυτοί που είχαμε στο παιχνίδι με το «Ζογκλέρ». Άρα αυτό που είδαμε ότι κερδίσαμε από αυτή τη μετάβαση – παρόλο που δεν είχε καμία σχέση με τροχιές βολής ούτε τη ταχύτητα ή τη δύναμη πεδίου- ήταν ότι οι μαθητές ενεπλάκησαν σκεπτόμενοι σχετικά με κανόνες σύγκρουσης πολύ περισσότερο, με έναν πιο εκλεπτυσμένο τρόπο αλλά έχοντας την προσωπική τους άποψη για το φαινόμενο, θέλησαν να δουλέψουν πάνω στο κομμάτι, του τι είδους εμπειρίες αποκόμισαν από αυτό το φαινόμενο και τι θα ήθελαν να κάνουν με αυτές τις εμπειρίες και τις προσομοιώσεις που είχαν. Οι διαισθήσεις που είχαν με τις συγκρούσεις λειτούργησαν και στις δύο πλευρές. Χρησιμοποίησαν τα δικά τους εργαλεία και το δικό τους περιβάλλον για να συνεχίσουν να δουλεύουν και να σκέφτονται σχετικά με τις διαισθήσεις (diSessa, 1988; 2014).

Εικόνα 3: Το περιβάλλον εργασίας των Arkanoid Games των μαθητών



Το δεύτερο παράδειγμα είναι σε ένα τελείως διαφορετικό επίπεδο. Το διαφορετικό αυτό επίπεδο έγκειται στη θέση ανάμεσα στην αναπαράσταση των φυσικών φαινομένων και ενός φαινομένου μηχανικής. Πρόκειται για ένα εικονικό χόκεϋ που λειτουργεί όπως τπ παιχνίδι που στα Αγγλικά ονομάζεται 'shuffle ruck', το οποίο βρίσκεται στημένο στο «Πολυμήχανο» και λειτουργούσε με βάση υπέρυθρες κάμερες (Κυνηγός, κ.α., 2011, Anastorouli et al, 2011). Τα αντικείμενα προβάλλονταν ως σκιές, ουσιαστικά δηλαδή οι παίκτες έβλεπαν τις προβολές ψηφιακών αντικειμένων στο πάτωμα. Οι παίκτες 'χτυπούσαν' τις πλακέτες με κίνηση οποιουδήποτε μέρους του σώματός τους, καθώς το σύστημα διάβαζε την κίνηση μέσω της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Εικόνα 4: Εικονικό hockey σε ένα κόσμο μηχανικής (engineered world) στο Πολυμήχανο



Αυτό που διαπιστώθηκε είναι ότι στην αρχή οι παίκτες χρησιμοποιούσαν μόνο τα πόδια τους για να κλωτήσουν τον εικονικό δίσκο στο shuffle ruck γιατί ακόμα δεν είχαν καταλάβει ότι η σκιά οποιουδήποτε μέρους τους σώματός τους και σε οποιοδήποτε ύψος κι αν είναι αυτό θα μπορούσε να 'κινήσει' το αντικείμενο. Τα περισσότερα παιδιά στην αρχή χρησιμοποιώντας τις διαισθήσεις τους θεώρησαν ότι το αντικείμενο θα κινηθεί μόνο αν χρησιμοποιήσουν τα πόδια τους και το 'κλωτήσουν' με τη σκιά των κάτω άκρων τους. Μετά από αρκετό πειραματισμό αρχίζει σταδιακά η διαδικασία της συνειδητοποίησης καθώς οι παλαιότερες διαισθήσεις προκαλούνται και ξυπνούν νέες (diSessa, 1983; Smith et al., 1993; Wagner, 2006; Rhodes et al., 2013) που οδηγούν τα παιδιά να κινήσουν τα αντικείμενα ακόμα και με το χέρι τους, το οποίο εκτείνεται ευκολότερα με αποτέλεσμα να πιάνει κανείς γρηγορότερα τη μπάλα. Εδώ λοιπόν αντιπαραβάλλονται οι διαισθήσεις του φυσικού κόσμου και ξυπνούν διαισθήσεις σχετικά με το τι συμβαίνει στον εικονικό κόσμο.

Παράδειγμα 3: Ζυγαριές από δυνάμεις, αποστάσεις και σχέσεις αναλογίας με εξισώσεις και ισοδυναμίες

Το επόμενο παράδειγμα προέρχεται από το ψηφιακό βιβλίο, το οποίο αποτελεί τη ψηφιακή έκδοση του επίσημου βιβλίου που διδάσκονται οι μαθητές σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Πρόκειται για ένα βιβλίο με τεράστια προβολή. Αρκεί να αναλογιστεί κανείς πως η ιστοσελίδα στην οποία δημοσιεύεται το ψηφιακό βιβλίο έχει τεράστια επισκεψιμότητα. Σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, με έντεκα εκατομμύρια

κατοίκους, τα τελευταία τεσσαράμισι χρόνια έχουν επισκεφτεί την ιστοσελίδα εξήμιση εκατομμύρια επισκέπτες. Επομένως πρόκειται για πολύ μεγάλο εύρος πρόσβασης. Είναι ένα νέο πεδίο εισόδου και υποδομών για τον κάθε ενδιαφερόμενο προκειμένου να έχει ένα μεγάλο πλούτο εργαλείων στη διαθεσιμότητά του (Κυνίγος, in press).

Το συγκεκριμένο παράδειγμα που θα παρουσιαστεί σε αυτή την ενότητα έχει σχέση με τις εξισώσεις και τον τρόπο που αυτές είναι στημένες στο ψηφιακό σχολείο. Στο Ψηφιακό σχολείο οι προγραμματιστές έχουν δημιουργήσει ένα δυναμικό πείραμα στο οποίο οι εξισώσεις αναπαριστώνται με δύο ζυγαριές δίνοντας στο μαθητή την εξής προβληματική: «Φαντάσου ότι έχεις δύο πραγματικές ζυγαριές και θες η ζυγαριά να ισορροπήσει στη μέση χωρίς να βαραίνει προς τη μία ή την άλλη πλευρά. Μπορείς να αλλάξεις τον αριθμό των αγνώστων σε περιεχόμενο κουτιά προκειμένου να βρεις τη λύση;». Εδώ λοιπόν αυτό που συμβαίνει είναι ότι υπάρχει μια προσομοίωση, η οποία τουλάχιστον από την οπτική της επιστήμης είναι πολύ περιορισμένη, επειδή, όπως διατυπώνεται, υποθέτει κανείς ότι έχει κιά σε ίδια απόσταση, ότι η ισορροπία αφορά κιά σε ίδια απόσταση και ότι αυτό που είναι σημαντικό, είναι τα γνωστά και άγνωστα βάρη με αποτέλεσμα ο στόχος να μετατοπίζεται στην αναζήτηση των αγνώστων. Επομένως πρόκειται για μια πολύ διαστρεβλωμένη αντίληψη του τι είναι προσομοίωση για ένα φυσικό φαινόμενο, η οποία όμως νομιμοποιείται γιατί προσομοιώνει ένα φυσικό φαινόμενο. Είναι σχεδιασμένη καθαρά για μαθηματικά και για δημιουργία μαθηματικών νοημάτων.

Το εντυπωσιακό εδώ είναι ότι όλα αυτά τα 1.700 μικρο-πειράματα που βρίσκονται στο ψηφιακό σχολείο είναι ανοικτά στους δασκάλους για να εμπλακούν σε αυτά ενεργά, τροποποιώντας τα με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκτούν και για τους ίδιους ενδιαφέρον (Κυνίγος, 2007a). Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστεί μια τέτοιου είδους εμπλοκή ενός καθηγητή μαθηματικών και ο τρόπος που επενέβη και άλλαξε το μικρο-πείραμα. Ο συγκεκριμένος έδωσε στους μαθητές του την εξής προβληματική: «Οι ζυγαριές που βλέπετε έχουν δύο σκεύη τα οποία μπορείτε να γεμίσετε με μπλε και κόκκινες μπάλες. Τώρα τα αντικείμενα είναι αφηρημένα επειδή είμαστε μαθηματικοί και δεν θέλουμε να ασχοληθούμε με την πραγματικότητα, δε χρειάζεται να δούμε τα κουτιά. Υποθέτουμε ότι αναφερόμαστε σε σκεύη που έχουν μέσα τους κουτιά, δε χρειάζεται να τα δούμε αλλά έχουμε σύμβολα για το πόσα πολλά είναι και τι είδους κουτιά είναι. Έτσι τα κόκκινα ζυγίζουν 20 γραμμάρια το καθένα και θέλουμε να καταλάβουμε πόσο ζυγίζουν οι μπλε μπάλες». Αξίζει να παρατηρήσει κανείς προσεκτικά τη διατύπωση της ξαφνικής ερώτησης στη συνέχεια «Υπάρχει καμία πιθανότητα οι ζυγαριές να είναι ελαττωματικές;» Πρόκειται για μια πολύ παράξενη ερώτηση. Πώς μπορεί μια εγκατάσταση να είναι ελαττωματική ειδικά όταν έχει τόσο μεγάλη επισκεψιμότητα και πώς μπορεί να αποτελέσει μέρος ενός προβλήματος; Έτσι οι καθηγητές εξεπλάγησαν από τις διαφορετικές στρατηγικές των μαθητών και τις διαφορετικές ιδέες που είχαν προκειμένου να βρουν τα άγνωστα μπλε μπαλάκια παρά το γεγονός ότι η ζυγαριά θα μπορούσε να είναι ελαττωματική.

Εικόνα 5: Απόσπασμα από το ψηφιακό σχολείο για το μικροπείραμα των ζυγαριών

File Edit View Options Tools Window Help ζυγαριά_v2.M1(a).app

4 2 3 7

Η διπλανή ζυγαριά έχει δύο δοχεία που τα γεμίζουμε με μπλέ μπίλιες και κόκκινες μπίλιες.

Οι κόκκινες μπίλιες ζυγίζουν 20 γραμμάρια η κάθε μια. Υπάρχει περίπτωση η ζυγαριά να είναι χαλασμένη;

Μπορείτε να βρείτε πόσο ζυγίζει κάθε μπλε μπίλια;

1. Μετακινήστε τα σημεία με την ένδειξη +/- επάνω στον μπλε και κόκκινο δρομέα για να βάλετε ή να βγάλετε αντίστοιχα μπλέ ή κόκκινες μπίλιες από το αντίστοιχο δοχείο.
2. Οι αριθμοί πάνω από κάθε δοχείο δείχνουν πόσες μπίλιες του αντίστοιχου χρώματος περιέχει.

input

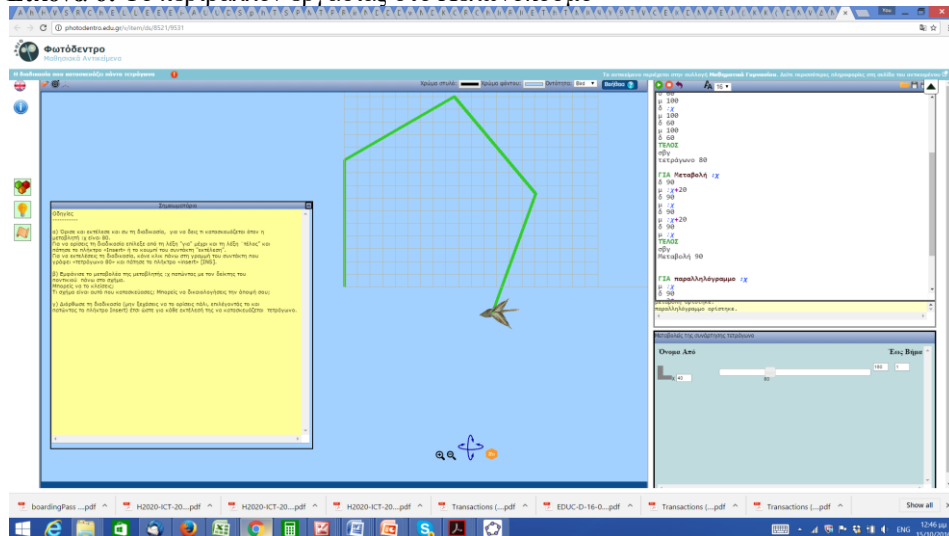
Πρώτα από όλα οι μαθητές θέλησαν να βρουν σε τι βαθμό ήταν ελαττωματική η ζυγαριά. Έτσι ένας από αυτούς σκέφτηκε να βάλει τον ίδιο αριθμό αντικείμενων και στις δύο πλευρές και έπειτα στη μια πλευρά να προσθέσει το αντικείμενο που γνωρίζει ότι είναι κόκκινο για να δει πόσο χρειάζεται να αλλάξει τον εξ αρχής ισοδύναμο αριθμό για να υπάρξει ισορροπία προκειμένου να βρει πόσο εκτός ισορροπίας είναι. Έτσι αν ήταν 20 και εγώ χρειάστηκε να πάω από το 2 στο 5 αυτό σημαίνει ότι είναι εκτός ισορροπίας από 60 και πάνω. Και έπειτα αν θέλει κανείς να βρει πόσο ζυγίζει μια μπλε μπάλα μπορεί να προσθέσει μια και να δει πόσες κόκκινες μπάλες πρέπει να ξανά προσθέσει για να έχει ισορροπία. Ως εκ τούτου συνειδητοποιεί ότι σε μια ισορροπία αυτό που έχει σημασία δεν είναι ότι η ισορροπία λειτουργεί σωστά αλλά η διατήρηση της ισοδυναμίας, είτε η ισοδυναμία είναι σε ίσες ζυγαριές είτε όχι. Συγκεφαλαιώνοντας αυτός ήταν ο πειραματισμός για τη σημασία των φυσικών φαινομένων και των συνδέσεων που αποκτούν οι μαθητές μέσα από τις προσομοιώσεις για τα φυσικά φαινόμενα, προκειμένου αυτές να αλλαχτούν με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι σε θέση να φέρουν τους μαθητές αντιμετώπους με περισσότερο ενδιαφέρουσες μαθηματικές ιδέες.

Παράδειγμα 4: Αποσφαλματώνοντας (de-bugging) ένα ελαττωματικό μαθηματικό ορθογώνιο παραλληλόγραμμο και δημιουργώντας μια συνάρτηση

Το τέταρτο παράδειγμα προέρχεται από το «Χελωνόκοσμος» (Κυρίγος, 1991; 2001) το οποίο βρίσκεται επίσης μέσα στο ψηφιακό σχολείο. Η προβληματική που δόθηκε στους μαθητές ήταν η εξής: «*Η ομάδα του Κώστα προσπάθησε να γράψει μια προγραμματιστική διαδικασία που θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο το οποίο δεν θα είναι τετράγωνο. Οι μαθητές έγραψαν “parallilogrammo” αλλά η εικόνα που εμφανίζεται δεν ήταν αυτό που περιμέναμεν. Μπορείς να βοηθήσεις την ομάδα του Κώστα να διορθώσει τη διαδικασία, έτσι ώστε όταν εκτελείται η διαδικασία “parallilogrammo” να δημιουργείται πάντα ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο το οποίο δεν θα είναι τετράγωνο;*». Επομένως αυτό που συμβαίνει εδώ είναι ότι μπορεί κανείς να παρακολουθεί τις αλλαγές στο αντικείμενο, καθώς αυτό αλλάζει, κάθε φορά που τροποποιείται κάποια τιμή ή παράμετρος. Έτσι ο χρήστης μπορεί να σκεφτεί για τα μαθηματικά ενός αντικειμένου αλλά και για τα μαθηματικά που σχετίζονται με τη συμπεριφορά ενός αντικειμένου-γεγονός πραγματικά ανέφικτο με τα στατικά μέσα.

Εδώ λοιπόν είχαμε τις μαθηματικές ιδέες και τα αντικείμενα που αναπαριστούσαν συγκεκριμένα πράγματα και έπρεπε ο μαθητής μόνος του να καταλάβει ότι η αναπαράσταση αναφερόταν σε ένα σύνολο πραγμάτων και ότι δεν είχε σημασία πόσα συγκεκριμένα ή τι είδους συγκεκριμένα πράγματα είχε στη διάθεσή του, αλλά το γεγονός ότι είχε αντικείμενα που μπορούσε να αλλάξει και να χειριστεί δυναμικά. Ως εκ τούτου μπορεί πλέον ο χρήστης να σκεφτεί με όρους μαθηματικών αντικειμένων και μαθηματικών φαινομένων γιατί υπάρχει ένα αντικείμενο και ο τρόπος που αυτό αλλάζει. Είναι λοιπόν ένας νέος τρόπος όπου μπορεί κανείς να σκεφτεί σχετικά με ένα φαινόμενο είτε εικονικό ή μηχανικής είτε μαθηματικό.

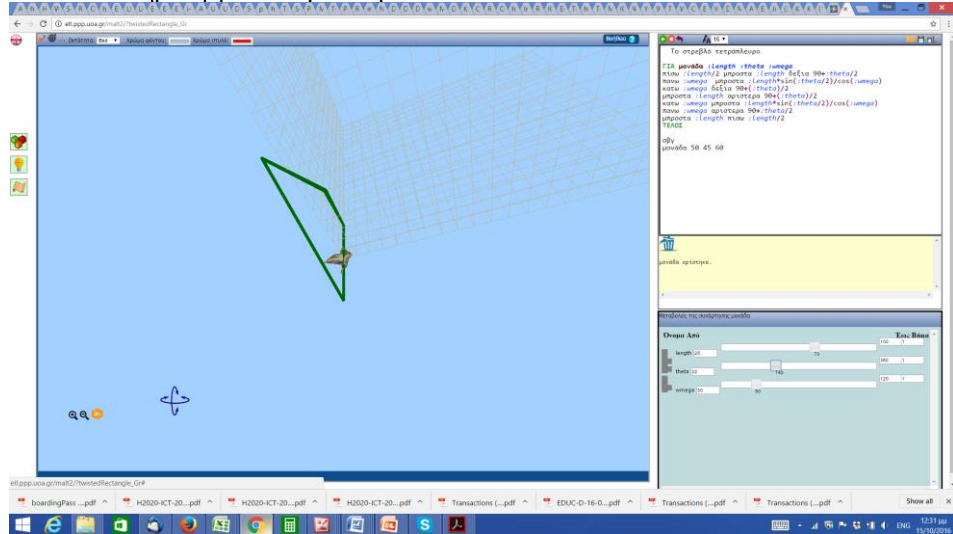
Το πιο ενδιαφέρον μάλιστα σε αυτό το παράδειγμα είναι η απάντηση δύο μαθητών, οι οποίοι δημιούργησαν μια διαδικασία και προσπάθησαν να ξεγελάσουν το δάσκαλό τους. Αυτοί σκέφτηκαν το εξής: κράτησαν τη μια πλευρά και στην άλλη πλευρά, δηλαδή την ακόλουθη της πρώτης, έδωσαν την τιμή, να είναι όσο η πρώτη συν 20, ώστε να μη σχηματιστεί ποτέ ένα τετράγωνο. Έτσι ξεκίνησαν να δημιουργούν και να χρησιμοποιούν την ιδέα της συνάρτησης για να ξεγελάσουν τον καθηγητή τους σε ένα παιχνίδι σχετικό με τα μαθηματικά, την κατασκευή μαθηματικών αντικειμένων και τη συμπεριφορά τους.

Εικόνα 6: Το περιβάλλον εργασίας στο Χελωνόκοσμο

Παράδειγμα 5: Δημιουργώντας δυναμικά 3D μοντέλα τα οποία είναι δύσκολο να οικοδομηθούν ή να οπτικοποιηθούν με φυσικά υλικά

Τέλος το τελευταίο παράδειγμα είναι σχετικά με αντικείμενα, με τα οποία πλέον μπορείς να οπτικοποιήσεις και να χειριστείς φυσικά ή μηχανικά αντικείμενα. Ας πάρουμε την περίπτωση του στρεβλού τετράπλευρου. Εάν κάποιος πάρει ένα φύλλο χαρτί και κολλήσει τα κάτω μέρη του σε ένα τραπέζι αρχίζοντας να περιστρέφει τα πάνω μέρη, θα διαπιστώσει φυσικά ότι δεν μπορεί, γιατί χρειάζεται να τα επεκτείνει. Ωστόσο αν υποθέσουμε ότι το υλικό ήταν πλαστελίνη θα τα περιστρέφε κανονικά και τότε συγκεκριμένοι μαθηματικοί κανόνες πίσω από αυτές τις περιστροφές θα εξηγούσαν τη δημιουργία αυτού του σχήματος. Με την Χελωνόσφαιρα (<http://etl.ppp.uoa.gr/malt2>) την οποία αναπτύξαμε στο Εργαστήριο, δημιουργήσαμε ένα μισοψημένο μικρόκοσμο με στρεβλά τετράπλευρα όπου μπορεί κανείς να οπτικοποιήσει τι συμβαίνει κατά την περιστροφή. Ο χρήστης βλέπει τις τροποποιήσεις από πολλές διαφορετικές πλευρές, πειραματίζεται και συνειδητοποιεί τον τρόπο λειτουργίας καθώς βλέπει ταυτόχρονα τον προγραμματιστικό κώδικα (Κυπρίος, 2002; Izsak, 2005; Linn et al., 2010). Έτσι μπορεί παίζοντας με αυτόν να σχηματίζει και άλλα ορθογώνια, το ένα μέσα στο άλλο και να αλλάξει με το μέγεθος τους δημιουργώντας πολύ ωραίες κατασκευές βασισμένες σε απλές ιδέες, οι οποίες δεν θα μπορούσαν να υλοποιηθούν χωρίς αυτές τις τεχνολογίες.

Εικόνα 7: Δημιουργία δυναμικών μοντέλων



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ: ΝΕΑ ΕΙΔΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ, ΔΙΑΙΣΘΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΝΕΟΙ ΡΟΛΟΙ ΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

Συγκεφαλαιώνοντας σχετικά με τις διαισθήσεις συζητήθηκαν πέντε παραδείγματα. Για να γίνει κατανοητή η σημασία αυτών που συνέβησαν είτε κατά τη φάση του σχεδιασμού είτε της χρήσης της εκάστοτε ψηφιακής προσομοίωσης χρειάστηκε μια διεπιστημονική προσέγγιση και μια συνύφανση των θεωρητικών δομημάτων που έχουν κατα καιρούς διατυπωθεί και που το καθένα παό μόνο του αφορά μια μερική πτυχή αυτών που συνέβησαν. Το πρώτο παράδειγμα αφορούσε τις νευτώνειες τροχιές βολής και τις συγκρούσεις. Σε αυτό οι μαθητές επέλεξαν να κρατήσουν την ιδέα της σύγκρουσης αλλάζοντας όμως ολοκληρωτικά το φαινόμενο και αφαιρώντας τους Νευτώνιους κανόνες. Το ενδιαφέρον των παιδιών ήταν στις κορούσεις όπως αυτές φαίνονται σε ένα ψηφιακό παιχνίδι. Οι διαισθήσεις στις οποίες βασίστηκαν δεν είναι σίγουρο οτι αφορούσαν κρούσεις στο φυσικό κόσμο και όχι τουλάχιστον εν μέρει στον ψηφιακό από τις εμπειρίες τους με το συγκεκριμένο παιχνίδι. Είναι ενδιαφέρον πόση απόσταση είχε ο κόσμος των μαθητών από τους σχεδιαστές του αρχικού παιχνιδιού του ζογκλέρ αλλά και την προσομοίωση του αερόστατου που στόχευε στην εξήγηση μαθηματικών καθαρά αναπαραστάσεων των σχέσεων που διέπουν το φαινόμενο αφαιρώντας από τους μαθητές το ρόλο να εμπλακούν με τους κανόνες. Ποιές διαισθήσεις επομενως εγείρονται και προκαλούνται σε κάθε μια από τις περιπτώσεις αυτές και ποιά είναι η σημασία που μπορεί να δοθεί στο θέμα αυτό; Στο δεύτερο παράδειγμα που αφορούσε το εικονικό χόκεϋ ενεργοποιήθηκαν διαισθήσεις κρούσης και τριβής από το φυσικό κόσμο για να εξηγήσουν πολύ διαφορετικούς κανόνες ενός ψηφιακού παιχνιδιού. Η πρόκληση των διαισθήσεων στους παίκτες φάνηκε πολύ καλή εμπειρία για να διακρίνουν οι ίδιοι ποιές είναι οι

δισαιθήσει αυτές, να ανασταχαστούν για το αν είναι σωστές για ένα αντίστοιχο φυσικό φαινόμενο και να διαπιστώσουν βέβαια μέσα από την αντίθεση το οποίοι ήταν οι κανόνες του ψηφιακού αυτού shuffle ruck. Η ζυγαριά ανέδειξε τη λεπτομέρεια αλλά και τη σημασία των εννοιών που μπορούν να ενσωματωθούν σε μια προσομοίωση. Στην αρχική από το Ψηφιακό σχολείο προτάχθηκαν μαθηματικές σχέσεις σε ένα φαινόμενο από το φυσικό κόσμο με αναπόφευκτούς συμβιβασμούς πάνω στην ίδια την αναπαράσταση και την πιστότητά της ως προς το φυσικό φαινόμενο. Στην εκδοχή του ανασχεδιασμού από το Δημήτρη, προτάχθηκαν ακόμα μερισσότερο οι μαθηματικές σχέσεις μιας και αφαιρέθηκε η εικονική συσχέτιση αντικειμένων με το φαινόμενο ενώ η προσοχή ήταν στο να προταχθεί η έννοια της ισοδυναμίας στη θέση της εξίσωσης και της ισότητας. Χρησιμοποιήθηκε δηλαδή το φυσικό φαινόμενο για την πρόκληση μια καθαρά μαθηματικής διαίσθησης ότι εξίσωση ίσον ισότητα. Στην περίπτωση του ορθογώνιου που δεν μπορεί να γίνει τετράγωνο είχαμε την ενδιαφέρουσα ιδέα του μαθηματικού αντικειμένου που μόνο με ψηφιακά μέσα μπορεί να αναπαρασταθεί. Το μαθηματικό δηλαδή αντικείμενο είναι αυτό που έχει κατασκευαστεί με βάση τις ιδιότητές του και με εργαλείο που τις ενσωματώνει έτσι ώστε να μπορεί να μετασχηματιστεί με βάση αυτές. Οι αναπαραστάσεις αυτές επέτρεψαν στους μαθητές να επινοήσουν την ενσωμάτωση μιας αλγεβρικής σχέσης πάνω στις ιδιότητες του ορθογώνιου. Έτσι δημιουργήθηκε μια νέα εμπειρία χρήσης της γραμμικής συνάρτησης για την έκφραση ενός κανόνα πάνω σε γεωμετρικό αντικείμενο και μάλιστα ενός εμφυτευμένου κανόνα με σκοπό τον περιορισμό της κλάσης που περιέγραφε (δηλαδή όχι όλα τα ορθογώνια αλλά μόνο αυτά που δεν μπορούν να γίνουν τετράγωνο και μάλιστα όχι πάλι όλα). Ήταν μαθηματική διαίσθηση; Ότι κι αν ήταν σίγουρα τα παιδιά επινόησαν μια εφαρμογή μιας μαθηματικής σχέσης νοηματοδοτώντας την ίδια σε χρήση. Τέλος έγινε αναφορά στην ιδέα του στρεβλού τετράπλευρου, το οποίο δεν θα μπορούσε να οπτικοποιηθεί στο φυσικό κόσμο. Με το ψηφιακό εργαλείο της Χελωνόσφαιρας όμως μπορεί να κατασκευαστεί έτσι ώστε να έχει την ιδιότητα του μαθηματικού αντικειμένου όπως και με το ορθογώνιο. Η κατασκευή του μάλιστα συνυφαίνει έννοιες διδακτικής των μαθηματικών και της μηχανικής και επιπρόσθετα και του προγραμματισμού. Λάβαμε υπόψη όλες τις διαισθήσεις που προέκυψαν γιατί είναι πολύ χρήσιμο για μας να σκεφτούμε γύρω από αυτές σχετικά με φυσικά φαινόμενα.

Αναφορικά με την επιλογή μας να κρατήσουμε την έννοια της «διαίσθησης» και όχι να βρούμε μια νέα λέξη προκειμένου να περιγράψουμε, τι εννοούμε όταν μιλάμε για πρωτογενείς εξηγήσεις, αναδυόμενα νοήματα ή την ερευνητική μέθοδο (heuristics) πρέπει να αποσαφηνιστεί το εξής. Έχουν υπάρξει λέξεις στη Διδακτική των Μαθηματικών γύρω από αυτές τις ιδέες αλλά οι διαισθήσεις- όπως αυτές έχουν οριστεί και δουλευτεί ως μοντέλο από τον Piaget (1977) και τον diSessa (1983)- είναι πολύ ενδιαφέρουσες, γιατί πρόκειται για αφελείς, πρωταρχικές, πειραματικές εξηγήσεις, καθώς οι μαθητές εμπλέκουν τους εαυτούς τους σε πολύ διαφορετικές εμπειρίες και συζητούν για αυτές. Επομένως είναι σημαντικό να δούμε το είδος της κατανόησης που διαμορφώνεται σαν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης με τις βιωμένες εμπειρίες τους, την ιδέα της ανάκλησης

μιας διαίσθησης για να εξηγηθεί ένα φαινόμενο και την αντίσταση της να αποσβεστεί σταδιακά (fade out effect).

Είναι επίσης ενδιαφέρουσες για εμάς οι εμπειρίες με φαινόμενα πέρα από τον κόσμο της φυσικής λόγω του γεγονότος ότι συνυπάρχουν με φαινόμενα από το φυσικό κόσμο, έναν κόσμο όλο και πιο περίπλοκο στην επικοινωνία. Οι μαθητές βρίσκονται πλέον σε κοινότητες, σε διαφορετικές ομάδες και ανταλλάσσουν τις εμπειρίες τους αξιοποιώντας ψηφιακά μέσα και διαμεσολαβώντας τεχνήματα με πρωτοφανή τρόπο. Επομένως πρέπει να βοηθήσουμε τους μαθητές να βρουν μια γλώσσα στην οποία θα είναι σε θέση να χειριστούν τι συμβαίνει όταν βλέπουν φαινόμενα και τεχνήματα που δεν μπορούν να εξηγηθούν εύκολα.

Έτσι οι επόμενες ερευνητικές μας σκέψεις αναφορικά με τις διαισθήσεις είναι να μελετήσουμε αυτή τη διαδικασία της σταδιακής απόσβεσης τους περισσότερο αλλά και την ίδια στιγμή να εστιάσουμε σε ένα κόσμο -όπου εξαιτίας της ύπαρξης πολυποίκιλων φαινομένων- υπάρχει μια συνεχής δημιουργία νέων διαισθήσεων. Η μελέτη αυτή μας αφήνει λοιπόν με το ερώτημα: ως σχεδιαστές υλικού με τη μορφή ψηφιακών προσομοιώσεων ποιές νέες προοπτικές ανοίγονται για την δημιουργία νέων διαισθήσεων και την απόσβεση αφελών διαισθήσεων στους μαθητές.

Κλείνοντας αξίζει να επισημανθεί ότι οι διαισθήσεις αποτελούν κεφαλαιώδες κομμάτι στη ζωή κάθε ατόμου, καθώς πρόκειται για κάτι που ο καθένας φέρει από πολύ μικρός προσπαθώντας όλη τη ζωή του να αποσβήσει, επειδή συνεχώς εμβαθύνει και εκτίθεται σε διαφορετικά φαινόμενα, διαμορφώνοντας νέα είδη διαισθήσεων. Αυτή η παραγωγή και η διαδικασία απόσβεσης είναι πολύ περισσότερο ένα κομμάτι από τη ζωή των μαθητών αλλά αφορά και τις δικές ζωές. Επομένως πρέπει να βρούμε έναν πιο λεπτομερή βαθμό εξήγησης για να κατανοήσουμε τι συμβαίνει.

ΑΝΑΦΟΡΑ

Το άρθρο αυτό βασίστηκε σε ομιλία που έγινε το 2014 στα πλαίσια του συνεδρίου 'First International Conference in New Developments in Science and Technology Education', Organised by The Educational Technology Lab, School of Philosophy, University of Athens and the University of Quebec, (As. Prof. Z. Smyrniou Conf. Chair.) <https://www.youtube.com/watch?v=mRIEoHWyMpw>

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Anastopoulou, S., Smyrniou, Z., & Kynigos, C. (2011). Bringing intuitions of natural and virtual interactions into conflict: the POLYMECHANON experience. In E. Efthimiou, G. Kouroupetroglou, & C. Vogler (Eds.), Proceedings of the GW 2011: The 9th International Gesture Workshop Gesture in Embodied Communication and Human-Computer Interaction, (pp. 68-71).
- Artigue, M; Mariotti, M. (2014) Networking theoretical frames: the ReMath enterprise, Lagrange, J.B. and Kynigos, C. (Eds) (2014) Special Issue in Digital representations in mathematics education: conceptualizing the role of context and networking

- theories, *Educational Studies in Mathematics*, Springer Science + Business Media, Dordrecht 85(3), 329.
- Blikstein, P., & Cavallo, D. (2002). Technology as a Trojan Horse in school environments: The emergence of the learning atmosphere (II). In M. Auer & A. Auer (Eds.), *Proceedings of the interactive computer aided learning international workshop*.
- Davis, P. J. and Hersch. R. (1983) *The Mathematical Experience*, Hammondsworth, Middlesex, Penguin Books
- diSessa, A. (1983). Phenomenology and the evolution of intuition. In D. Gentner, & A. Stevens Why Is Intuition so Important to Mathematicians but Missing from Mathematics Education? (Eds.), *Mental models* (pp. 15-33). Mahwah: NJ: Erlbaum Associates.
- diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman, & P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the Computer Age* (pp. 49-70). Hillsdale: NJ: Lawrence Erlbaum.
- diSessa, A. (2013). Processing Inaccurate Information. In D. N. Rapp, & J. L. Braasch (Eds.), *Processing inaccurate information: Theoretical and applied perspectives from cognitive science and the educational sciences* (pp. 279-297). Cambridge: MA: MIT Press.
- diSessa, A. (2014). The construction of causal schemes: Learning mechanisms at the knowledge level. *Cognitive Science*, 5, pp. 795-850.
- diSessa, A. A., & Abelson, H. (1986). Boxer: A reconstructible computational medium. *Communications of the ACM*, 29(9), 859-868.
- diSessa, A., & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (1), pp. 77-103.
- Fischbein, E. (1987) *Intuition in Science and Mathematics: An educational approach*, Dordrecht, D. Reidel.
- Hersch, R. (1998) *What is Mathematics really?*, London, Vintage Books
- Izsak, A. (2005). “You have to count the squares”: Applying knowledge in pieces to learning rectangular area. *Journal of the Learning Sciences*, 14 (3), pp. 361–403.
- Kapon, S., & diSessa, A. A. (2012). Reasoning through instructional analogies. *Cognition and Instruction*, 3, pp. 261-310.
- Kynigos C. (2002). Generating Cultures for Mathematical Microworld Development in a Multi-Organisational Context. *Journal of Educational Computing Research*, Baywood Publishing Co. Inc. (1 and 2), 183-209.
- Kynigos, C. (1991). Can Children Use the Turtle Metaphor to Extend their Learning to Non-intrinsic Geometry? In F. Furinghetti (Ed.), *Proceedings of the 15th PME International Conference*, 2, pp. 269-276.
- Kynigos, C. (1995). Programming as a means of expressing and exploring ideas in a directive educational system: three case studies. In A. diSessa, C. Hoyles, and R. Noss (Ed.), *Computers and Exploratory Learning* (pp 399-420). Berlin: Springer Verlag

- Kynigos, C. (2001). E-slate Logo as a basis for constructing microworlds with mathematics teachers. *Proceedings of the 9th Eurologo Conference*, Lintz, Austria, 65-74.
- Kynigos, C. (2004). A "black-and-white box" approach to user empowerment with component computing. *Interactive Learning Environments*, 12 (1-2), pp. 27-71.
- Kynigos, C. (2007). Half-baked logo microworlds as boundary objects in integrated design. *Informatics in Education-An International Journal*, 6 (2), pp. 335-359.
- Kynigos, C. (2012). Niches for Constructionism: forging connections for practice and theory. In C. Kynigos, J. E. Clayson, & N. Yiannoutsou (Eds.), *Proc. of Constructionism 2012 Conference*, (pp. 40-51). Athens.
- Kynigos, C. (2015) Constructionism: Theory of Learning or Theory of Design? In *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* 417- 438, Sung Je Cho (Ed), DOI 10.1007/978-3-319-17187-6, © Springer International Publishing Cham Heidelberg New York Dordrecht London, Switzerland 2015.
- Kynigos, C. (in press) Constructionist mathematics with institutionalized infrastructures: the case of Dimitris and his students. *"Innovation and Technology. Perspectives on Mathematics Education in the Digital Era"*. Montone, A., Faggiano, E. (Eds) Springer.
- Kynigos, C., Koutlis, M., & Hadzilacos, T. (1997). Mathematics with Component-Oriented Exploratory Software. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3, σσ. 229–250.
- Κυνηγός Χ., Σμυρναίου Ζ. & Ρούσσου Μ. (2011). Δημιουργώντας νοήματα στις Φυσικές Επιστήμες με συνεργατικά κιναισθητικά παιχνίδια, 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση «Αλληλεπιδράσεις εκπαιδευτικής έρευνας και πράξης στις Φυσικές Επιστήμες», Αλεξανδρούπολη, 15-17 Απριλίου, σελ. χχχ.
- Lagrange, J. -B., & Kynigos, C. (2014). Digital technologies to teach and learn mathematics: Context and re-contextualization. *Educational Studies in Mathematics*, 85 (3), pp. 381-403.
- Leone Burton Why is Intuition so important to Mathematics but missing from Mathematics Education? *For the Learning of Mathematics* Vol. 19, No. 3 (Nov., 1999), pp. 27-32 Published by: FLM Publishing Association Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/40248307>
- Linn, M. C., Chang, H. Y., Chiu, J., Zhang, H., & McElhaney, J. K. (2010). Can desirable difficulties overcome deceptive clarity in scientific visualizations? In A. Benjamin (Ed.), *Successful remembering and successful forgetting: A Festschrift in honor of Robert A. Bjork* (pp. 239-262). New York: Routledge.
- Nemirovsky, R. (1994). On ways of symbolizing: The case of Laura and the velocity sign. *The Journal of Mathematical Behavior*, 4, pp. 389-422.
- Noss, R., & Hoyles, C. (1996). *Windows on Mathematical Meanings: Learning Cultures and Computers*. Springer Netherlands.

- Noss, R., Healy, L., & Hoyles, C. (1997). The Construction of Mathematical Meanings: Connecting the Visual with the Symbolic. *Educational Studies in Mathematics*, 33, pp. 203-233.
- Papadopoulos, I., Diamantidis, D., & Kynigos, C. (Manuscript submitted for publication). Meaning-generation through an interplay between problem solving and Constructionism in the e-book technology environment. *CERME 10*.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books, Inc.
- Papert, S. (1987). Microworlds: transforming education. In *Artificial intelligence and education*, 1, pp. 79-94.
- Parnafes, O. (2007). What does “fast” mean? Understanding the physical world through computational representations. *Journal of the Learning Sciences*, pp. 415–450.
- Piaget, J. (1930). *The child’s conception of causality*. (M. Gabain, Trans.) London, UK: Kegan Paul.
- Piaget, J. (1977). *The development of thought: Equilibration of cognitive structures*. Oxford, England: Viking.
- Rabardel, P. (1995). Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains. Paris. Armand Colin.
- Rhodes, M., & Wellman, H. (2013). Constructing a new theory from old ideas and new evidence. *Cognitive Science*, 3, pp. 592–604.
- Sherin, B. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*, 4, pp. 479-541.
- Skemp, R. (1986). *The Psychology of Learning Mathematics*. Harmondsworth: Penguin.
- Smith, J. P., diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A Constructivist analysis of knowledge in transition. *Journal of the Learning Sciences*, pp. 115-163.
- Talmy, L. (1988). Force dynamics in language. *Cognitive Science*, pp. 49-100.
- Trouche, L. (2004). Managing the Complexity of Human/Machine Interactions in Computerized Learning Environments: Guiding Students’ Command Process through Instrumental Orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9(3), pp. 281-307.
- Vergnaud, G. (2009). The Theory of Conceptual Fields. *Human Development*, 52, 83–94. DOI: 10.1159/000202727.
- Wagner, J. F. (2006). Transfer in pieces. *Cognition and Instruction*, pp. 1-71.
- Wellman, H., & Gelman, S. A. (1998). Knowledge acquisition in foundational domains. In D. Kuhn, & S. Siegler (Eds.), *Handbook of child psychology* (pp. 523-573). New York: John Wiley & Sons.
- Wilder, R. L. (1984) The role of Intuition, in Campbell, D. M. and Higgins, J. C. (eds) *Mathematics, People, Problems, Results*, Vol. II, Belmont, CA, Wadsworth International, 37-45.

Wilensky U., & Papert S. (2010) Restructurations: Reformulations of knowledge disciplines through new representational forms. In: Clayson J. & Kalas I. (Eds.) Constructionist approaches to creative learning, thinking and education: Lessons for the 21st century. *Proceedings of the Constructionism 2010 Conference* (pp. 97–105). Paris: American University of Paris.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

***Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τα
Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες***

Σχεδιασμός Συνθετικών Μαθησιακών Δραστηριοτήτων για τα Μαθηματικά και τη Φυσική: Κλάσματα και Μείγματα

Γεωργία Ιντζίδου¹ & Σόνια Καφούση²

¹ Εκπαιδευτήρια Ε. Μαντουλίδη, tzo_georgia@hotmail.com

² Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kafoussi@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα έρευνα επιχειρείται ο σχεδιασμός συνθετικών μαθησιακών δραστηριοτήτων για τα Μαθηματικά και τη Φυσική και ο έλεγχος αποτελεσματικότητας τους σε μαθητές και μαθήτριες της Ε΄ Δημοτικού. Πιο συγκεκριμένα, η παρέμβαση αφορά στη διδασκαλία της πρόσθεσης ομόνυμων και ετερόνυμων κλασμάτων με πλαίσιο αναφοράς τα μείγματα στην Ε΄ Δημοτικού προκειμένου οι μαθητές να παρουσιάσουν τρόπους λύσης για την πρόσθεση κλασμάτων με πλαίσιο αναφοράς τα μείγματα. Η παρέμβαση έχει εισαγωγικό χαρακτήρα, δηλαδή μέσω αυτής οι μαθητές και οι μαθήτριες έρχονται για πρώτη φορά σε επαφή με την πρόσθεση κλασμάτων και με την έννοια των μειγμάτων. Για τον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων αξιοποιήθηκαν οι αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας για τα δύο αυτά γνωστικά αντικείμενα με στόχο την υπέρβασή τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το συγκεκριμένο πλαίσιο αναφοράς φαίνεται να λειτουργεί αποτελεσματικά για τους περισσότερους μαθητές σχετικά με την πρόσθεση κλασμάτων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: διεπιστημονική προσέγγιση, δραστηριότητα, κλάσματα, μείγματα, αντιλήψεις μαθητών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι στόχοι που τίθενται στη μαθηματική εκπαίδευση των μαθητών τα τελευταία χρόνια προσανατολίζονται κυρίως προς την καλλιέργεια του «μαθηματικού γραμματισμού», δηλαδή την καλλιέργεια της ικανότητας του ατόμου να μπορεί αφενός – χρησιμοποιώντας τα Μαθηματικά ως χρήσιμο εργαλείο στην καθημερινή του ζωή- να αναλύει, να ερμηνεύει και να επεμβαίνει στο κοινωνικό του περιβάλλον και αφετέρου να αναλύει και να ερμηνεύει τον τρόπο που χρησιμοποιούνται τα μαθηματικά για τη λήψη αποφάσεων στο κοινωνικό του περιβάλλον. Η διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης, η έννοια της «δραστηριότητας», η αξιοποίηση των αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές ερχόμενοι στο σχολείο για τα διάφορα γνωστικά αντικείμενα χρησιμοποιούνται πλέον, για να δώσουν

μία άλλη διάσταση στον τρόπο διδασκαλίας των Μαθηματικών προσανατολισμένη στην καλλιέργεια πολλών από των παραπάνω ικανοτήτων.

ΘΕΩΤΗΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ο όρος διεπιστημονικότητα στα Μαθηματικά και τη Φυσική

Ο παιδαγωγός J. Dewey είχε τονίσει πως «Δεν έχουμε μια σειρά από διαφορετικούς κόσμους, ένας από τους οποίους είναι ο κόσμος των Μαθηματικών, άλλος της Φυσικής, άλλος της Ιστορίας. Ζούμε σ' έναν κόσμο όπου όλες οι πλευρές συνδέονται» (Eby, Herrell, & Hicks, 2002). Πράγματι, η φράση αυτή επιβεβαιώνεται τα τελευταία χρόνια, αφού στον χώρο της Εκπαίδευσης γίνονται συνεχείς προσπάθειες για μία σφαιρική προσέγγιση της γνώσης με στόχο την αποφυγή του κατακερματισμού της γνώσης σε επιμέρους κομμάτια. Την προσπάθεια αυτή εκπροσωπεί ο όρος διεπιστημονικότητα (interdisciplinarity) ή η διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης.

Αρκετοί ερευνητές προσπάθησαν να συνδέσουν τα Μαθηματικά με τις Φυσικές Επιστήμες μεταξύ τους, σεβόμενοι την πολυδιάστατη σχέση που υπάρχει ανάμεσα σε αυτές τις δύο επιστήμες. Πιο συγκεκριμένα, ο Τζανάκης (1999) στην έρευνά του παραθέτει πολλά παραδείγματα που τονίζουν ιδιαίτερα την ιστορικά στενή και αμφίδρομη σχέση Μαθηματικών. Επίσης, ο Michelsen (2005) σε δική του έρευνα αναφέρει πως η Φυσική παρέχει ενδιαφέροντα προβλήματα προς διερεύνηση στα Μαθηματικά και τα Μαθηματικά παρέχουν στη Φυσική πολυδύναμα εργαλεία για την ανάλυση των δεδομένων και τη διατύπωση των αντίστοιχων θεωριών. Οι FitzSimons, & Díez-Palomar (2014) σε δική τους έρευνα συμπέραναν ότι οι διεπιστημονικές προσεγγίσεις στα Μαθηματικά και τη Φυσική προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στους μαθητές, στους εκπαιδευτικούς αλλά και στη διδασκαλία.

Η έννοια της δραστηριότητας στα Μαθηματικά και τη Φυσική

Στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (2011) η έννοια της δραστηριότητας χαρακτηρίζεται ως μία έννοια που περιλαμβάνει την ενεργό δράση των εμπλεκόμενων ατόμων, τα οποία έχουν ένα κίνητρο και έναν στόχο να πραγματοποιήσουν. Ένα είδος των παραπάνω καταστάσεων είναι οι συνθετικές εργασίες.

Οι μαθηματικές δραστηριότητες θα πρέπει να σχετίζονται με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες των παιδιών, να συνυπολογίζουν τις προηγούμενες γνώσεις (αντιλήψεις) και εμπειρίες των παιδιών, να είναι ευχάριστες, να κινούν το ενδιαφέρον των παιδιών, αλλά επίσης να συνδέονται με τις μαθηματικές έννοιες που θέλουμε να αναπτύξουμε (Τζεκάκη, 2015).

Όσον αφορά στον χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε μία νέα διδακτική προσέγγιση που στόχο έχει τη μάθηση μέσα από ερευνητικές δραστηριότητες. Η διδακτική αυτή προσέγγιση με τίτλο « Εκπαίδευση τις Φυσικές επιστήμες που βασίζεται στη Διερεύνηση» (Inquiry Based Science Education), εστιάζει στην ενεργό συμμετοχή των παιδιών, τον πειραματισμό, την επιχειρηματολογία και την ανάπτυξη μιας σχέσης με τις Φυσικές Επιστήμες η οποία εδράζεται στην περιέργεια των μαθητών που καθοδηγείται από τον εκπαιδευτικό (Harlen, 2012).

Περί αντιλήψεων των μαθητών και αναγκαιότητας σχεδιασμού δραστηριοτήτων

Ήδη από το 1968 ο Ausubel είχε εστιάσει το ενδιαφέρον του στις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για ένα φαινόμενο, πριν έρθουν στο σχολείο. Για τον λόγο αυτό πρότεινε η διδασκαλία να στηρίζεται πάνω σε αυτές τις απόψεις – αντιλήψεις που προϋπάρχουν στο μυαλό του μαθητή.

Πολλές από τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για τον φυσικό κόσμο είναι τόσο εδραιωμένες, που δύσκολα αλλάζουν με τη διδασκαλία (Κόκκοτας, 2008). Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητο κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού, που στόχο έχει τη δημιουργία τις αποτελεσματικού μαθησιακού περιβάλλοντος, να ληφθούν υπόψη οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών.

Εκτός όμως από την ανάγκη ενασχόλησης με τις αντιλήψεις των μαθητών κατά τη διάρκεια δημιουργίας εκπαιδευτικού υλικού, γίνεται εύκολα αντιληπτή η βαρύτητα που δίνεται στη μαθηματική δραστηριότητα, διότι μέσω αυτής επιτυγχάνεται η ανάδυση του μαθηματικού νοήματος που οδηγεί σε μια πιο ουσιαστική μάθηση των Μαθηματικών. Ιδιαίτερα, σημαντικός, λοιπόν είναι ο σχεδιασμός κατάλληλων μαθηματικών δραστηριοτήτων που θα πληρούν όλες εκείνες τις προϋποθέσεις που θα κάνουν τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά, να δημιουργούν νοήματα και όχι απλά να «λύνουν ασκήσεις» ή να διεκπεραιώνουν διαδικασίες.

Ο σωστός σχεδιασμός και η ουσιαστική εφαρμογή σωστά πλαισιωμένων μαθηματικών δραστηριοτήτων στη σχολική τάξη αποτελούν σημαντικές διαδικασίες, που μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να «κάνουν Μαθηματικά».

ΣΚΟΠΟΣ, ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί ο σχεδιασμός και η εφαρμογή συνθετικών μαθησιακών δραστηριοτήτων για τα Μαθηματικά και τη Φυσική και πιο συγκεκριμένα για τα Κλάσματα και τα Μείγματα σε μαθητές της Ε΄ Δημοτικού. Ο σχεδιασμός της δραστηριότητας για τη διδασκαλία των Κλασμάτων και των Μειγμάτων πληροί όλες εκείνες τις προϋποθέσεις που μετατρέπουν μία απλή δραστηριότητα σε μια μαθησιακή μαθηματική δραστηριότητα. Η δραστηριότητα έχει εισαγωγικό χαρακτήρα, δηλαδή, εφαρμόστηκε σε σχολική τάξη πριν οι μαθητές διδαχτούν την πρόσθεση κλασμάτων στα Μαθηματικά και τα Μείγματα στη Φυσική. Ωστόσο, οι μαθητές ήδη γνώριζαν να συγκρίνουν κλάσματα ομώνυμα και ετερόνυμα χρησιμοποιώντας διάφορες στρατηγικές όπως η μετατροπή σε δεκαδικούς αριθμούς, η μετατροπή σε ισοδύναμα κλάσματα με τη χρήση κοινών πολλαπλάσιων ή του ελάχιστου κοινού πολλαπλάσιου, η παρατήρηση αν είναι γνήσια ή καταχρηστικά κ.λπ. Επίσης, ήδη γνώριζαν σε θεωρητικό επίπεδο από το προηγούμενο κεφάλαιο της Φυσικής «Υλικά Σώματα» την έννοια της (χημικής) ουσίας, του μείγματος και ότι στη φύση και την καθημερινότητά μας τα περισσότερα υλικά είναι μείγματα διάφορων ειδών. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε αξιοποιεί τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές και οι μαθήτριες για τα κλάσματα και για τα μείγματα με στόχο την υπέρβασή τους.

Ως επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας ορίζονται τα εξής:

- Ποιες αντιλήψεις έχουν οι μαθητές και οι μαθήτριες για την πρόσθεση ομώνυμων και ετερόνυμων κλασμάτων πριν από την παρέμβαση;
- Είναι εφικτή η διδακτική επεξεργασία και η υπέρβαση των αντιλήψεων αυτών μέσα από την ενασχόληση των μαθητών με μαθησιακές δραστηριότητες που έχουν ως πλαίσιο αναφοράς τα μείγματα;
Οι διδακτικοί στόχοι της παρέμβασης είναι οι εξής:
- Οι μαθητές να εισαχθούν στην πρόσθεση ομώνυμων και ετερόνυμων κλασμάτων.
- Να μετατρέπουν ετερόνυμα κλάσματα σε ομώνυμα χρησιμοποιώντας δύο στρατηγικές: το Ελάχιστο Κοινό Πολλαπλάσιο των παρονομαστών ή τη μετατροπή των κλασμάτων σε ισοδύναμα κλάσματα κάνοντας απλοποίηση.
- Να συνεργάζονται σε ομάδες των 3 ή των 4 ατόμων για την επίτευξη μιας δραστηριότητας.
- Να δημιουργήσουν μείγματα αναμειγνύοντας διάφορα υλικά.
Συνδυαστικά οι «μαθηματικοί» και οι «φυσικοί» διδακτικοί στόχοι της παρούσας εργασίας θα μπορούσαν να συνοψιστούν στον παρακάτω κοινό διδακτικό στόχο:
- Οι μαθητές να παρουσιάσουν τρόπους λύσης για την πρόσθεση κλασμάτων με πλαίσιο αναφοράς τα μείγματα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 106 μαθητές που φοιτούν στην Ε΄ Τάξη του Ιδιωτικού Δημοτικού Σχολείου Εκπαιδευτήρια Ε. Μαντουλίδη του νομού Θεσσαλονίκης. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα 5 τμήματα της Ε΄ Δημοτικού με 22 μαθητές, 22 μαθητές, 20 μαθητές, 22 μαθητές και 20 μαθητές αντίστοιχα.

Ερευνητικό Εργαλείο

Ως εργαλείο συλλογής δεδομένων στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκε το ερωτηματολόγιο. Το ίδιο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε δύο φορές, ως pretest, πριν από την παρέμβαση, για να μελετηθούν οι αντιλήψεις των μαθητών σε θέματα πρόσθεσης κλασμάτων και μιγμάτων και, έπειτα, ως post-test, μετά την παρέμβαση, για να μελετηθεί κατά πόσο η παρέμβαση βοήθησε τους μαθητές να αλλάξουν τις απόψεις τους ή να τις διατηρήσουν ίδιες.

Διδακτική Παρέμβαση

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση για συγκέντρωση των αντιλήψεων των μαθητών στο θέμα της πρόσθεσης κλασμάτων και στα μείγματα. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν ορισμένες μόνο αντιλήψεις μαθητών που ανέδειξε η σχετική βιβλιογραφία και πάνω σε αυτές δημιουργήθηκε το ερωτηματολόγιο με τίτλο «Παιχνίδι Γνώσεων» (βλ. ενδεικτικά στο Παράρτημα).

Έπειτα, σε πέντε διδακτικές ώρες (μία διδακτική ώρα σε κάθε τμήμα της Ε΄ Δημοτικού) μοιράστηκαν στους μαθητές τα ερωτηματολόγια με τίτλο «Παιχνίδι γνώσεων» και τους ζητήθηκε να κυκλώσουν όποια απάντηση τους εκφράζει περισσότερο. Το κάθε παιδί ασχολήθηκε ατομικά με το ερωτηματολόγιό του.

Τις τέσσερις επόμενες μέρες της εβδομάδας πραγματοποιήθηκε η παρέμβαση με τίτλο «Μία λεμονάδα... από λεμόνια παρακαλώ!». Οι μαθητές σε κάθε τμήμα χωρίστηκαν σε ομάδες των 3 - 4 ατόμων και συγκέντρωσαν στο κέντρο της ομάδας τους τα υλικά που ήταν απαραίτητα για τη δημιουργία της λεμονάδας καθώς και δύο ογκομετρικά δοχεία. Η πρώτη δραστηριότητα του Φύλλου Εργασίας « Μία λεμονάδα... από λεμόνια παρακαλώ!» έχει ως στόχο να μάθουν οι μαθητές να προσθέτουν ομώνυμα κλάσματα. Συγκεκριμένα, οι μαθητές αφού έχουν συγκεντρώσει στο κέντρο της ομάδας τους όλα τα απαραίτητα υλικά και αφού έχουν στόψει τα λεμόνια, δημιουργώντας χυμό λεμονιού, καλούνται να γεμίσουν το ογκομετρικό δοχείο με $1/3$ νερό και στη συνέχεια να προσθέσουν $1/3$ χυμό λεμονιού, ανακατεύοντας καλά το νέο υλικό. Έπειτα, τους ζητείται να παρατηρήσουν τη νέα ένδειξη που δείχνει το ογκομετρικό δοχείο, δηλαδή τα $2/3$, και να συζητήσουν τις «μαθηματικές» παρατηρήσεις τους με την ομάδα τους. Αν και στο πείραμά μας δεν συμβαίνει μεταβολή (αύξηση ή μείωση) του όγκου κατά την ανάμειξη των δύο υλικών, ήταν απαραίτητη η συζήτηση για τη μεταβολή (αύξηση ή μείωση) όγκου κατά την ανάμειξη άλλων υλικών (π.χ. νερό με οινόπνευμα). Επίσης, ήταν απαραίτητη η αναφορά ότι το νερό της βρύσης (πόσιμο) όπως και ο χυμός λεμονιού είναι ήδη μείγματα και αποτελούνται από συγκεκριμένες ουσίες. Στη συνέχεια, καλούνται να συμπληρώσουν σε ένα πινακάκι του Φύλλου Εργασίας το άθροισμα της ποσότητας του νερού και της ποσότητας του λεμονιού που παρατήρησαν στο ογκομετρικό δοχείο ($1/3 + 1/3 = 2/3$), διαπιστώνοντας ότι όταν προσθέτουμε ομώνυμα κλάσματα, προσθέτουμε μόνο τους αριθμητές.

Η δεύτερη δραστηριότητα του Φύλλου Εργασίας «Μία λεμονάδα... από λεμόνια παρακαλώ!» έχει ως στόχους οι μαθητές να δημιουργήσουν μείγματα αναμειγνύοντας διάφορα υλικά και να διαπιστώσουν πειραματικά σε ποια μείγματα μπορούμε να διακρίνουμε τα συστατικά του και σε ποια μείγματα δεν μπορούμε. Συγκεκριμένα, η δεύτερη δραστηριότητα ρωτά τους μαθητές αν μπορούν να ξεχωρίσουν το νερό από τον χυμό λεμονιού και να αιτιολογήσουν την άποψή τους. Και σε αυτό το σημείο η εκτενής συζήτηση ότι τα περισσότερα υλικά που τα παιδιά χρησιμοποιούν στην καθημερινή τους ζωή είναι μείγματα, για το τι είναι μείγμα και τι περιλαμβάνει ένα μείγμα αποτελούν αρωγό στο να εξαλειφθούν σημαντικές αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για το συγκεκριμένο θέμα.

Η τρίτη δραστηριότητα του Φύλλου Εργασίας «Μία λεμονάδα... από λεμόνια παρακαλώ!» έχει ως στόχο οι μαθητές να μάθουν να προσθέτουν ετερόνυμα κλάσματα χρησιμοποιώντας διάφορες στρατηγικές όπως το Ελάχιστο Κοινό Πολλαπλάσιο των παρονομαστών ή τις ισοδυναμίες κλασμάτων με απλοποίηση. Συγκεκριμένα, η τρίτη δραστηριότητα ζητάει από τα παιδιά στο νέο μείγμα που ήδη υπάρχει στο ογκομετρικό τους δοχείο, δηλαδή το νερό με τον χυμό λεμονιού, ($2/3$ του ογκομετρικού δοχείου), να προσθέσουν $1/4$ του ογκομετρικού δοχείου ζάχαρη και να ανακατέψουν πολύ καλά το νέο

μείγμα που θα προκύψει. Έπειτα, ζητείται από τις ομάδες να παρατηρήσουν τη νέα ένδειξη του ογκομετρικού δοχείου, η οποία ήταν τα $11/12$, και αφού συμπληρώσουν στο πινακάκι του φύλλου εργασίας τους το άθροισμα του αρχικού μίγματος και της ζάχαρης (δηλαδή: $2/3 + 1/4 = 11/12$), να εξηγήσουν τι σχέση έχει ο παρονομαστής του τελικού κλάσματος ($11/12$) με τους παρονομαστές των δύο κλασμάτων που προστέθηκαν. Στις ομάδες που η ένδειξη του ογκομετρικού δοχείου δεν έφτασε στα $11/12$ λόγω της μη προσθετικής ιδιότητας των όγκων των δύο υλικών, προσθέσαμε λίγη ακόμα ζάχαρη και συζητήσαμε για τη μεταβολή του όγκου κατά την ανάμειξη διάφορων υλικών.

Τέλος, η τελευταία δραστηριότητα του Φύλλου Εργασίας «Μία λεμονάδα... από λεμόνια παρακαλώ!» ζητά από τις ομάδες των μαθητών να καταγράψουν και να συγκρίνουν τα συστατικά της λεμονάδας που έφτιαξαν, με τα συστατικά ενός αναψυκτικού λεμονάδας και να συζητήσουν τις σκέψεις τους με τους υπόλοιπους συμμαθητές τους. Στο σημείο αυτό οι περισσότεροι μαθητές «εντυπωσιάστηκαν» από το πλήθος άγνωστων ουσιών που περιέχει το αναψυκτικό λεμονάδας και από την άλλη τα αγνά υλικά που περιέχει η δική τους λεμονάδα. Η συζήτηση διευρύνθηκε στο θέμα της υγιεινής διατροφής, στην αξία του να ετοιμάζουμε μόνοι μας τα γεύματα και τα ροφήματά μας και κατέληξε στο ότι οφείλουμε να είμαστε πολύ προσεκτικοί αναγνώστες των συστατικών των προϊόντων που καταναλώνουμε.

Την επόμενη ημέρα μοιράστηκαν στους μαθητές και πάλι τα αρχικά ερωτηματολόγια με τίτλο «Παιχνίδι Γνώσεων» και ζητήθηκε και πάλι ατομικά να κυκλώσουν την απάντηση που τους εκφράζει περισσότερο σε κάθε ερώτηση.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων αξιοποιήθηκαν οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στα ερωτηματολόγια, πριν την παρέμβαση με τίτλο «Μία λεμονάδα... από λεμόνια παρακαλώ!», και οι απαντήσεις των μαθητών στα ίδια ερωτηματολόγια μετά την παρέμβαση.

Αποτελέσματα 1ης ερώτησης του ερωτηματολογίου

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις των μαθητών στην πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου πριν την ενασχόλησή τους με τις δραστηριότητες και μετά την ενασχόλησή τους με αυτές συμπεραίνουμε ότι ένα αρκετά ικανοποιητικό ποσοστό των μαθητών (68,9%) κατέληξε να προσθέτει σωστά τα ομώνυμα κλάσματα μετά την παρέμβαση.

Πίνακας 1: Οι απαντήσεις των μαθητών για την πρόσθεση ομώνυμων κλασμάτων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση

Απαντήσεις Μαθητών	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση
Εναλλακτική αντίληψη: Πρόσθεση παρονομαστών στην πρόσθεση ομώνυμων κλασμάτων	26,4%	10,4%
Εναλλακτική αντίληψη: Πρόσθεση Παρονομαστών Ομώνυμων Κλασμάτων και μη Κατανόηση του όλου	19,8%	20,8%
Σωστή εκτέλεση της πρόσθεσης Ομώνυμων κλασμάτων	53,8%	68,9%

Αποτελέσματα 2^{ης} ερώτησης ερωτηματολογίου

Όσον αφορά στη δεύτερη ερώτηση του ερωτηματολογίου, το 47,2% των μαθητών που λανθασμένα πρόσθεταν τα ετερόνυμα κλάσματα μειώθηκε αισθητά στο 24,5 % μετά την παρέμβαση, όπου οι μαθητές μετατοπίστηκαν στις σωστές απαντήσεις κάνοντας σωστά την πρόσθεση ετερόνυμων κλασμάτων χρησιμοποιώντας ως στρατηγική είτε τη χρήση του ελάχιστου κοινού πολλαπλάσιου των παρονομαστών είτε την απλοποίηση των κλασμάτων δημιουργώντας ισοδύναμα κλάσματα.

Πίνακας 2: Οι απαντήσεις των μαθητών για την πρόσθεση ετερόνυμων κλασμάτων πριν και μετά την παρέμβαση

Απαντήσεις Μαθητών	Πριν την Παρέμβαση	Μετά την Παρέμβαση
Σωστή Εκτέλεση Πρόσθεσης Ετερόνυμων Κλασμάτων με μετατροπή Σε Ομώνυμα	33%	33%
Εναλλακτική Απάντηση: Πρόσθεση Αριθμητών και Παρονομαστών	47,2%	24,5%
Σωστή Εκτέλεση Πρόσθεσης Ετερόνυμων Κλασμάτων με Μετατροπή σε ισοδύναμα κλάσματα	19,8%	42,5%

Αποτελέσματα 3^{ης} ερώτησης ερωτηματολογίου

Στην τρίτη ερώτηση του ερωτηματολογίου το 35,8% που πριν την παρέμβαση αντιλήφθηκε την έννοια του μείγματος αυξήθηκε σε 50,9% μετά την παρέμβαση. Περίπου οι μισοί μαθητές (54/106) αντιλήφθηκαν ότι σε ένα υγρό υλικό σώμα μπορεί να αποτελείται από περισσότερα από ένα συστατικά, ακόμα και αν δεν μπορούμε να τα αναγνωρίσουμε με γυμνό μάτι. Ικανοποιητική μείωση σημειώθηκε στη δεύτερη απάντηση του ερωτήματος όπου ενώ αρχικά την επέλεξε το 20,8% των μαθητών, στη συνέχεια τη διατήρησε μόνο το 11,3% των μαθητών.

Πίνακας 3: Οι απαντήσεις των μαθητών για τα μίγματα πριν και μετά την παρέμβαση

Απαντήσεις Μαθητών	Πριν την Παρέμβαση	Μετά την Παρέμβαση
Εναλλακτική Απάντηση: Αναγνώριση μόνο ορατών υλικών σε ένα μείγμα.	43,4%	37,7%
Εναλλακτική Απάντηση: Εξαφάνιση υλικού σε ένα μείγμα ή μετατροπή του σε άλλο υλικό.	20,8%	11,3%
Σωστή Απάντηση	35,8%	50,9%

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι περισσότεροι από τους διδακτικούς στόχους που τέθηκαν αρχικά, επιτεύχθηκαν ικανοποιητικά. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της παρούσας παρέμβασης ήταν ο ενθουσιασμός και το ενδιαφέρον της πλειονότητας των μαθητών που παρέμειναν αμείωτα πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την παρέμβαση. Οι μαθησιακές δραστηριότητες που στόχο είχαν να προαγάγουν τη συνεργασία των μαθητών, τη μάθηση μέσα από τη σύνδεση των Μαθηματικών και της Φυσικής με την καθημερινή ζωή των μαθητών και την καλλιέργεια θετικής στάσης των μαθητών απέναντι στα Μαθηματικά και τη Φυσική, δημιούργησαν ένα εύφορο έδαφος για εφαρμογή παρόμοιων δραστηριοτήτων. Τέλος, εντύπωση προκάλεσε η μεταστροφή πολλών μαθητών στην κατανάλωση χυμών και όχι αναψυκτικών τις επόμενες μέρες στο σχολείο. Στο πάρτι που ακολούθησε στο σχολείο μας πέντε μέρες μετά την παρέμβαση, από όλες τις τάξεις του Δημοτικού Σχολείου, η Ε΄ Τάξη είχε φέρει εμφανώς λιγότερα αναψυκτικά και περισσότερους χυμούς και μάλιστα ενημέρωναν τα υπόλοιπα παιδιά για τα βλαβερά αναψυκτικά των αναψυκτικών.

Μία πρόταση για μελλοντική έρευνα είναι η επινόηση συνθετικών δραστηριοτήτων για την αφαίρεση ομώνυμων και ετερόνυμων κλασμάτων με πλαίσιο αναφοράς τα μίγματα. Συμπερασματικά, η παρούσα έρευνα αφορά στον έλεγχο της αποτελεσματικότητας ενός συγκεκριμένου φύλλου εργασίας (συνθετικής μαθησιακής δραστηριότητας) σε μαθητές Ε΄ τάξης προκειμένου οι μαθητές να παρουσιάσουν τρόπους λύσης για την πρόσθεση κλασμάτων με πλαίσιο αναφοράς τα μίγματα. Με βάση τα παραπάνω θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι το συγκεκριμένο πλαίσιο αναφοράς φαίνεται να λειτουργεί αποτελεσματικά για τους περισσότερους μαθητές σχετικά με την πρόσθεση κλασμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology. A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Wiston
- Eby, J., Herrell, A. & Hicks, J. (2002). *Reflective planning, teaching and evaluating: K-12*. New Jersey: Merrill Prentice Hall.
- FitzSimons, G., & Díez-Palomar, J. (2014). Mathematics and its teaching in relation to other disciplines. In B. D. Paola & C. Fazio (Eds.), *Proceedings of the 66th Conference of the International Commission for the Study and Improvement of Mathematics Education*, 24, 65-66, Lyon.
- Καλδρυμίδου, & Ξ. Βαμβακούση (επιμ.), *Πρακτικά 4^{ου} Συνεδρίου της Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών «Η Τάξη ως Πεδίο Ανάπτυξης της Μαθηματικής Δραστηριότητας»*, 51-66. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.
- Κόκκοτας, Π. (2008). *Διδακτική των φυσικών επιστημών: Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Michelsen, C. (2005). Expanding the domain - variables and functions in an interdisciplinary context between mathematics and physics. In A. Beckmann, C.

- Michelsen, & B. Sriraman (Eds.), *Proceedings of the 1st International Symposium of Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences*, 201-214.
- Τζεκάκη, Μ. (2015). Μαθηματική δραστηριότητα μέσα στο παιχνίδι και στο εκπαιδευτικό υλικό. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (επιμ.), *Πρακτικά 1^ο Πανελλήνιου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 60 - 71 . Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.
- Tzanakis, C. (1999). Mathematical physics and physical mathematics: A historical approach to didactical aspects of their relation. In P. Radelet-de Grave & D. Janssens (Eds.), *Proceedings of the 3rd European Summer University on the History and Epistemology in Mathematics Education*, 65-80.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

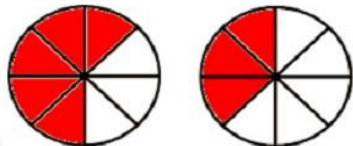
Φύλλο Εργασίας 1 «Παιχνίδι Γνώσεων»



Καλημέρα σας, παιδιά! Είμαι ο Επιστημόνιος
Μαθηματίλιος Πειραματίκιος, ο ξάδερφος του
Επιστημόνιου Πειραματίκιου!
Είμαι ο παρουσιαστής του νέου παιχνιδιού γνώσεων με
τίτλο «Πειραματο-μπερδέματα!!».

Με ποιες απόψεις από τους διαγωνιζόμενους
συμφωνείτε; Κυκλώστε την απάντηση με την οποία
συμφωνείτε περισσότερο!
Καλή επιτυχία!!!!

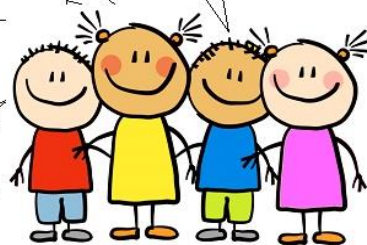
Ερώτηση 1^η : Έχω δύο ίδιες πίτσες
χωρισμένες σε όγδοα. Τι μέρος της πίτσας
έφαγα συνολικά;;;;;



5 από τα 8
κομμάτια της
πρώτης και 3
από τα 8
κομμάτια
της δεύτερης
άρα 8
κομμάτια (1
πίτσα).

8 από τα 16
κομμάτια άρα
μισή πίτσα.

$$\frac{5}{8} + \frac{3}{8} = \frac{8}{8} = 1$$



Σχεδιασμός συνθετικών μαθησιακών δραστηριοτήτων για τα Μαθηματικά και τις ΤΠΕ σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: συνδυαστική και μικρόκοσμος

Κωνσταντίνα Φραντζεσκάκη¹, Σόνια Καφούση² & Γεώργιος Φεσάκης³

¹Νηπιαγωγός, Msc., ntina_rethimno@yahoo.gr

²Καθηγήτρια, Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. Πανεπιστημίου Αιγαίου, Kafoussi@aegean.gr

³Επίκουρος Καθηγητής, Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. Πανεπιστημίου Αιγαίου, gfsakis@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Συνδυαστική αποτελεί ένα νέο τομέα έρευνας, όπου εντοπίζεται περιορισμένος αριθμός μελετών που να εξετάζει την ανάπτυξη συνδυαστικής σκέψης μαθητών. Ωστόσο, η συνδυαστική παρέχει πολλαπλά οφέλη στους μαθητές, κάποια από τα οποία είναι η προετοιμασία στην απαρίθμηση, η ανάπτυξης της ικανότητας της παρατήρησης και της δημιουργικότητας. Σκοπός της εργασίας είναι να ερευνηθεί, αν ένας μικρόκοσμος μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη συνδυαστικής σκέψης των μαθητών. Οι μαθητές που έλαβαν μέρος, ήταν προσχολικής ηλικίας και ενεπλάκησαν σε ένα αυθεντικό πλαίσιο για τους ίδιους. Τρεις δραστηριότητες δημιουργήθηκαν σε μικρόκοσμο με κοινή βάση, μέσα από τις οποίες τα παιδιά κλήθηκαν να παράγουν διατάξεις σε ένα σύνολο αντικειμένων που τους δινόταν με επανατοποθέτηση (δύο ανά δύο, τρία ανά δύο και τέσσερα ανά δύο). Βάσει των αποτελεσμάτων, ο μικρόκοσμος που δημιουργήθηκε αποτελεί ένα εργαλείο μάθησης, μέσω του οποίου τα παιδιά είναι σε θέση να αναπτύξουν συνδυαστική σκέψη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Συνδυαστική Σκέψη, διατάξεις, μικρόκοσμος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Συνδυαστική ή συνδυαστική ανάλυση (combinatorics) ορίζεται ως μία μαθηματική θεωρία που ασχολείται με την απαρίθμηση και την αρίθμηση στοιχείων πεπερασμένων συνόλων ή υποσυνόλων τους, που έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες. Αυτά τα στοιχεία συνόλων μπορεί να αφορούν αντικείμενα, ενέργειες, καταστάσεις ή σχηματισμούς και οι πιο συνηθισμένες απαριθμήσεις και αριθμήσεις έχουν να κάνουν με διατάξεις ή διαρρυθμίσεις (arrangements), μεταθέσεις ή αντιμεταθέσεις (permutations) και συνδυασμούς (combinations) (Καλαβάσης & Μούτσιος, 2015).

Τις τελευταίες δεκαετίες, η συνδυαστική έχει λάβει αυξημένη προσοχή από την πρωτοβάθμια έως και την τριτοβάθμια εκπαίδευση (Batanero, Navarro-Pelayo, & Godino, 1997a; English, 1991; National Council of Teachers of Mathematics, 2000). Η πρώτη εισαγωγή στη συνδυαστική θεωρείται ένα από τα καλύτερα δυνατά μέσα για την ανάπτυξη της δημιουργικότητας των μαθητών και ως εξαιρετική βάση για τη διαμόρφωση νοητικών εικόνων, ή αργότερα μαθηματικών εννοιών σε αυτόν τον τομέα. Σε πολλές χώρες, ο στόχος και οι εργασίες όσο και το πρόγραμμα σπουδών των μαθηματικών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση ανανεώθηκαν, με την εισαγωγή των περιεχομένων συνδυαστικής. Σκοπός, είναι να μπορέσουν οι μαθητές να αποκτήσουν στοιχειώδεις ιδέες και μεθόδους για συνδυαστική, ώστε να εφαρμόσουν τις γνώσεις που αποκτήθηκαν στην επίλυση διαφόρων καθημερινών προβλημάτων, για να προετοιμαστούν για περαιτέρω εκμάθηση της Συνδυαστικής, αναπτύσσοντας νοητικές ικανότητες, ιδίως στον τομέα της λογικής, της συνδυαστικής σκέψης και της εφαρμογής συνδυαστικών εννοιών και μοντέλων σε διάφορους τομείς. Η διδασκαλία συνδυαστικής σε αυτή την ηλικία απαιτεί από τους νέους μαθητές να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τη συνδυαστική ουσία διάφορων προβλημάτων και να τα επιλύουν διαισθητικά με πολλή ελευθερία και δημιουργικότητα, αλλά όχι να απομνημονεύουν και να εφαρμόζουν έτοιμα παρασκευάσματα για την επίλυσή τους. Παρά το γεγονός ότι πολλοί μαθητές δεν είναι σε θέση να ανυψώσουν τις στοιχειώδεις γνώσεις της συνδυαστικής σε θεωρητικό επίπεδο, αυτό δεν πρέπει να εμποδίσει την διαισθητική τους κατανόηση και τη χρήση βασικών ιδεών και μοντέλων Συνδυαστικής (Krekić-Pinter, Ivanović, Namestovski & Major, 2015).

Ελάχιστες έρευνες εντοπίζονται που να εξετάζουν την ανάπτυξη συνδυαστικής σκέψης των μαθητών. Οι έρευνες αυτές, αφορούν κυρίως μαθητές δημοτικής εκπαίδευσης από 7-12 ετών, ενώ ακόμα πιο περιορισμένη είναι η έρευνα, που αφορά μαθητές προσχολικής ηλικίας. Επιπρόσθετα, όπως επισημαίνεται από την έρευνα των Peltenburg κ.α. (2012), η χρήση των ΤΠΕ μπορεί να ενισχύσει την μάθηση των μαθητών, στην ανάπτυξη συνδυαστικής σκέψης. Περαιτέρω έρευνες πρέπει να γίνουν προκειμένου να αναδυθούν τα μαθησιακά οφέλη των ΤΠΕ στη διδασκαλία της συνδυαστικής. Μικρός είναι ο αριθμός διδακτικών παρεμβάσεων που έχει εφαρμοστεί για την ανάπτυξη συνδυαστικής σκέψης με τη χρήση κάποιου λογισμικού, ενώ η συμβολή της πληροφορίας ανάδρασης, είναι μία παράμετρος επίσης που πρέπει να ερευνηθεί εκτενέστερα, μέσω της όποιας οι μαθητές να είναι σε θέση να οικοδομήσουν τη μάθηση από μόνοι τους. Όπως, επισημαίνεται μέσα από την έρευνα των Fesakis και Kafoussi (2009), η ύπαρξη μηχανισμών ανάδρασης δεν είναι ικανή προϋπόθεση για την αξιοποίησή τους, από τα παιδιά.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να ερευνηθεί η συμβολή ενός μικρόκοσμου, κατάλληλα διαμορφωμένου σε ένα αυθεντικό πλαίσιο για παιδιά προσχολικής ηλικίας (4 και 5 ετών), στην ανάπτυξη της συνδυαστικής τους σκέψης και πιο συγκεκριμένα στην παραγωγή διατάξεων δεδομένων αντικειμένων.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Αρχικά οι Piaget & Inhelder (1951), υποστήριξαν ότι ένα παιδί είναι ικανό για την επίλυση συνδυαστικών προβλημάτων μόνο στο επίπεδο τυπικών λειτουργιών (11-15 ετών). Ένας αριθμός ερευνών έρχεται ωστόσο, να διαψεύσει αυτό τον ισχυρισμό, με τους Fischbein (1975) και τους Cotić και Hodnik (1993) να εισάγουν σε δημοτικά σχολεία συνδυαστικά προβλήματα, σύμφωνα με το στάδιο ανάπτυξης αυτών των παιδιών, διαπιστώνοντας ότι είναι ικανά να επιλύουν συνδυαστικές καταστάσεις άμεσα μέσα από τις εμπειρίες τους (παιχνίδια), κάτι που σημαίνει ότι μπορούν να χειρίζονται αντικείμενα, χωρίς όμως ο αριθμός τους να είναι μεγάλος. Εκτεταμένες μελέτες της English (English, 1993; 1996; 2005) για τη Συνδυαστική έρχονται να προσθέσουν, με την τακτική των μαθητών δημοτικού σχολείου να είναι αρκετά επιτυχής στην επίλυση δισδιάστατων και τρισδιάστατων συνδυαστικών προβλημάτων με ποσοστά επιτυχίας, μεταξύ περίπου 50 και 80%. Φάνηκε ότι οι μεγαλύτεροι μαθητές (10-12 ετών) ξεπέρασαν τους νεότερους (7-9 ετών) και ότι σε γενικές γραμμές οι μαθητές δεν ήταν τόσο επιτυχείς στην επίλυση τρισδιάστατων προβλημάτων (English, 1993).

Επιπλέον μελέτες της English, έδειξαν ότι οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν να χρησιμοποιούν όλο και πιο εξελιγμένες στρατηγικές λύσης για τον εντοπισμό όλων των πιθανών συνδυασμών, συνδυαστικών προβλημάτων δύο και τριών διαστάσεων, ενώ προηγούμενες μελέτες της (English, 1988; 1991), έδειξαν ότι παιδιά ηλικίας 4-9 ετών, μπορούν να δημιουργήσουν τις δικές τους στρατηγικές για την επίλυση συνδυαστικών προβλημάτων δύο διαστάσεων, μέσα σε ένα αυθεντικό πλαίσιο για εκείνα. Οι αναλύσεις των απαντήσεων των παιδιών αποκάλυψαν μία σειρά από ολοένα και πιο εξελιγμένες στρατηγικές, που κυμαίνονταν από μία συμπεριφορά δοκιμής και λάθους, σε μία πιο συστηματική συνδυαστική διαδικασία. Άλλες έρευνες έχουν δείξει ότι ο τύπος του προβλήματος, το μέγεθος των αριθμών και το είδος του υλικού που χρησιμοποιείται επηρεάζει τις λύσεις των παιδιών σε συνδυαστικά προβλήματα (Batanero κ.α., 1997b).

Σε έρευνα που υλοποιήθηκε από τους Fesakis και Kafoussi (2009) σε παιδιά προσχολικής ηλικίας για την ανάπτυξη της συνδυαστικής τους σκέψης μέσω μικρόκοσμων, επισημαίνεται η μαθησιακή αξία της παροχής αναδραστικής πληροφορίας κατάλληλα σχεδιασμένης, ώστε να γίνεται αντιληπτή από τα παιδιά για να τους επιτρέψει αυτορρύθμιση. Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά είναι σε θέση να παράγουν συνδυασμούς με επανάληψη, χωρίς όμως να εφαρμόζουν οποιασδήποτε συστηματική στρατηγική. Τα πιθανά λάθη σε αυτά τα προβλήματα ήταν η μεταφορά, η επανάληψη των συνδυασμών και η παράλειψη των συνδυασμών.

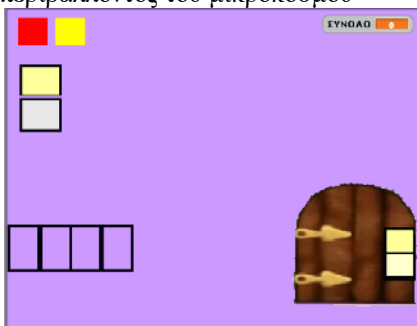
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στα πλαίσια της εργασίας σχεδιάστηκε μικρόκοσμος με τον οποίο τα παιδιά κλήθηκαν να αναπτύξουν συνδυαστική σκέψη. Ο μικρόκοσμος δομήθηκε πάνω στη γλώσσα προγραμματισμού scratch και δημιουργήθηκε, ώστε τα παιδιά να μπορούν να παράγουν διατάξεις από μόνα τους. Χαρακτηριστικό του μικρόκοσμου που αναπτύχθηκε ήταν η

πληροφορία ανάδρασης που παρείχε, μέσα από την οποία τα παιδιά λάμβαναν ανατροφοδότηση ανάλογα με τις επιλογές που έκαναν.

Για την εισαγωγή και την ενεργή εμπλοκή των παιδιών, δημιουργήθηκε ένα αυθεντικό πλαίσιο για εκείνα, μέσω μίας εικονογραφημένης ιστορίας με αγαπημένο παιδικό τους ήρωα σε PowerPoint με ήχο. Μέσα από τους ήρωες τα παιδιά διεκπεραίωσαν κάποιες δραστηριότητες, που είχαν δημιουργηθεί στον μικρόκοσμο. Πιο συγκεκριμένα, κλήθηκαν να παράγουν διατάξεις αντικειμένων που τους δινότουσαν (2 ανά 2 - 4 δυνατές διατάξεις, 3 ανά 2 - 9 δυνατές διατάξεις και 4 ανά 2 - 16 δυνατές διατάξεις), κάνοντας επανατοποθέτηση. Τα παιδιά εργάστηκαν ατομικά και καλούνταν να μετακινούσαν τα αντικείμενα (τετράγωνα / τρίγωνα) για να παράγουν όλες τις διατάξεις που αναλογούσαν στα χρώματα που τους είχαν δοθεί (βλ. Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Ενδεικτική εικόνα περιβάλλοντος του μικρόκοσμου



Το περιβάλλον του μικρόκοσμου παρείχε τις εξής δυνατότητες στα παιδιά: α) Μπορούσαν να βλέπουν πόσες διατάξεις είχαν παράγει πάνω δεξιά στην οθόνη από τον αριθμό που τους δινόταν, β) Μπορούσαν να βλέπουν ποιες διατάξεις είχαν βρει στα αντίστοιχα κουτάκια κάτω αριστερά στην οθόνη, γ) Όταν επαναλάμβαναν την ίδια διάταξη τους παρέχονταν ηχητικό μήνυμα ότι αυτό τον τρόπο τον έχουν ξαναβρεί και δ) Κάθε φορά που παρήγαγαν μία νέα διάταξη, ενημερώνονταν πόσες ακόμα έπρεπε να βρουν.

Τέλος, σε κάθε μικρόκοσμο δίνονταν συγκεκριμένες προσπάθειες. Αν δε κατάφεραν να βρουν τη συγκεκριμένη διάταξη που άνοιγε την πόρτα, τους αποκαλυπτόταν, έτσι ώστε να συνεχιστεί η ομαλή εκτέλεση και των επόμενων δραστηριοτήτων. Συγκεκριμένα στην πρώτη δραστηριότητα, είχαν δέκα ευκαιρίες για την εύρεση των τεσσάρων διατάξεων, στη δεύτερη δεκαπέντε ευκαιρίες για την εύρεση των εννέα διατάξεων, ενώ στην τρίτη είκοσι ευκαιρίες, για την εύρεση των δεκαέξι διατάξεων. Μόλις εξαντλούσαν τις προσπάθειες καλούνταν να δοκιμάσουν τις διατάξεις που είχαν παράγει, πατώντας πάνω τους για να δουν ποια ανοίγει την πόρτα.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετηθεί, αν ένα μικρόκοσμος, που βασίζεται σε ένα αυθεντικό πλαίσιο για παιδιά προσχολικής ηλικίας (4 και 5 ετών), μπορεί να τα βοηθήσει να αναπτύξουν συνδυαστική σκέψη, παράγοντας διατάξεις αντικειμένων

που τους δίνονταν, με επανατοποθέτηση. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν: α) Είναι ικανά τα παιδιά προσχολικής ηλικίας να παράγουν διατάξεις; Αν ναι με ποιον τρόπο; Χρησιμοποιούν κάποια στρατηγική; β) Ποιες είναι οι δυσκολίες και τα κοινά λάθη που αντιμετωπίζουν τα παιδιά κατά την εμπλοκή τους με αυτού του είδους τα προβλήματα; γ) Μπορεί ένας μικρόκοσμος να αποτελέσει εκπαιδευτικό εργαλείο μέσα από το οποίο τα παιδιά μπορούν να αναπτύξουν συνδυαστική σκέψη από μόνα τους; και δ) Η πληροφορία ανάδρασης που εμπεριέχει ο μικρόκοσμος μπορεί να επιδράσει θετικά τα παιδιά στην εύρεση διατάξεων;

Δείγμα έρευνας

Το δείγμα της έρευνας προερχόταν από δύο τμήματα ενός νηπιαγωγείου του Νομού Ρεθύμνης στην Κρήτη. Το νηπιαγωγείο αποτελούνταν από 28 παιδιά προσχολικής ηλικίας (4 και 5 ετών). Στην έρευνα συμμετείχαν συγκεκριμένα 16 νήπια και 12 προνήπια, από τα οποία τα 14 ήταν αγόρια και τα 14 κορίτσια. Τα παιδιά προέρχονταν από οικογένειες με διάφορες οικονομικές και κοινωνικές τάξεις, δύο εκ των οποίων ήταν άλλης εθνικότητας.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Η έρευνα διεξήχθη σε έναν άδειο χώρο του νηπιαγωγείου. Ένα - ένα παιδί ερχόταν από την τάξη και εμπλεκόταν με το υλικό. Έτσι, η συλλογή δεδομένων έγινε μέσω της ατομικής δραστηριότητας του κάθε παιδιού με τον μικρόκοσμο. Τα δεδομένα λοιπόν της έρευνας αποτέλεσαν η αλληλεπίδραση των παιδιών με τον μικρόκοσμο, όπως καταγράφηκε από την επιφάνεια εργασίας, αποτυπώνοντας τις αντίστοιχες κινήσεις τους, καθώς και τυχόν σχόλιά τους με αντίστοιχο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε. Η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων από την εφαρμογή του μικρόκοσμου για την ανάπτυξη συνδυαστικής σκέψης των παιδιών, πραγματοποιήθηκε με την ανάλυση της επαφής τους με αυτόν. Πιο συγκεκριμένα αναλύθηκαν: α) Οι απαντήσεις που δόθηκαν στον μικρόκοσμο, όσον αφορά τις διατάξεις που παρήγαγε το κάθε παιδί ξεχωριστά σε καθεμία από τις τρεις δραστηριότητες, β) Οι τρόποι με τους οποίους τα παιδιά επέλεξαν και παρήγαγαν διατάξεις και γ) Η επίδραση της πληροφορίας ανάδρασης στην παραγωγή διατάξεων από τα παιδιά.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αποτελέσματα Δραστηριότητας 1

Πίνακας 1: Αριθμός παιδιών και αντίστοιχος αριθμός διατάξεων που παρήγαγαν

Δραστηριότητα 1 (4 Δυνατές διατάξεις)	Αριθμός Παιδιών	Ποσοστό %
4 Διατάξεις	8	28,57
2 Διατάξεις	18	64,28
1 Διάταξη	2	7,14
Σύνολο	28	100

Το 28,57% των παιδιών κατάφερε να εντοπίσει όλες τις διατάξεις, το 64,28% των παιδιών εντόπισε δύο διατάξεις και το 7,14% μία διάταξη. Επίσης, το 71,42% των παιδιών παρήγαγε διατάξεις χρησιμοποιώντας μόνο διαφορετικά χρώματα, ενώ μόνο το 28,57% των παιδιών επέλεξε και ίδια χρώματα για να παράγει διατάξεις.

Το 43,75% των παιδιών που είχε επαφή και το 8,33% των παιδιών που δεν είχε επαφή με την πληροφορία ανάδρασης, εντόπισε όλες τις διατάξεις. Το 56,25% των παιδιών που είχε επαφή και το 91,66% των παιδιών που δεν είχε επαφή με την πληροφορία ανάδρασης εντόπισε μόνο τις διατάξεις διαφορετικών χρωμάτων. Επιπλέον, το 21,42% των παιδιών αξιοποίησε την πληροφορία ανάδρασης για να δημιουργήσει νέες διατάξεις, το 35,71% των παιδιών κατανούσε την πληροφορία ανάδρασης, εντοπίζοντας τη διάταξη που είχε ξαναπαράγει χωρίς ωστόσο να την χρησιμοποιεί για να βρει νέα και το 42,85% των παιδιών δε φάνηκε να έχει καμία επαφή με την πληροφορία ανάδρασης. Επιπρόσθετα, το 78,57% των παιδιών παρήγαγε διατάξεις επιλέγοντας τυχαία τα τετράγωνα, ενώ το 21,42% των παιδιών παρήγαγε διατάξεις τοποθετώντας ένα τετράγωνο κοιτάζοντας ταυτόχρονα από την πληροφορία ανάδρασης, για να δει ποιο να επιλέξει. Επίσης, κανένα προνήπιο και το 37,5% των νηπίων αξιοποίησε την πληροφορία ανάδρασης για να παράγει διατάξεις, ενώ όλα τα προνήπια και το 62,5% των νηπίων δημιούργησαν διατάξεις επιλέγοντας τυχαία τετράγωνα.

Όλα τα παιδιά ακολούθησαν τη Στρατηγική 1 (English, 2007). Πρόκειται για μία προσέγγιση δοκιμής και λάθους για τη λύση του προβλήματος. Τα παιδιά επιλέγουν στοιχεία κατά τυχαίο τρόπο και απορρίπτουν αυτά, που έχουν αποδεχθεί ακατάλληλα. Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό αυτής της στρατηγικής είναι η παιδική απροθυμία να επιλέξουν ένα στοιχείο περισσότερες από μία φορές διαδοχικά. Όπως διαπιστώνεται κι από τα παραπάνω αποτελέσματα, κοινό χαρακτηριστικό των παιδιών ήταν η δυσκολία τους να επιλέξουν το ίδιο χρώμα διαδοχικά.

Αποτελέσματα Δραστηριότητας 2

Πίνακας 2: Αριθμός παιδιών και αντίστοιχος αριθμός διατάξεων που παρήγαγαν

Δραστηριότητα 2 (9 Δυνατές διατάξεις)	Αριθμός Παιδιών	Ποσοστό %
9 Διατάξεις	5	17,85
6 Διατάξεις	9	32,14
8 Διατάξεις	4	14,28
7 Διατάξεις	3	10,17
Διατάξεις <6	7	25
Σύνολο	28	100

Το 17,85% των παιδιών παρήγαγε όλες τις διατάξεις, το 32,14% των παιδιών παρήγαγε 6 διατάξεις, το 14,28% των παιδιών παρήγαγε 8 διατάξεις, το 10,17% των παιδιών παρήγαγε 7 διατάξεις και το 25% των παιδιών παρήγαγε κάτω από 6 διατάξεις.

Επιπρόσθετα, το 53,57% των παιδιών εντόπισε διατάξεις χρησιμοποιώντας μόνο διαφορετικά χρώματα, το 28,57% των παιδιών εντόπισε διατάξεις κάνοντας χρήση τόσο διαφορετικών όσο και ομοίων χρωμάτων. Τέλος το 17,85% των παιδιών εντόπισε όλες τις διατάξεις.

Το 45,45% των παιδιών που είχε επαφή και κανένα παιδί που δεν είχε επαφή με την πληροφορία ανάδρασης εντόπισε όλες τις διατάξεις. Το 45,45% των παιδιών που είχε επαφή και το 64,70% των παιδιών που δεν είχε επαφή με την πληροφορία ανάδρασης εντόπισε από 6 έως 8 διατάξεις. Τέλος το 9,09% των παιδιών που είχε επαφή και το 35,92% των παιδιών που δεν είχε επαφή με την πληροφορία ανάδρασης εντόπισε από 5 και κάτω διατάξεις. Επιπλέον, το 42,85% των παιδιών αξιοποίησε την πληροφορία ανάδρασης για να παράγει νέες διατάξεις, το 14,28% των παιδιών κατανούσε την πληροφορία ανάδρασης χωρίς ωστόσο να την χρησιμοποιεί για να δημιουργήσει νέες διατάξεις και το 42,85% των παιδιών δεν είχε καμία επαφή με την πληροφορία ανάδρασης. Επίσης, το 57,14% των παιδιών παρήγαγε διατάξεις επιλέγοντας τυχαία τρίγωνα, ενώ το 42,85% των παιδιών παρήγαγε διατάξεις τοποθετώντας ένα τρίγωνο, παρατηρώντας ταυτόχρονα από την πληροφορία ανάδρασης για να δει με τι το έχει βάλει για να επιλέξει ένα νέο χρώμα. Επιπρόσθετα, το 16,66% των προνηπίων και το 62,5% των νηπίων αξιοποίησε την πληροφορία ανάδρασης για να παράγει νέες διατάξεις, ενώ το 83,33% των προνηπίων και το 37,5% των νηπίων δημιούργησε διατάξεις επιλέγοντας τυχαία τρίγωνα.

Όλα τα παιδιά ακολούθησαν τη Στρατηγική 1, όπου επέλεγαν τυχαία τρίγωνα για να παράγουν διατάξεις. Όπως διαπιστώνεται κι από τα αποτελέσματα, κοινό χαρακτηριστικό των παιδιών ήταν η δυσκολία τους να επιλέξουν το ίδιο χρώμα διαδοχικά.

Αποτελέσματα Δραστηριότητας 3

Πίνακας 3: Αριθμός παιδιών και αντίστοιχος αριθμός διατάξεων που παρήγαγαν

Δραστηριότητα 3 (16 Δυνατές διατάξεις)	Αριθμός Παιδιών	Ποσοστό %
16 Διατάξεις	3	10,71
$10 \leq \text{Διατάξεις} \leq 15$	22	78,57
$\text{Διατάξεις} < 10$	3	10,71
Σύνολο	28	100

Το 10,71% των παιδιών παρήγαγε όλες τις διατάξεις, το 78,57% των παιδιών παρήγαγε από 10 έως 15 διατάξεις, ενώ το 10,71% των παιδιών παρήγαγε κάτω από 10 διατάξεις. Επιπλέον, το 7,14% των παιδιών εντόπισε διατάξεις μόνο διαφορετικών χρωμάτων, το 82,14% των παιδιών εντόπισε διατάξεις τόσο με διαφορετικά όσο και με όμοια χρώματα, ενώ το 10,71% των παιδιών εντόπισε όλες τις διατάξεις.

Το 18,75% των παιδιών που είχε επαφή και κανένα παιδί που δεν είχε επαφή με την πληροφορία ανάδρασης, εντόπισε όλες τις διατάξεις. Το 81,25% των παιδιών που είχε επαφή και το 75% των παιδιών που δεν είχε επαφή με την πληροφορία ανάδρασης

εντόπισε από 10 έως 15 διατάξεις. Τέλος, κανένα παιδί που είχε επαφή και το 25% των παιδιών που δεν είχε επαφή με την πληροφορία ανάδρασης εντόπισε κάτω από 10 διατάξεις. Επιπλέον, το 42,85% των παιδιών αξιοποίησε την πληροφορία ανάδρασης για να παράγει νέες διατάξεις, το 14,28% των παιδιών κατανοούσε την πληροφορία ανάδρασης, χωρίς ωστόσο να την χρησιμοποιεί για να παράγει νέες διατάξεις, ενώ το 42,85% των παιδιών δεν είχε καμία επαφή. Επιπρόσθετα, το 57,14% των παιδιών παρήγαγε διατάξεις επιλέγοντας τυχαία τρίγωνα και τετράγωνα, ενώ το 42,85% των παιδιών παρήγαγε διατάξεις, τοποθετώντας ένα τρίγωνο ή ένα τετράγωνο παρατηρώντας ταυτόχρονα από την πληροφορία ανάδρασης, για να δει με τι το έχει βάλει για να επιλέξει ένα νέο χρώμα. Επίσης, το 16,66% των προνηπίων και το 62,5% των νηπίων αξιοποίησε την πληροφορία ανάδρασης για να παράγει διατάξεις. Το 83,33% των προνηπίων και το 37,5% των νηπίων δημιούργησε διατάξεις επιλέγοντας τρίγωνα και τετράγωνα με τυχαίο τρόπο. Όλα τα παιδιά ακολούθησαν τη Στρατηγική 1, όπου επέλεξαν τυχαία τρίγωνα και τετράγωνα για να παράγουν διατάξεις.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από ότι φάνηκε μέσα από τις δραστηριότητες, όλα τα παιδιά ήταν ικανά να παράγουν διατάξεις μέσω του μικρόκοσμου που αναπτύχθηκε. Τα πιο πολλά παιδιά κατάφεραν να εντοπίσουν τις περισσότερες διατάξεις ενώ μικρός ήταν ο αριθμός των παιδιών, που είτε εντόπισε όλες τις διατάξεις, είτε εντόπισε ελάχιστες διατάξεις.

Όσον αφορά την επίδραση της πληροφορίας ανάδρασης στην παραγωγή διατάξεων από τα παιδιά, φάνηκε να συνέβαλε θετικά. Στην πληροφορία ανάδρασης διακρίθηκαν τρεις κατηγορίες παιδιών: α) Παιδιά που αξιοποίησαν την πληροφορία ανάδρασης για να παράγουν νέες διατάξεις, β) Παιδιά που κατανοούσαν την πληροφορία ανάδρασης κι εντόπιζαν τη διάταξη που έχουν ξαναβρεί, χωρίς ωστόσο να την χρησιμοποιούν για να εντοπίσουν νέες και γ) παιδιά που δεν είχαν καμία επαφή.

Επιπρόσθετα εντοπίστηκαν δύο τρόποι με τους οποίους τα παιδιά παρήγαγαν διατάξεις σε σχέση με την πληροφορία ανάδρασης: α) Τα παιδιά επέλεξαν τυχαία τετράγωνα-τρίγωνα και β) Τα παιδιά τοποθετούσαν ένα τρίγωνο ή ένα τετράγωνο, παρατηρώντας ταυτόχρονα από την πληροφορία ανάδρασης με ποια χρώματα είχαν ήδη βάλει αυτό που είχαν επιλέξει και επέλεξαν ένα καινούργιο.

Η στρατηγική που φάνηκε να χρησιμοποιούν τα παιδιά, στις δραστηριότητες με τις οποίες ενεπλάκησαν, συγκαταλέγεται στην Στρατηγική 1, όπου τα παιδιά επέλεξαν τυχαία τρίγωνα και τετράγωνα για να παράγουν διατάξεις και δυσκολεύονταν να παράγουν όμοιες διατάξεις, επιλέγοντας το ίδιο χρώμα διαδοχικά.

Τα παιδιά που κατάφεραν να ολοκληρώσουν με επιτυχία όλες τις δραστηριότητες, εντοπίζοντας όλες τις διατάξεις, ήταν εκείνα που είχαν επαφή με την πληροφορία ανάδρασης, λάμβαναν δηλαδή υπόψη τις διατάξεις που είχαν εντοπίσει για να βρουν νέες. Τα παιδιά που δεν κατάφεραν να εντοπίσουν όλες τις διατάξεις, ή που εντόπισαν μερικές από αυτές ήταν εκείνα που δεν βασίζονταν στην πληροφορία ανάδρασης, αλλά επέλεξαν τυχαία τετράγωνα/τρίγωνα.

Σημαντικό στοιχείο της παρέμβασης που επηρέασε σημαντικά την έκβαση των αποτελεσμάτων, ήταν το αυθεντικό πλαίσιο μέσα από το οποίο τα παιδιά ενεπλάκησαν με τον μικρόκοσμο. Η ιστορία ενός παιδικού ήρωα των παιδιών, τους κίνησε το ενδιαφέρον και ενεπλάκησαν ενεργά με τις δραστηριότητες. Επιπλέον, το χαρακτηριστικό του μικρόκοσμου που συνέβαλε στην παραγωγή διατάξεων, ήταν η άμεση ανατροφοδότηση των παιδιών σε κάθε ενέργεια που εκτελούσαν, αφού ενημερωνόντουσαν σχετικά με ηχητικό μήνυμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα παιδιά που αξιοποίησαν την πληροφορία ανάδρασης, ήταν σε συντριπτική πλειοψηφία νηπιακής ηλικίας.

Ωστόσο, περιορισμός της παρούσας έρευνας αποτελεί το εύρος του δείγματος. Περαιτέρω έρευνες θα πρέπει να γίνουν, αποτελούμενες από μεγαλύτερο αριθμό παιδιών, για να διερευνηθεί περισσότερο η ανάπτυξη συνδυαστικής σκέψης και η συμβολή μικρόκοσμων, τόσο σε παιδιά νηπιακής όσο και προνηπιακής ηλικίας. Νέες έρευνες επιπλέον θα μπορούσαν να γίνουν, για να ερευνηθούν την απόκλιση νηπίων και προνηπίων, σε σχέση με την πληροφορία ανάδρασης, αφού βάσει των αποτελεσμάτων, η συντριπτική πλειοψηφία των προνηπίων δεν κατάφερε να την αξιοποιήσει. Τέλος, μία πιο εκτεταμένη καταγραφή της αλληλεπίδρασης των παιδιών με τον μικρόκοσμο αυτόν, θα μπορούσε να αναδείξει αν τα παιδιά μέσω της συνεχόμενης αλληλεπίδρασης, επαναλαμβάνοντας τις ίδιες δραστηριότητες (αλλάζοντας κάθε φορά την διάταξη που ανοίγει την πόρτα), θα μπορούσε να τα βοηθήσει να αναπτύξουν πιο εξελιγμένες στρατηγικές, πάνω σε δισδιάστατα προβλήματα συνδυαστικής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Batanero, C., Navarro-Pelayo, V., & Godino, J. D. (1997a). Effect of the implicit combinatorial model on combinatorial reasoning in secondary school pupils. *Educational Studies in Mathematics*, 32(2), 181-199.
- Batanero, C., Goldino, J., & Navarro-Pelayo, V. (1997b). Combinatorial Reasoning and its Assessment. In I. Gal & J.B. Garfield (Eds.), *The Assessment Challenge in Statistics Education* (pp. 239-252). IOS Press.
- Cotič, M., Hodnik, T. (1993)., *Prvo srečanje z verjetnostnim računom in statistiko v osnovni šoli (The introduction of a probability calculus and statistics in primary school)*, Matematika v šoli 2/1, p. 5 - 14
- English, L. D. (1988). *Young children's competence in solving novel combinatorial problems*. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Queensland, Australia.
- English, L. D. (1991). Young children's combinatoric strategies. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 451-474.
- English, L. D. (1993). Children's strategies for solving two- and three dimensional combinatorial problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24(3), 255-273.
- English, L. D. (1996). Children's construction of mathematical knowledge in solving novel isomorphic problems in concrete and written form. *Journal of Mathematical Behavior*, 15, 81-112.

- English, L. D. (2005). Combinatorics and the development of children's combinatorial reasoning. In G. A. Jones (Ed.), *Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning*. Kluwer, Academic Publishers, 40, 121-141.
- Fesakis G., Kafoussi S. (2009). Kindergarten children capabilities in combinatorial problems using computer microworlds and manipulatives, In the proceedings of the 33rd Conference of the IGPME (PME33), Thessaloniki, Greece, 19-24 July, 2009, Vol. III, pp. 41-48
- Fischbein, E. (1975). *The intuitive sources of probabilistic thinking in children*. Reidel, Dordrecht.
- Καλαβάσης, Φ., & Μούτσιος, Α.(2015). *Ανάμεσα στο Μέρος και στο Όλο*. Αθήνα: Gutenberg
- Krekić-Pinter, V., Ivanović, J., Namestovski, Ž., & Major, L. (2015). Strategy and Methods for Solving Combinatorial Problems in Initial Instruction of Mathematics. *International Journal of Modern Education Research*, 2(6): 77-87
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Peltenburg, M., van den Heuvel-Panhuizen, M., & Robitzsch, A. (2012). Special education students' performance in solving elementary combinatorics problems in a dynamic ICT-based assessment. *Mathematical potential of special education students*, 107.
- Piaget, J., & Inhelder, B.(1951), *La genèse de l'idée de hasard chez l'enfant*. Presses Universitaires de France, Paris.

Σχεδιασμός συνθετικών μαθησιακών δραστηριοτήτων για τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά στο Νηπιαγωγείο: Καιρός και Στατιστική

Περσεφόνη Πετρέλλη¹ & Σόνια Καφούση²

¹ Νηπιαγωγός, petrelli_persa@hotmail.com

² Καθηγήτρια Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ., Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kafoussi@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μαθησιακών δραστηριοτήτων Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, με σκοπό να καταγραφούν και να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα της ένωσης των δύο αυτών πεδίων. Οι δραστηριότητες συνδύασαν στόχους της στατιστικής και της μελέτης του καιρού. Ως μεθοδολογική προσέγγιση επιλέχθηκε η μελέτη περίπτωσης. Αρχικά, διεξήχθησαν ατομικές συνεντεύξεις, με στόχο την ανάδειξη των γνώσεων των παιδιών και την κατάλληλη προσαρμογή των δραστηριοτήτων σε αυτές. Έπειτα, πραγματοποιήθηκαν οι δραστηριότητες σε ομάδες των δύο ατόμων. Η συλλογή των δεδομένων για την καταγραφή της μαθησιακής διαδικασίας στηρίχθηκε στην παρατήρηση και την ηχογράφηση. Τα παιδιά ανταποκρίθηκαν επιτυχώς στις δραστηριότητες και ανέπτυξαν ένα πλήθος στρατηγικών μέσα από τις οποίες αφενός, ενίσχυσαν τις γνώσεις τους σχετικά με το θέμα του καιρού και αφετέρου, ενεπλάκησαν στην ανάπτυξη στοχαστικού συλλογισμού. Η συγκρότηση ομάδων λειτούργησε θετικά και ευνόησε κυρίως τα προνήπια.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: συνθετικές μαθησιακές δραστηριότητες, στατιστική, καιρός, προσχολική ηλικία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η ανάγκη δημιουργίας συνδέσεων ανάμεσα στα διάφορα γνωστικά πεδία έχει ενσωματωθεί στα Προγράμματα Σπουδών τόσο στη χώρα μας όσο και διεθνώς. Η οργάνωση με βάση τον εκάστοτε γνωστικό κλάδο και με έμφαση στο περιεχόμενο του έχει παραδώσει τη σκυτάλη σε μία πιο πολύπλοκη αρχιτεκτονική αναλυτικού προγράμματος, εν μέρει δομημένη σε πρακτικές δεξιότητες και διαθεματικές προσεγγίσεις (EACEA/ Eurydice, 2012). Στα πλαίσια της ποιοτικής αναβάθμισης της εκπαίδευσης στη χώρα μας και ειδικότερα της προσχολικής εκπαίδευσης και με στόχο τη

διαμόρφωση μιας πολυδιάστατης και δημιουργικής προσωπικότητας του μαθητή, συντάχθηκε το 2001 για πρώτη φορά το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) για το νηπιαγωγείο (Αλαχιώτης, 2002), το οποίο προβάλλει τη διαθεματική προσέγγιση ως διδακτική μεθοδολογία για την κατάκτηση της γνώσης (Δαφέρμου, Κουλούρη & Μπασαγιάννη, 2006). Το 2011 συντάσσεται το «Νέο Πρόγραμμα Σπουδών του Νηπιαγωγείου», το οποίο ακολουθεί παρόμοια προσέγγιση, δίνοντας ακόμα μεγαλύτερη έμφαση στη διασύνδεση των επιστημονικών πεδίων, ενώ παράλληλα ενσωμάτωσε καινούργιες έννοιες και περιοχές μελέτης. Για παράδειγμα, εντοπίζεται η εισαγωγή της ενότητας των Στοχαστικών Μαθηματικών ήδη από την προσχολική εκπαίδευση. Οι μεταρρυθμίσεις και οι αλλαγές στα Προγράμματα Σπουδών συνιστούν πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς όχι μόνο για το νέο περιεχόμενο αυτών, αλλά και για τον τρόπο που θα πρέπει αυτό να διδάχεται.

Προς αυτή την κατεύθυνση, ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η σύνδεση των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών έχει προταθεί ως ένα ελπιδοφόρο μονοπάτι για τη βελτίωση της κατανόησης των μαθητών, της επίδοσης και της στάσης τους και προς τις δύο θεματικές περιοχές (Berlin & White, 1999). Τα Μαθηματικά και οι Φυσικές Επιστήμες φαίνεται να είναι δύο διακριτές περιοχές γνώσης, αλλά στην πραγματικότητα τα μεταξύ τους όρια δεν είναι πλήρως ορισμένα (Πόταρη & Σπηλιωτοπούλου, 1995). Αν και η έρευνα έχει αναγνωρίσει τη σπουδαιότητα της σύνδεσης Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, υπάρχει ακόμα αβεβαιότητα σχετικά με το πώς να ενσωματώσουμε αυτή την αλληλεπίδραση μέσα στο πρόγραμμα και στο περιβάλλον της σχολικής τάξης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Έχει υπάρξει έντονη διαμάχη στην ερευνητική βιβλιογραφία σχετικά με τους όρους που χρησιμοποιούνται για να δηλώσουν τη σύνδεση μεταξύ των επιστημονικών περιοχών, καθώς και τους ορισμούς των όρων αυτών και την επίδρασή τους στην πρακτική τους εφαρμογή. Τρεις κυρίαρχοι όροι είναι η διαθεματικότητα, η διεπιστημονικότητα και η ενιαιοποίηση. Η διαθεματικότητα (*cross-thematic integration*) ορίζεται ως ο «*τρόπος οργάνωσης του Αναλυτικού Προγράμματος, που καταργεί ως πλαίσια επιλογής και οργάνωσης της σχολικής γνώσης τα διακριτά μαθήματα και αντιμετωπίζει τη γνώση ως ενιαία ολότητα, την οποία προσεγγίζει μέσα από τη (συλλογική συνήθως) διερεύνηση θεμάτων, ζητημάτων και προβληματικών καταστάσεων που παρουσιάζουν με τα κριτήρια των μαθητών ενδιαφέρον*» (Ματσαγγούρας, 2002, σελ. 24). Αντίστοιχα, η διεπιστημονικότητα (*interdisciplinarity*) ορίζεται ως «*ο τρόπος οργάνωσης του Αναλυτικού Προγράμματος, που διατηρεί τα διακριτά μαθήματα ως πλαίσια επιλογής και διάταξης της σχολικής γνώσης, αλλά επιχειρεί με ποικίλους τρόπους να συσχετίσει μεταξύ τους το περιεχόμενο των διακριτών μαθημάτων*» (Ματσαγγούρας, 2002, σελ. 24). Έτσι, και τα Προγράμματα Σπουδών μπορούν να διακριθούν στα διαθεματικά και στα διεπιστημονικά προγράμματα (Ματσαγγούρας, 2002). Σύμφωνα με το Θεοδωρόπουλο (1997), η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης αναφέρεται στην πολύπλευρη διερεύνηση και μελέτη ενός θέματος με τη συμμετοχή και το συντονισμό πολλών γνωστικών αντικειμένων, ενώ η διεπιστημονική προσέγγιση της γνώσης αφορά μια μελέτη του

θέματος περιορισμένη στο χώρο των επιστημών. Επομένως, η διαθεματικότητα είναι ευρύτερος όρος από τη διεπιστημονικότητα και χαρακτηρίζεται από μια ολιστική αντίληψη της γνώσης μέσα από τη συνδρομή όλων των εμπλεκόμενων γνωστικών αντικειμένων (Θεοδωρόπουλος, 1997). Τέλος, η ενιαιοποίηση (integration), «*αναφέρεται στην εσωτερική συνοχή και την ομαλή ροή τόσο εντός των ενοτήτων και μεταξύ των ενοτήτων του αυτού μαθήματος που διδάσκεται σε διαφορετικές τάξεις όσο και στις αλληλοδιάδοχες βαθμίδες εκπαίδευσης*» (Ματσαγγούρας, 2002, σελ. 26). Η αναγκαιότητα της ενιαιοποίησης υπογραμμίζεται από ψυχολογικούς λόγους που αναφέρονται στα μαθησιακά και ψυχολογικά προβλήματα, τα οποία δημιουργεί η έλλειψή της, καθώς και από επιστημολογικούς λόγους που τονίζουν ότι μόνο η εξασφάλιση της ενιαιοποίησης στο εσωτερικό ενός διδακτικού κλάδου δημιουργεί προϋποθέσεις για διεπιστημονικές διασυνδέσεις και διαθεματικές προεκτάσεις (Ματσαγγούρας, 2002). Η έρευνα μας εντάσσεται στη διεπιστημονική προσέγγιση.

Μελέτες έχουν δείξει ότι η σύνδεση Μαθηματικών και Θετικών Επιστημών έχει θετικό αντίκτυπο στη στάση των μαθητών και στο ενδιαφέρον τους στο σχολείο, καθώς και στην ανάπτυξη κινήτρων για μάθηση και στην επίδοση (Stinson, Harkness, Meyer & Stallworth, 2009). Οι Goldberg και Wagreich (1989) ανέπτυξαν το πρόγραμμα «Teaching Integrated Mathematics and Science» (TIMS) για μαθητές Δημοτικού, χρησιμοποιώντας ένα εσωτερικό εργαλείο που αφορούσε τις έννοιες του μήκους, του εμβαδού, του όγκου και της μάζας, τη μελέτη διαγραμμάτων και γραφημάτων και ενέπλεκε αναλογική σκέψη (proportional reasoning) και απλή άλγεβρα (Meier, Nicol & Cobbs, 1998). Τα αποτελέσματα έδειξαν οφέλη στην ακαδημαϊκή επίδοση και βελτίωση των ικανοτήτων επεξεργασίας (process skills) Μαθηματικών και Θετικών Επιστημών (Meier, Nicol & Cobbs, 1998). Επίσης, οι Berlin και Hillen (1994) ανέφεραν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα σε γνωστικό, συναισθηματικό και κοινωνικό επίπεδο από το πρόγραμμα «Activities Integrating Mathematics and Science» (AIMS program), στο οποίο συμμετείχαν 2.025 μαθητές ηλικίας 9- 12 ετών, από έξι διαφορετικές πολιτείες (Meier, Nicol & Cobbs, 1998).

Πρόσφατες έρευνες στη διεθνή βιβλιογραφία (Franklin et al., 2005; Jones, 2005; Shaughnessy, 2007, αναφ. στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011β, Πρόγραμμα Σπουδών για τα Μαθηματικά στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση, σελ. 25; Κοντογιάννη, 2014) τονίζουν ότι τα παιδιά ως «μικροί ερευνητές» μπορούν να διαχειριστούν προβλήματα Στοχαστικών Μαθηματικών. Τα μικρά παιδιά από την ηλικία των τεσσάρων ετών μπορούν να χειριστούν σε ένα πρώιμο επίπεδο βασικές έννοιες στατιστικής (Νικηφορίδου & Παγγέ, 2012). Σε έρευνα της Kafoussi (2006), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά του νηπιαγωγείου μπορούν να διαβάσουν διαφορετικούς τύπους διαγραμμάτων και να απαντούν σε ερωτήσεις σχετικά με τις πληροφορίες που υπάρχουν σε αυτά. Από την άλλη πλευρά, το θέμα του καιρού συνδέεται άμεσα με τα βιώματα και τα ενδιαφέροντα των παιδιών και ενεργοποιεί τη σκέψη και τα συναισθήματα τους (Πικροδημήτρη, 2005).

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συνδυάσει τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες μέσα από κοινές μαθησιακές δραστηριότητες, τις οποίες παιδιά προσχολικής ηλικίας θα επεξεργαστούν συνεργατικά. Ειδικότερα, η ερευνητική προσπάθεια που επιχειρείται επιδιώκει να συνδέσει διαδικασίες που εφαρμόζονται στη στατιστική με έννοιες που μελετώνται κατά την επεξεργασία του θέματος του καιρού και να καταγράψει και αξιολογήσει τα αποτελέσματα αυτής της ένωσης.

Στην ερευνητική μας προσέγγιση προσπαθήσαμε να εξετάσουμε την αποτελεσματικότητα ενός διεπιστημονικού σχεδιασμού, αλλά και τη συμπεριφορά των παιδιών απέναντι σε αυτόν μέσα από ένα συνεργατικό πλαίσιο. Επομένως, τα ερευνητικά ερωτήματα που απασχόλησαν την παρούσα έρευνα είναι:

- Πώς τα παιδιά προσχολικής εκπαίδευσης εργαζόμενα συνεργατικά επεξεργάστηκαν τις διεπιστημονικές δραστηριότητες στατιστικής και καιρού;
- Πώς οι διεπιστημονικές δραστηριότητες στατιστικής και καιρού ενθάρρυναν τη μάθηση;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα έρευνα βασίστηκε σε ποιοτικές μεθόδους και ειδικότερα στη μελέτη περίπτωσης. Ως εργαλεία συλλογής δεδομένων επιλέχθηκαν η ημι-δομημένη συνέντευξη και η συμμετοχική παρατήρηση. Οι συνεντεύξεις διεξήχθησαν ατομικά για το κάθε παιδί πριν την υλοποίηση των δραστηριοτήτων, με στόχο την ανάδειξη και καταγραφή των γνώσεων των παιδιών για το υπό μελέτη ζήτημα. Οι απαντήσεις που δόθηκαν στις συνεντεύξεις επέτρεψαν το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων, προκειμένου αυτές να ανταποκρίνονται στις γνώσεις και ανάγκες των μαθητών/τριών. Η παρατήρηση έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των δραστηριοτήτων από τα παιδιά, προκειμένου να καταγραφεί ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίστηκαν οι δραστηριότητες και εξελίχθηκε η μαθησιακή διαδικασία. Η ερευνήτρια ανέλαβε ρόλο παρατηρήτριας ως συμμετέχουσα και ενεπλάκη στις δραστηριότητες που επιχείρησε να παρατηρήσει μέσα από το συντονισμό της όλης διαδικασίας. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσα από την παρατήρηση καταγράφηκαν σε μορφή σημειώσεων και παράλληλα χρησιμοποιήθηκε και η ηχογράφηση.

Στην έρευνα συμμετείχαν 14 μαθητές/τριες ενός νηπιαγωγείου, και ειδικότερα 7 αγόρια και 7 κορίτσια, ηλικίας από 4 έως 6 ετών. Τα παιδιά επεξεργάστηκαν τις δραστηριότητες σε ομάδες των δύο ατόμων. Οι ομάδες περιλαμβάνουν ένα νήπιο και ένα προνήπιο, έτσι ώστε ο ένας μαθητής/τρια να δέχεται βοήθεια από τον άλλο, δεδομένου ότι τα προνήπια συνάντησαν δυσκολίες σε σχέση με τα νήπια στις συνεντεύξεις.

Η ανάλυση των απαντήσεων είναι ποιοτική. Οι σημειώσεις πεδίου, που καταγράφηκαν μέσα από την παρατήρηση, κωδικοποιήθηκαν και αναλύθηκαν με στόχο την αναζήτηση κοινών στοιχείων μεταξύ των απαντήσεων. Επιπλέον, αντικείμενο επεξεργασίας αποτέλεσαν τα φύλλα εργασίας που συμπλήρωσαν οι μαθητές/τριες τόσο κατά τη διαδικασία της συνέντευξης όσο και κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων, καθώς και τα διαγράμματα που κατασκεύασαν τα παιδιά.

Ερωτήσεις συνεντεύξεων

Κάθε συνέντευξη περιλάμβανε πέντε ανοιχτού τύπου ερωτήσεις και είχε διάρκεια περίπου δέκα λεπτά. Κάθε παιδί κλήθηκε να απαντήσει ατομικά. Οι ερωτήσεις αφορούσαν το συμβολισμό των καιρικών φαινομένων, την καταμέτρηση αντικειμένων και γραφή των αντίστοιχων αριθμητικών συμβόλων, την προφορική αρίθμηση, την επεξεργασία δύο εικόνων που παρουσίαζαν διαφορετικές μορφές χαρτών και τη μελέτη ενός εικονογράμματος.

Δραστηριότητες

Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν με βάση την ενιαιοποίηση κατά περιεχόμενο (Davison, Miller & Metheny, 1995), δηλαδή συνδυάστηκαν στόχοι των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών, προκειμένου να ενισχυθεί η κατανόηση ισότιμα και για τις δύο θεματικές περιοχές. Οι μαθητές/τριες καλούνται να κάνουν συσχετίσεις ανάμεσα στον καιρό και τη στατιστική χρησιμοποιώντας ως πρακτικές τη συνεργατική ομαδική εργασία, τη συζήτηση, τον προβληματισμό, τη χρήση χειραπτικών υλικών, την αιτιολόγηση της σκέψης τους και με τον εκπαιδευτικό να αναλαμβάνει ρόλο εμπνευστή της μάθησης. Για να εισάγουμε τα παιδιά στις δραστηριότητες χρησιμοποιείται ως αφορμή μια ιστορία, στην οποία ο ήρωας χρειάζεται την βοήθεια τους. Συνολικά σχεδιάστηκαν τέσσερις μαθησιακές δραστηριότητες. Η πρώτη δραστηριότητα εστιάζει στην παρατήρηση, περιγραφή και καταγραφή του καιρού ζωγραφίζοντας το κατάλληλο σύμβολο σε Φύλλο Εργασίας, στο οποίο παρουσιάζεται ένας σχετικός χάρτης της περιοχής. Η δεύτερη δραστηριότητα αναφέρεται στην επεξεργασία και οργάνωση ήδη καταγεγραμμένων δεδομένων σχετικών με τον καιρό, τα οποία εμφανίζονται μέσα από χάρτες της περιοχής. Έτσι, τα παιδιά επιλέγοντας υλικά (χάρτινους κύβους, καπάκια, τουβλάκια ή οποιοδήποτε άλλο υλικό από την τάξη) κατασκευάζουν διάγραμμα. Η τρίτη δραστηριότητα αποσκοπεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση το διάγραμμα που κατασκευάστηκε και συσχέτιση αυτών με την επίδραση των καιρικών φαινομένων στη ζωή των ανθρώπων. Τέλος, η τέταρτη δραστηριότητα αφορά αρχικά, τη σύγκριση διαφορετικών μορφών διαγραμμάτων κατασκευασμένα με υλικά με το διάγραμμα της κάθε ομάδας και έπειτα, την ερμηνεία διαγραμμάτων σε ένα γενικότερο πλαίσιο. Επομένως, διαπιστώνουμε ότι κεντρικός θεματικός άξονας της οργάνωσης των δραστηριοτήτων αποτέλεσε ο καιρός, ενώ η στατιστική παρέιχε το πλαίσιο συζήτησης μέσα από το οποίο το θέμα του καιρού έγινε αντικείμενο μελέτης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αναφορικά με τις απαντήσεις που δόθηκαν στις συνεντεύξεις, διαπιστώσαμε ότι οι μαθητές/τριες ήταν εξοικειωμένοι με τα σύμβολα του καιρού, τα οποία κλήθηκαν να μελετήσουν στις δραστηριότητες και αναγνώριζαν με ευκολία τα καιρικά φαινόμενα. Επίσης, σχεδόν όλα τα παιδιά ήταν ικανά να απαριθμήσουν σωστά τα αντικείμενα. Δυσκολίες εμφανίστηκαν στη γραφή των αριθμητικών συμβόλων, καθώς και στην προφορική αρίθμηση και αφορούσαν κυρίως τα προνήπια. Γι' αυτό, προκειμένου οι

δραστηριότητες της έρευνας να ανταποκρίνονται τόσο στις υπάρχουσες γνώσεις των παιδιών όσο και στις ανάγκες τους, θεωρήθηκε καταλληλότερο οι ημέρες καταγραφής των καιρικών φαινομένων, που αποτελούν στην ουσία τα δεδομένα που θα επεξεργαστούν οι μαθητές/τριες, να μην ξεπερνούν τις δέκα. Όσο αφορά τους χάρτες, οι μαθητές/τριες δεν δυσκολεύτηκαν να αναγνωρίσουν στοιχεία που παρουσιάζονταν σε αυτούς και ανέφεραν διάφορες χρήσεις τους. Αν και λίγα παιδιά σχολίασαν τη χρήση του χάρτη για την αποτύπωση του καιρού, δεν αναμενόταν κάποιο πρόβλημα στα φύλλα εργασίας που αυτός χρησιμοποιήθηκε, αφού αποτελούσε ένα τρόπο καταγραφής και παρουσίασης του καιρού της περιοχής των μαθητών/τριών. Τέλος, τα περισσότερα παιδιά κατάφεραν να μελετήσουν επιτυχώς το διάγραμμα και αιτιολόγησαν την απάντησή τους εστιάζοντας στον αριθμό των κύβων. Επομένως, ήταν σε θέση να επεξεργαστούν και τα διαγράμματα των δραστηριοτήτων.

Μελετώντας την υλοποίηση των δραστηριοτήτων, παρατηρούμε ότι κατά την πρώτη δραστηριότητα, κάθε παιδί συμμετείχε ισότιμα, αρχικά παρατηρώντας και καταγράφοντας τον καιρό σε συνεργασία με τον/την συμμαθητή/τρια του/της και στη συνέχεια, έχοντας τη δυνατότητα να εκθέσει τις απόψεις του (βλ. εικόνες 1-3). Στη δεύτερη δραστηριότητα, οι μαθητές/τριες «διάβασαν» τα δεδομένα και προβληματίστηκαν πάνω σε αυτά, αλλά δεν μπόρεσαν να θέσουν σχετικά ερωτήματα. Τα μέλη κάθε ομάδας, αφού επέλεξαν από κοινού το υλικό της αρεσκείας τους, αντιστοίχισαν με αυτό τα καιρικά φαινόμενα με σχετική ευκολία και κατασκεύασαν το δικό τους διάγραμμα (βλ. εικόνες 4-7). Το σχετικό φύλλο εργασίας αποτέλεσε το βασικό οδηγό τους, όχι μόνο για την κατασκευή του διαγράμματος τους, αλλά και για την επεξήγηση αυτού. Τα νήπια ανέλαβαν περισσότερες πρωτοβουλίες και ήταν πιο ενεργητικά στην κατασκευή του διαγράμματος σε σχέση με τα προνήπια. Κατά την τρίτη δραστηριότητα, τα παιδιά στηριζόμενα στο διάγραμμα που κατασκεύασαν οδηγήθηκαν σε συμπεράσματα σχετικά με το πλήθος των ημερών που εμφανίζεται κάθε καιρικό φαινόμενο και με συγκρίσεις μεταξύ αυτών (βλ. εικόνες 8-10). Στη συνέχεια, συζήτησαν σχετικά με την επίδραση του καιρού στη ζωή τους, εξέφρασαν τις ιδέες τους και τα βιώματα τους και έφεραν παραδείγματα από την καθημερινότητα τους. Τέλος, στην τέταρτη δραστηριότητα, οι μαθητές/τριες συγκρίνοντας τα διάφορα διαγράμματα με το δικό τους διάγραμμα, διαπίστωσαν ότι έχουν βρει τα ίδια αποτελέσματα και επεσήμαναν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ τους. Έπειτα, ερμηνεύοντας διαγράμματα σε ένα γενικότερο πλαίσιο, τα παρατήρησαν προσεκτικά, «διάβασαν» τα δεδομένα που αυτά παρουσίαζαν και απάντησαν σωστά στις σχετικές ερωτήσεις που έθεσε η ερευνήτρια. Η δημιουργία του δικού τους διαγράμματος κατέστησε πιο κατανοητή και την ερμηνεία των άλλων διαγραμμάτων. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές απαντήσεις των ομάδων των παιδιών.

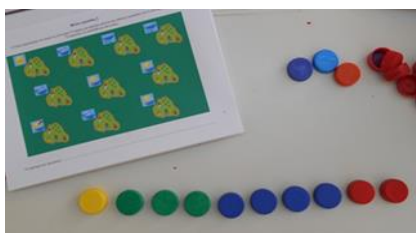
Εικόνες 1-3: Καταγραφή καιρού (Δραστηριότητα 1η)



Εικόνες 4-7: Οργάνωση δεδομένων σε διάγραμμα με χρήση υλικών (Δραστηριότητα 2η)



Εικόνα 4: Ομάδα 1



Εικόνα 6: Ομάδα 2



Εικόνα 7: Ομάδα 7

Εικόνες 8-10: Εξαγωγή συμπερασμάτων και συσχέτισή τους με την καθημερινή ζωή (Δραστηριότητα 3η)

Φύλλο εργασίας 3

Συμπληρώστε: Συμπληρώστε στο κοτσάκι τον κατάλληλο αριθμό. Έπειτα αντιστοιχίστε το κάθε σύμβολο του καιρού με την κατάλληλη εικόνα.

Πόσες μέρες είχε...

Τι καιρό είχε τις περισσότερες ημέρες;.....
Πόσο πολλές μέρες είχε ήλιο ή βροχή; Πόσες το σοφισμάτε;

Εικόνα 8: Ομάδα 1

Φύλλο εργασίας 3

Συμπληρώστε: Συμπληρώστε στο κοτσάκι τον κατάλληλο αριθμό. Έπειτα αντιστοιχίστε το κάθε σύμβολο του καιρού με την κατάλληλη εικόνα.

Πόσες μέρες είχε...

Τι καιρό είχε τις περισσότερες ημέρες;.....
Πόσο πολλές μέρες είχε ήλιο ή βροχή; Πόσες το σοφισμάτε;

Εικόνα 9: Ομάδα 4

Φύλλο εργασίας 3

Συμπληρώστε: Συμπληρώστε στο κοτσάκι τον κατάλληλο αριθμό. Έπειτα αντιστοιχίστε το κάθε σύμβολο του καιρού με την κατάλληλη εικόνα.

Πόσες μέρες είχε...

Τι καιρό είχε τις περισσότερες ημέρες;.....
Πόσο πολλές μέρες είχε ήλιο ή βροχή; Πόσες το σοφισμάτε;

Εικόνα 10: Ομάδα 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων, τα παιδιά ήταν ικανά να τις διαχειριστούν με επιτυχία, να εκφραστούν και να προεκτείνουν τη σκέψη τους. Συνεργάστηκαν ομαλά με τους/τις συμμαθητές/τριες τους και επικοινωνήσαν τις ιδέες τους. Ειδικότερα, απαντώντας στα αρχικά ερευνητικά ερωτήματα που είχαμε θέσει αναφέρουμε:

- *Πώς τα παιδιά προσχολικής εκπαίδευσης εργαζόμενα συνεργατικά επεξεργάστηκαν τις διεπιστημονικές δραστηριότητες στατιστικής και καιρού;*

Οι μαθητές/τριες ανταποκρίθηκαν επιτυχώς στις δραστηριότητες, όχι μόνο γιατί απαντούν σωστά, αλλά και γιατί δείχνουν ενδιαφέρον, συμμετέχουν ενεργά, προβάλλουν τις σκέψεις τους και τις υλοποιούν δημιουργώντας μια δική τους κατασκευή. Οι στρατηγικές που αναπτύχθηκαν, όπως παρατήρηση και καταγραφή φαινομένων, οργάνωση δεδομένων σε διάγραμμα με χρήση διάφορων υλικών, εξαγωγή συμπερασμάτων και σύνδεση αυτών με την καθημερινή ζωή, αναστοχασμός για τον τρόπο δράσης, ανάλυση, σύγκριση και ερμηνεία διαγραμμάτων, έδωσαν στα παιδιά τη δυνατότητα αφενός, να ενισχύσουν τις γνώσεις τους σχετικά με το υπό μελέτη θέμα του καιρού και αφετέρου, να εξασκηθούν στην ανάπτυξη στοχαστικού συλλογισμού. Η συγκρότηση ομάδων θεωρείται ότι ευνόησε σημαντικά κυρίως τα προνήπια.

- Πώς οι διεπιστημονικές δραστηριότητες στατιστικής και καιρού ενθάρρυναν τη μάθηση;

Τόσο το πεδίο των Μαθηματικών όσο και το πεδίο των Φυσικών Επιστημών κατέστησαν πιο ενδιαφέροντα μέσα από τη σύνδεση τους. Τα παιδιά είχαν τη δυνατότητα να συνεργαστούν με τους/τις συμμαθητές/τριες τους, να καταθέσουν τα βιώματα τους, να εφαρμόσουν τις ιδέες τους. Ενεπλάκησαν με το θέμα του καιρού με ένα διαφορετικό και δημιουργικό τρόπο, που ταυτόχρονα εστίαζε στην ανάπτυξη της στατιστικής τους σκέψης. Εξάλλου, σκοπός της εκπαίδευσης δεν είναι μόνο η κατάκτηση του γνωστικού περιεχομένου, αλλά και η καλλιέργεια βασικών δεξιοτήτων, που θα βοηθήσουν τον/την μαθητή/τρια ως μελλοντικό πολίτη της σύγχρονης κοινωνίας. Τα παιδιά ενεργοποίησαν τη στοχαστική τους σκέψη, όταν κλήθηκαν να εμπλακούν ενεργά με τα δεδομένα και τις σχετικές γνωστικές διαδικασίες και διαπραγματεύθηκαν νοήματα αναφορικά με το θέμα του καιρού, το οποίο διατρέχει την καθημερινότητα τους.

Στην πλειοψηφία τους οι στόχοι που τέθηκαν στις δραστηριότητες της έρευνας επιτεύχθηκαν με αποτελεσματικότητα, εκτός από το στόχο που αφορούσε τη θέσπιση ερωτημάτων εκ μέρους των παιδιών με βάση τα δεδομένα που επεξεργάζονταν. Η δυσκολία των μαθητών/τριών να εκφράσουν ερωτήματα ίσως οφείλεται και στο γεγονός ότι κλήθηκαν να μελετήσουν δεδομένα που ήταν ήδη καταγεγραμμένα και που δεν είχαν συλλέξει οι ίδιοι/ιες. Η διατύπωση ερωτημάτων από τους μαθητές/τριες θεωρείται σημαντική, αφού τους εμπλέκει ενεργητικά στην ερευνητική διαδικασία. Γι' αυτό και προτείνεται η πραγματοποίηση μικρών ερευνών και η συλλογή δεδομένων με την αξιοποίηση γεγονότων της καθημερινής ζωής του νηπιαγωγείου, ώστε να ενθαρρυνθούν να θέσουν και να διερευνήσουν σχετικούς προβληματισμούς και ερωτήματα. Επιπλέον, κατά την επεξεργασία των δεδομένων και την κατασκευή των διαγραμμάτων στη δεύτερη δραστηριότητα, παρατηρούμε τις ομάδες που χρησιμοποίησαν καπάκια, μαρκαδόρους και τουβλάκια να ανατρέχουν συνεχώς στο σχετικό φύλλο εργασίας, προκειμένου να μετρήσουν ξανά τα σύμβολα του καιρού και να ανακαλέσουν στη μνήμη τους την οργάνωση των υλικών τους. Η διαδικασία αυτή δεν δυσκόλεψε τα παιδιά, δεδομένου ότι κανένα καιρικό φαινόμενο δεν εμφανίζεται ισάριθμα με κάποιο από τα άλλα. Επομένως, αξίζει να μελετηθούν περιπτώσεις, όπου τα καιρικά φαινόμενα παρουσιάζουν την ίδια συχνότητα, προκειμένου να διαπιστωθεί πώς θα ενεργούσαν οι μαθητές/τριες και αν θα αναγκάζονταν πλέον να εφεύρουν τρόπους διάκρισης και συμβολισμού αυτών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλαχιώτης, Σ. (2002). Για ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό σύστημα, *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 7, 7-18.
- Berlin, D., & White, A. (1999). Mathematics and science together: Establishing the relationship for the 21st century classroom. In *International conference on mathematics into the 21st century: Societal challenges, issues, and approaches*, p. 57- 62, Cairo,.
- Davison, D.M., Miller, K.W. & Metheny, D.L. (1995). What does integration of science and mathematics really mean? *School Science and Mathematics*, 95(5), 226-230.

- Δαφέρμου, Χ., Κουλούρη, Π. & Μπασαγιάννη, Ε. (2006). *Οδηγός Νηπιαγωγού: Εκπαιδευτικοί σχεδιασμοί, δημιουργικά περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα: ΟΕΔΒ
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, EACEA, Eurydice (2012). *Αναπτύσσοντας Βασικές Ικανότητες στο Σχολείο στην Ευρώπη. Προκλήσεις και Ευκαιρίες Πολιτικής*. Έκθεση Ευρυδίκη. Λουξεμβούργο: Γραφείο Δημοσιεύσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- Θεοδωρόπουλος, Π. (1997). *Η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης: Από τη φιλοσοφία στην εφαρμογή*. Ανακτήθηκε στις 22/7/2015 από την ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.p-theodoropoulos.gr/ergasies/paidag-diatheemat.pdf>
- Kafoussi, S. (2006). Reading visual representations of data with kindergarten children. *International Group for the Psychology of Mathematics Education*: 266.
- Κοντογιάννη, Α. (2014). *Ο Στατιστικός Γραμματισμός στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών των Μαθηματικών του Δημοτικού Σχολείου*. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). Διεπιστημονικότητα, διαθεματικότητα και ενιαιοποίηση στα νέα Προγράμματα Σπουδών: Τρόποι οργάνωσης της σχολικής γνώσης. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 7, 19- 36.
- Meier, S., Nicol, M., Cobbs, G. (1998). Potential Benefits and Barriers to Integration. *School Science and Mathematics*, 98(8), 438-447.
- Νικηφορίδου, Ζ., & Παγγέ, Π. (2012). Στατιστικός γραμματισμός στο Νηπιαγωγείο. *Πρακτικά του Ελληνικού Ινστιτούτου Εφαρμοσμένης Παιδαγωγικής και Εκπαίδευσης (ΕΛΛ.Ι.Ε.Π.ΕΚ.)*, 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο, 5-7 Οκτωβρίου 2012.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011α). *Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου (1^ο και 2^ο μέρος)*. Ανακτήθηκε στις 20/07/2015 από την ηλεκτρονική διεύθυνση <http://ebooks.edu.gr/new/ps.php>
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011β). *Πρόγραμμα Σπουδών για τα Μαθηματικά στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση*. Ανακτήθηκε στις 20/07/2015 από την ηλεκτρονική διεύθυνση <http://ebooks.edu.gr/new/ps.php>
- Πικροδημήτρη, Μ., (2005). Θεματική προσέγγιση στη Μελέτη Περιβάλλοντος: «Οι αλλαγές του καιρού στη ζωή μας». *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, Τεύχος 10, σελ. 84- 98.
- Πόταρη, Δ., & Σπηλιωτοπούλου, Β. (1995). Διεπιστημονικά πλαίσια διερεύνησης των αντιλήψεων των μαθητών στα Μαθηματικά και στις Φυσικές Επιστήμες. *Πρακτικά 12^ο Πανελλήνιου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας*, σ. 197-205, Ηράκλειο.
- Stinson, K., Harkness, S., Meyer, H., & Stallworth, J. (2009). Mathematics and Science Integration: Models and Characterizations. *School Science and Mathematics*, 109 (3), 153-161.

Ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων για την κατανόηση του μεγέθους στην κλίμακα του νάνο από μαθητές Δημοτικού Σχολείου

Άννα Σπύρτου¹, Γιώργος Πέικος² & Λεωνίδας Μάνου³

¹ΠΤΔΕ Φλώρινας, aspirtou@uowm.gr

²ΠΤΔΕ Φλώρινας, giorgospeikos@gmail.com

³ΠΤΔΕ Φλώρινας, lmanoul@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδασκαλία και μάθηση του περιεχομένου της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας (N-ET) συνδέεται στενά με τη διδασκαλία και μάθηση του μεγέθους και της κλίμακας. Στην εργασία αυτή περιγράφουμε το εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο σχεδιάσαμε και εφαρμόσαμε με βάση την παραπάνω παραδοχή, με στόχο μαθητές του δημοτικού σχολείου να είναι ικανοί να ταξινομούν και να σειροθετούν αντικείμενα στο μακρόκοσμο, στο μικρόκοσμο και στο νανόκοσμο. Συγκεκριμένα παρουσιάζουμε αναλυτικά τα αντίστοιχα τρία δίωρα μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ), στα οποία επιδιώξαμε την ανάπτυξη της ποιοτικής κατηγοριοποιητικής και σχεσιακής αντίληψης του μεγέθους. Η αξιολόγηση της μάθησης έγινε με ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν θετική εξέλιξη στην ικανότητα των μαθητών να ταξινομούν και να σειροθετούν. Θεωρούμε ότι το εύρημα αυτό έχει ενδιαφέρον τόσο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών όσο και των Μαθηματικών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μέγεθος και κλίμακα, σειροθέτηση, ταξινόμηση, μαθητές Δημοτικού Σχολείου, νανοκλίμακα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ¹

Το μέγεθος και η κλίμακα, είναι δύο έννοιες που χαρακτηρίζονται ως χρήσιμα εννοιολογικά εργαλεία για την κατανόηση του φυσικού κόσμου (Delgado, Stevens, Shin 2008). Σαν έννοιες θεωρούνται διεπιστημονικές μιας και υπερβαίνουν τα όρια διάφορων επιστημονικών πεδίων όχι μόνο των φυσικών επιστημών, όπως η αστρονομία, η χημεία, η φυσική, η γεωλογία, αλλά και άλλων, όπως η ιστορία. Για παράδειγμα, στην

¹ Η εργασία αυτή αναπτύσσεται στο ερευνητικό πλαίσιο του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Εκπαιδευτικές Καινοτομίες, στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και την Τεχνολογία», Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.

αστρονομία, οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος σειροθετούνται με βάση το μέγεθός τους, ενώ στην ιστορία για χάρη αναπαράστασης της χρονικής εξέλιξης ενός γεγονότος, χρησιμοποιείται μία αριθμογραμμή (κλίμακα) όπου ο «χρόνος» γράφεται με μία αριθμητική τιμή συνοδευόμενη με αντίστοιχες μονάδες μέτρησης χρόνου όπως το έτος (Stevens et al. 2009).

Η N-ET είναι ένας σύγχρονος διεπιστημονικός κλάδος, που αποκρίνεται καταφατικά στην πρόκληση αν τα μικρά αντικείμενα σε διαστάσεις μπορούν να έχουν ιδιότητες διαφορετικές σε σχέση με τα μεγαλύτερά τους (Ghattas & Carver 2012). Πράγματι, στη ναοκλίμακα, οι ιδιότητες ενός υλικού αλλάζουν, π.χ. οι μαγνητικές, φυσικές, ηλεκτρικές. Για παράδειγμα, το Νικέλιο στη ναοκλίμακα αυξάνει τη σκληρότητά του 5 φορές (Murty et al. 2013). Εξαιτίας αυτής της αλλαγής των ιδιοτήτων στη ναοκλίμακα, έρχονται στο φως νέα επιτεύγματα σε τομείς της ηλεκτρονικής, της υγείας και των προηγμένων υλικών. Έτσι, θεωρείται ότι οι επόμενες δεκαετίες θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως η εποχή του Νάνο (Nano Age) (Jones et al., 2013).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Μέγεθος και η Κλίμακα ως πρόκληση για τη κατανόηση της N-ET

Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί, ότι στην εργασία αυτή τα όρια των τριών κλιμάκων προσδιορίζονται με βάση τη σχετική βιβλιογραφία για την εκπαίδευση της N-ET (Delgado et al. 2007, Stevens et al. 2009). Ειδικότερα, θεωρείται ότι είναι χρήσιμο να διαιρέσουμε το ευρύ φάσμα μεγεθών σε κλίμακες, κάθε μία από τις οποίες μπορεί να χαρακτηρίζεται όχι μόνο από την αντίστοιχη μονάδα μέτρησης, αλλά επίσης από δύο ποιοτικά κριτήρια: (i) τα χαρακτηριστικά αντικείμενα της κάθε κλίμακας καθώς και (ii) τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη των αντικειμένων (Stevens et al., 2009). Υπό το πρίσμα αυτό, κατώτατο όριο της μακροκλίμακας θεωρείται περίπου το εύρος 50-100μm, στην οποία περιλαμβάνονται αντικείμενα που μπορούν να παρατηρηθούν με γυμνό μάτι, όπως είναι το μυρμήγκι. Το κατώτατο όριο της μικροκλίμακας θεωρείται περίπου 200nm, με χαρακτηριστικά αντικείμενα, τα κύτταρα. Τα οπτικά μικροσκόπια είναι τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της συμπεριφοράς της ύλης σε αυτή της κλίμακα. Η ναοκλίμακα προσδιορίζεται προσεγγιστικά στο εύρος 1-100nm, με αντικείμενα αναφοράς (landmark objects) τις πρωτεΐνες και το μόριο του DNA. Αντίστοιχα, ως όργανα μελέτης αυτής της κλίμακας αναγνωρίζονται τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια, όπως είναι το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Stevens et al. 2009, Magana, Brophy, Bryan 2012).

Με βάση τα παραπάνω, η σύλληψη της ναοκλίμακας αποτελεί πρόκληση γιατί είναι μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη: «το πρόβλημα είναι πρακτικό και εννοιολογικό: τα αντικείμενα της ναοκλίμακας είναι αφηρημένα, δύσκολα στην περιγραφή και οι σχέσεις τους με τον ορατό κόσμο διαφορούμενες» (Sabelli et al. 2005 σελ. 3). Επιπλέον, τα προβλήματα κατανόησης των μαθητών για την κλίμακα καθιστούν δύσκολη τη σύνδεση της ναοκλίμακας με τη μικροκλίμακα και τη μακροκλίμακα (Magana et al. 2012). Συγκεκριμένα, υποστηρίζεται, ότι οι μαθητές αρχικά είναι σημαντικό να κατανοήσουν την ύπαρξη μιας κλίμακας πιο μικρής από την κλίμακα των

κνττάρων. Επίσης είναι σημαντικό να κατανοήσουν ότι η νανοκλίμακα περιλαμβάνει αντικείμενα με διαφορετικό μέγεθος μεταξύ τους (Magana et al. 2012).

Έτσι με βάση τον παραπάνω προβληματισμό φαίνεται ότι, η διδασκαλία και μάθηση του περιεχομένου της N-ET συνδέεται στενά με τη διδασκαλία και μάθηση του μεγέθους και της κλίμακας (Delgado et al. 2007).

Επίπεδα κατανόησης του Μεγέθους και της κλίμακας

Στην έρευνα αυτή, η διδασκαλία και μάθηση του μεγέθους και της κλίμακας σε περιεχόμενο της N-ET βασίζεται στο FS2C πλαίσιο (Magana et al., 2012). Με βάση το FS2C πλαίσιο αναγνωρίζονται πέντε γνωστικές διαδικασίες με τα αντίστοιχα επίπεδά τους για την μάθηση του μεγέθους και της κλίμακας (πίνακας 1).

Πίνακας 1: Οι γνωστικές διαδικασίες και τα αντίστοιχα επίπεδα κατανόησης του μεγέθους και της κλίμακας (Magana et al. 2012, σελ. 2187).

Γνωστικές διαδικασίες	Επίπεδα κατανόησης
Γενίκευση (generalization)	Ποιοτική κατηγοριοποιητική αντίληψη – μέγεθος
Διάκριση (discrimination)	Ποιοτική σχεσιακή αντίληψη – μέγεθος
Λογική αναλογική σκέψη	Ποιοτική αναλογική αντίληψη – μέγεθος
Αριθμητική αναλογική σκέψη	Ποσοτική αναλογική αντίληψη – κλίμακα
Μαθηματική σκέψη	Ποσοτική απόλυτη αντίληψη – κλίμακα

Από τις πέντε γνωστικές διαδικασίες, οι τρεις πρώτες είναι ποιοτικές, ενώ οι δύο επόμενες είναι ποσοτικές. Ειδικότερα η γενίκευση εξαρτάται από την ταξινόμηση και η διάκριση εξαρτάται από την σειροθέτηση. Για παράδειγμα, η διαδικασία της γενίκευσης του μεγέθους περιλαμβάνει: το άτομο κατηγοριοποιείται στην ατομική κλίμακα, ο ιός και η διάμετρος της διπλής έλικας του DNA στη νανοκλίμακα, τα βακτήρια και το ερυθρό αιμοσφαίριο στην μικροκλίμακα και ο άνθρωπος στην μακροκλίμακα. Η διαδικασία της διάκρισης εξαρτάται από την σειροθέτηση των αντικειμένων σύμφωνα με το μέγεθός τους π.χ. από το μικρότερο προς το μεγαλύτερο: ιός < βακτήριο < ερυθρό αιμοσφαίριο < μυρμηγκί < άνθρωπος. Παράδειγμα λογικής αναλογικής σκέψης για το μέγεθος αποτελεί η αναλογία: η διαφορά του μεγέθους του ύψους του ανθρώπου με το μήκος του μυρμηγκιού, είναι ίδια αναλογικά με την διαφορά των μεγεθών μεταξύ του βακτηρίου και της διαμέτρου της διπλής έλικας του DNA.

Παράδειγμα αριθμητικής αναλογικής σκέψης για την κλίμακα αποτελεί η εξής αναλογία: η διαφορά του μήκους του μυρμηγκιού με το ύψος του ανθρώπου είναι ότι το μήκος του μυρμηγκιού είναι 1000 μικρότερο από το ύψος του ανθρώπου, όπως η διαφορά του μεγέθους μεταξύ του βακτηρίου και του DNA είναι ότι το DNA είναι 1000 μικρότερο από το βακτήριο. Τέλος, παράδειγμα της μαθηματικής σκέψης είναι: το μέγεθος των βακτηρίων είναι 1μm ή 1×10^{-6} m, δηλαδή όταν αποδίδεται το αριθμητικό μέγεθος ενός αντικειμένου (Magana et al., 2012).

Στη συνέχεια του άρθρου περιγράφουμε το εκπαιδευτικό υλικό μιας ΔΜΑ, το οποίο εφαρμόσαμε με στόχο να αναπτύξουμε τις ικανότητες της ταξινόμησης και της

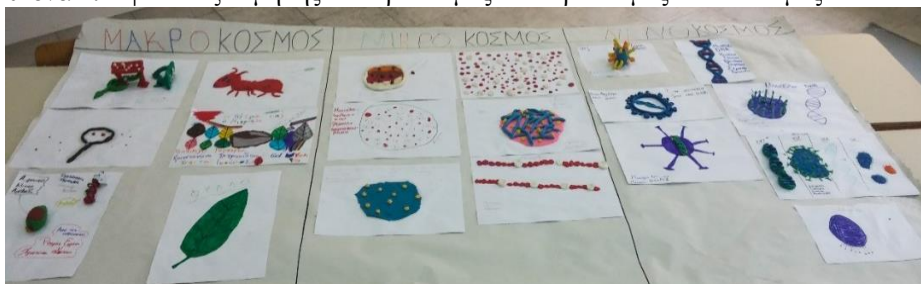
σειροθέτησης των μαθητών σε περιεχόμενο της Ν-ΕΤ. Αυτές οι δύο ικανότητες συμβάλλουν στην κατάκτηση των δύο πρώτων γνωστικών διαδικασιών και για αυτό θεωρούνται πρωταρχικές για την κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Η ΔΜΑ αποτελείται από 6 δίωρα διδασκαλίας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα τρία πρώτα δίωρα καθώς αυτά συνδέονται άμεσα με τα δυο πρώτα επίπεδα κατανόησης του μεγέθους και της κλίμακας.

Σε αυτά τα δίωρα επιδιώκεται οι μαθητές να κατακτήσουν το επίπεδο της ποιοτικής κατηγοριοποιητικής αντίληψης καθώς και το επίπεδο της ποιοτικής σχεσιακής αντίληψης (Πίνακας 1). Κατά την διάρκεια των τριών πρώτων δίωρων οι μαθητές κατασκευάζουν μια αφίσα των τριών κόσμων στην οποία ταξινομούν αντίστοιχα αντικείμενα (εικόνα 1).

Εικόνα 1: Αφίσα ταξινόμησης: Μακρόκοσμος – Μικρόκοσμος -Νανόκοσμος



Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο δίωρο οι μαθητές, σε ομάδες, αναζητούν στην αυλή του σχολείου το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να δουν με γυμνό μάτι και καλούνται να το συλλέξουν με λαβίδες. Οι μαθητές κατασκευάζουν μοντέλα των αντικειμένων που συνέλεξαν, με πλαστελίνες ή ζωγραφιές, και τα τοποθετούν στην πρώτη περιοχή της ομαδικής τους αφίσας (εικόνα 1). Η δραστηριότητα αυτή αναπαρίσταται στην εικόνα 2 στο πρώτο επίπεδο (μακρόκοσμος). Έπειτα παρατηρούν τα αντικείμενα που συνέλεξαν με μεγεθυντικό φακό και συζητείται στο σύνολο της τάξης, ποιο είναι το μικρότερο αντικείμενο. Η δραστηριότητα αυτή αναπαρίσταται στην εικόνα 2 με το βέλος 1 και το δεύτερο επίπεδο κατανόησης (πετραδάκι>μυρμήγκι). Τέλος διεξάγεται συζήτηση για το αν υπάρχει κάποιο μικρότερο αντικείμενο από αυτό που συνέλεξαν και ποιο όργανο νομίζουν ότι είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουν, ώστε να το παρατηρήσουν. Με τη συζήτηση αυτή γίνεται η μετάβαση από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο (βέλος 2, εικόνα 2).

Στο δεύτερο δίωρο, οι μαθητές με την βοήθεια φύλλων εργασίας και ηλεκτρονικών πηγών (εικόνες στον υπολογιστή, κείμενο και comics) συλλέγουν πληροφορίες για τα κύτταρα. Έπειτα παρατηρούν με την χρήση οπτικών μικροσκοπίων, ερυθρά αιμοσφαίρια, κύτταρα κρεμμυδιού και πυρήνες κυττάρου κρεμμυδιού,

κατασκευάζουν μοντέλα για τα κύτταρα που παρατήρησαν και τα τοποθετούν στην μεσαία περιοχή της αφίσας, στον μικρόκοσμο (εικόνα 1). Η δραστηριότητα αυτή αναπαρίσταται στην εικόνα 2 στο πρώτο επίπεδο (μικρόκοσμος). Στο φύλλο εργασίας ζητείται από τους μαθητές να σειροθετήσουν τα αντικείμενα -πυρήνας κυττάρου, κρεμμύδι και κύτταρο κρεμμυδιού- από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο καθώς και να εξηγήσουν τον τρόπο με έκαναν την σειροθέτηση.

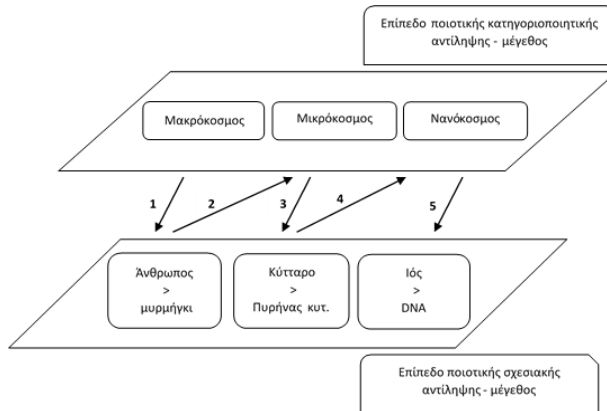
Θεωρούμε ότι η συγκεκριμένη η δραστηριότητα έχει ιδιαίτερη διδακτική αξία γιατί αφορά την καλλιέργεια της ποιοτικής σχεσιακής αντίληψης, η οποία αναγνωρίζεται ως ιδιαίτερα δύσκολη στη περίπτωση του μικρόκοσμου. Όπως επισημαίνεται στη βιβλιογραφία, οι μαθητές με ευκολία σειροθετούν αντικείμενα του μακρόκοσμου, με βασικό κριτήριο ότι είναι ορατά με το μάτι. Στην περίπτωση του μικρόκοσμου, που δεν είναι ορατός με γυμνό μάτι, οι έρευνες υπογραμμίζουν την δυσκολία των μαθητών να διατυπώσουν με σαφήνεια ένα κριτήριο σειροθέτησης (Tretter et al., 2006).

Λαμβάνοντας υπόψη μας αυτές τις επισημάνσεις αποφασίσαμε μετά τη συμπλήρωση του φύλλου εργασίας να αναπτύξουμε συζήτηση με τους μαθητές με δύο κεντρικά ερωτήματα: α) «ποιο αντικείμενο χωράει μέσα σε ποιο, ώστε να αποφασίσω ότι είναι μικρότερό του;» β) «υπάρχει κάτι μικρότερο από τον πυρήνα του κυττάρου και αν ναι, με ποιο όργανο νομίζουν ότι μπορούν να το παρατηρήσουν». Με το πρώτο ερώτημα στοχεύουμε οικοδομήσουμε ένα ποιοτικό σχεσιακό κριτήριο για το μέγεθος των αντικειμένων του μικρόκοσμου. Η δραστηριότητα αυτή αναπαρίσταται στην εικόνα 2 με το βέλος 3 και το δεύτερο επίπεδο κατανόησης (κύτταρο>πυρήνας κυττάρου). Με το δεύτερο ερώτημα και τη σχετική συζήτηση γίνεται η μετάβαση από τον μικρόκοσμο στον νανόκοσμο (βέλος 4, εικόνα 2).

Στο τρίτο δίωρο οι μαθητές παρακολουθούν μια παρουσίαση power point, κατά την οποία τους παρουσιάζεται εν συντομία το εξής πρόβλημα. Μια μαθήτρια αρρώστησε από τον ιό της γρίπης και απευθύνεται σε έναν γιατρό ώστε να της παρέχει πληροφορίες για τον ιό. Οι μαθητές ως γιατροί, καλούνται να αναζητήσουν πληροφορίες ώστε να ικανοποιήσουν την περιέργεια της μαθήτριας. Τα βασικά ερωτήματα είναι: με ποιο όργανο μπορώ να παρατηρήσω τον ιό; Τι υπάρχει στο εσωτερικό του ιού;

Για την απάντηση των παραπάνω ερωτημάτων οι μαθητές καθοδηγούνται με φύλλο εργασίας καθώς και με οδηγίες από μια παρουσίαση power point για την αναζήτηση και καταγραφή των πληροφοριών. Οι μαθητές συλλέγουν πληροφορίες από βίντεο και λογισμικό (scratch) το οποίο αναπτύχθηκε από τους ερευνητές. Το λογισμικό αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο, εν συντομία, είναι μια παρουσίαση με πληροφορίες για τον ιό, αποτελούμενη από εικόνες, κείμενο και ήχο. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι ο ιός είναι πιο μικρός από το ερυθρό αιμοσφαίριο, δεν μπορείς να τον δεις με οπτικό μικροσκόπιο αλλά χρειάζεσαι νέο όργανο για να τον δεις και συγκεκριμένα το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Το δεύτερο μέρος, παρουσιάζεται ως προσομοίωση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Παρέχει την δυνατότητα παρατήρησης μοντέλων ερυθρών αιμοσφαιρίων, ιών και DNA μέσα από σταδιακές μεγεθύνσεις που πραγματοποιούνται με την χρήση του πληκτρολογίου του υπολογιστή.

Εικόνα 2: Αναπαράσταση των δραστηριοτήτων της ΔΜΑ για την ανάπτυξη των 2 πρώτων επιπέδων κατανόησης.



Στη συνέχεια εισάγεται στους μαθητές μέσω παρουσίασης power point η κατηγορία τους νανόκοσμοι ως εξής: «Όταν ένα αντικείμενο είναι τόσο μικρό που φαίνεται μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, τότε το αντικείμενο αυτό έχει μέγεθος νάνο ή αλλιώς ανήκει στον νανόκοσμο». Επιπλέον οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν μοντέλα ιού και DNA και να τα τοποθετήσουν στην τρίτη περιοχή της αφίσας, στον νανόκοσμο. Οι δραστηριότητες αυτές αναπαριστώνται στην εικόνα 2 και το πρώτο επίπεδο (νανόκοσμος).

Έπειτα, παρέχονται στους μαθητές εκτυπωμένες εικόνες ιού, DNA και ερυθρού αιμοσφαιρίου. Καλούνται να κολλήσουν τις εικόνες στο φύλλο εργασίας με τρόπο που να ιεραρχούν τα αντικείμενα των εικόνων από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο. Το κριτήριο της ιεράρχησης είναι το ίδιο με το κριτήριο στο οποίο ασκήθηκαν προηγούμενο δίωρο: «ποιο αντικείμενο χωράει μέσα σε ποιο;». Η δραστηριότητα αυτή αναπαρίσταται στην εικόνα 2 με το βέλος 5 και το δεύτερο επίπεδο κατανόησης (ιός>DNA).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο άρθρο αυτό αναζητούνται απαντήσεις σε δύο ερευνητικά ερωτήματα (ΕΕ):

- A) Βελτιώνεται η ικανότητα των μαθητών να ταξινομούν αντικείμενα τριών διαφορετικών κατηγοριών με κριτήριο το όργανο παρατήρησής τους;
- B) Βελτιώνεται η ικανότητα των μαθητών να σειροθετούν αντικείμενα;

Δείγμα της έρευνας αποτελούν 22 μαθητές ΣΤ τάξης δημοτικού σχολείου, στην περιοχή της Φλώρινας, στους οποίους εφαρμόστηκε ΔΜΑ για τη Ν-ΕΤ.

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με ερωτηματολόγια αρχικής και τελικής μέτρησης. Τα έργα ταξινόμησης και σειροθέτησης του ερευνητικού εργαλείου βασίζονται στα αντίστοιχα έργα των Magana et al. (2012), τα οποία τροποποιήθηκαν από τους ερευνητές. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται συνοπτικά τα έργα ταξινόμησης και σειροθέτησης.

Πίνακας 3: Έργα για την ταξινόμηση και την σειροθέτηση

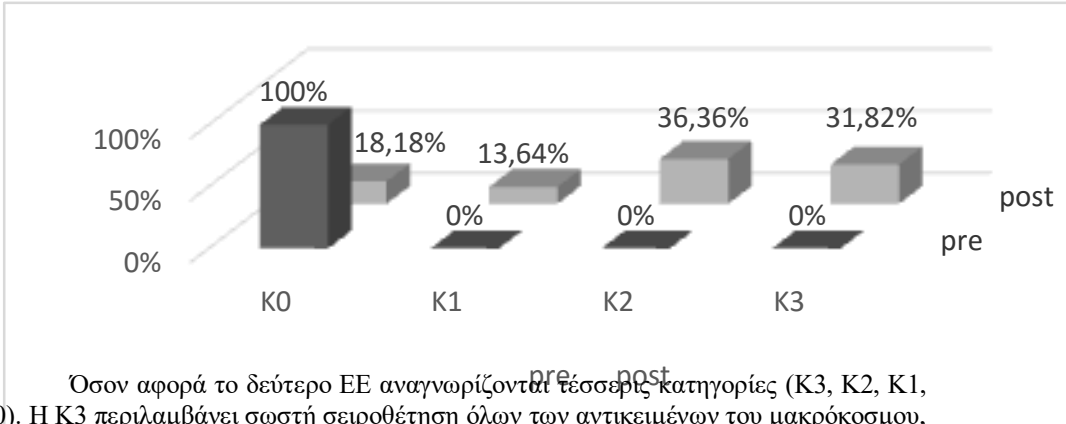
Επίπεδο	Έργο
Ταξινόμηση	Ταξινόμησε τα παρακάτω αντικείμενα στα κουτιά με βάση το μέγεθός τους (κόκκος αλατιού, μπάλα ποδοσφαίρου, κύτταρο κρεμμυδιού, ερυθρό αιμοσφαίριο, άνθρωπος, DNA, ιός, πυρήνας κυττάρου). Με ποιο όργανο νομίζεις ότι μπορείς να δεις τα αντικείμενα του κουτιού 1, 2, 3;
Σειροθέτηση	Τοποθέτησε τα παρακάτω αντικείμενα από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο (κύτταρο κρεμμυδιού, DNA, κόκκος αλατιού, μπάλα ποδοσφαίρου, ιός, πυρήνας κυττάρου).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά το πρώτο ΕΕ αναγνωρίζονται τέσσερις κατηγορίες (Κ3, Κ2, Κ1, Κ0). Προϋπόθεση για να ενταχθεί μια απάντηση στις κατηγορίες Κ3, Κ2 και Κ1 είναι οι μαθητές να καταγράφουν το σωστό όργανο παρατήρησης για κάθε κουτί (κουτί 1: γυμνό μάτι, κουτί 2: μικροσκόπιο, κουτί 3: ηλεκτρονικό μικροσκόπιο). Επιπλέον, στην Κ3 εντάσσονται απαντήσεις στις οποίες η ταξινόμηση των αντικειμένων είναι σωστή (κουτί 1: άνθρωπος, μπάλα, κόκκος αλατιού, κουτί 2: ερυθρό αιμοσφαίριο, κύτταρο κρεμμυδιού, πυρήνας κυττάρου, κουτί 3: ιός, DNA). Στην Κ2 εντάσσονται απαντήσεις στις οποίες οι μαθητές κάνουν λάθος ταξινόμηση για ένα αντικείμενο ή ένα αντικείμενο δεν το τοποθετούν σε κανένα κουτί. Στην Κ1 εντάσσονται απαντήσεις στις οποίες οι μαθητές ταξινομούν αντικείμενα σε λάθος κουτιά ή δύο τουλάχιστον αντικείμενα δεν τα τοποθετούν σε κανένα κουτί. Στην κατηγορία Κ0 εντάσσουμε απαντήσεις στις οποίες οι μαθητές κάνουν έστω και ένα λάθος για το όργανο παρατήρησης ενός κουτιού.

Στο γράφημα 1 παρατηρούμε ότι πριν την παρέμβαση το 100% των απαντήσεων ανήκουν στην κατηγορία Κ0, ενώ μετά την παρέμβαση το ποσοστό αυτό μειώνεται σημαντικά. Ειδικότερα, διαπιστώνουμε ότι το 81,82% των απαντήσεων πληροί το ένα από τα δύο ποιοτικά κριτήρια προσδιορισμού των τριών κλιμάκων δηλαδή το (ii) (βλ. σελ. 2), ενώ, μόνο το 31,82% πληροί και τα δύο κριτήρια.

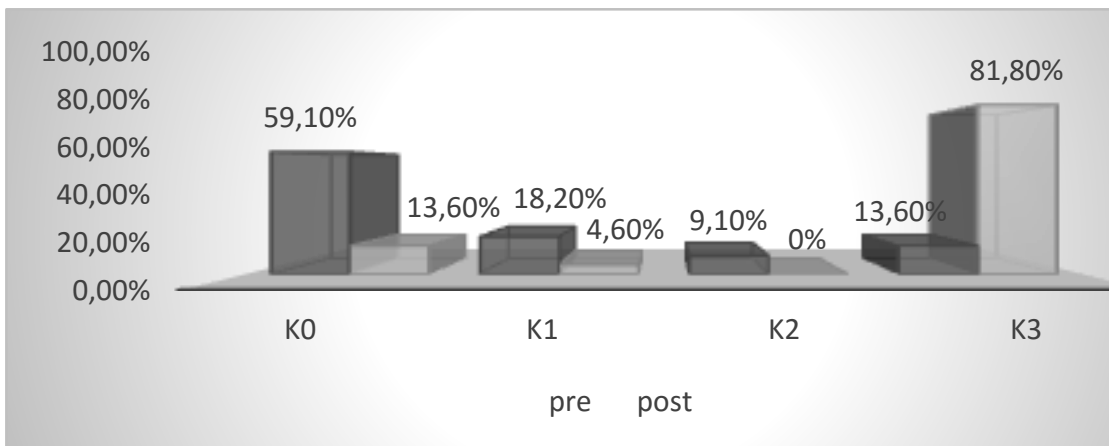
Γράφημα 1: Ταξινόμηση αντικειμένων (Αρχική – Τελική μέτρηση)



Όσον αφορά το δεύτερο ΕΕ αναγνωρίζονται τέσσερις κατηγορίες (K3, K2, K1, K0). Η K3 περιλαμβάνει σωστή σειροθέτηση όλων των αντικειμένων του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου. Η K2 περιλαμβάνει σωστή σειροθέτηση των αντικειμένων του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου. Η K1 περιλαμβάνει σωστή σειροθέτηση των αντικειμένων του μακρόκοσμου και 1 τουλάχιστον λάθος στο μικρόκοσμο ή στο νανόκοσμο. Η K0 περιλαμβάνει λάθος στην σειροθέτηση αντικειμένων του μακρόκοσμου.

Από το γράφημα 2, φαίνεται, ότι πριν την παρέμβαση η πλειοψηφία των απαντήσεων ανήκει στην κατηγορία K0, ενώ μετά την παρέμβαση το ποσοστό αυτό μειώνεται σημαντικά. Αξιοσημείωτη είναι η βελτίωση των μαθητών προς την κατηγορία K3 μετά τη διδασκαλία. Το αποτέλεσμα αυτό, θεωρούμε ότι είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικό για την πρότασή μας, εφόσον η εκμάθηση του περιεχόμενου της N-ET προϋποθέτει μεταξύ των άλλων, την ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών, να σειροθετούν σωστά αντικείμενα στις τρεις κλίμακες.

Γράφημα 2: Σειροθέτηση αντικειμένων (Αρχική – Τελική μέτρηση)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έρευνα αυτή αποτελεί μια πρόταση στην οποία, η διδασκαλία του διεπιστημονικού περιεχομένου της N-ET πλέκεται με τη διδασκαλία της διεπιστημονικής έννοιας του μεγέθους. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν, ότι η ΔΜΑ συνέβαλε θετικά στην ανάπτυξη της ποιοτικής κατηγοριοποιητικής καθώς της σχεσιακής αντίληψης του μεγέθους.

Το πέρασμα από την ποιοτική αναλογική σκέψη στην ποσοτική αναλογική και μαθηματική σκέψη, με τις οποίες θα γίνει η προσέγγιση της έννοιας της κλίμακας θα μπορούσε να είναι το επόμενο βήμα της έρευνας. Στην περίπτωση αυτή, φαίνεται αναγκαία η ενίσχυση του διεπιστημονικού χαρακτήρα της έρευνας, με την πλοκή των περιεχομένων της N-ET, της κλίμακας και των μαθηματικών. Ως εκ τούτου, η αναθεώρηση της συγκεκριμένης ΔΜΑ, θα μπορούσε να προσανατολιστεί προς τις βασικές παραδοχές του εκπαιδευτικού ρεύματος STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics).

Η έρευνα χρηματοδοτείται από το Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και την Τεχνολογία. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bryan, L. A., Magana, A. J., & Sederberg, D. (2015). Published research on pre-college students' and teachers' nanoscale science, engineering, and technology learning. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 7-32.
- Delgado, C., Stevens, S., & Shin, N. (2008). Development of a learning progression for students' conceptions of size and scale. In International Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Baltimore, MD.
- Delgado, C., Stevens, S., Shin, N., Yunker, M., & Krajcik, J. (2007). The development of students' conceptions of size. Paper presented at the Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, LA.
- Ghattas, N., & Carver, J. (2012) Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 271-284,
- Jones, G. Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*. Vol. 35 (9), 1490-1512
- Kahkonen, A-L., Laherto, A., Lindell, A. (2011) Intrinsic and Extrinsic Barriers to Teaching Nanoscale Science: Finnish Teachers' Perspectives. *Journal of Nano Education* Vol. 3, 1-12, 2011
- Magana, A., Brophy, S., Bryan, L. (2012) An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition (FS2C). *International Journal of Science Education*, 34:14, 2181-2203
- Murty, B., Shankar, P., Raj, B., Rath, B.B, Murday, J. (2013). Textbook of Nanoscience and Nanotechnology. Universities Press (India) Private Limited.

- Sabelli, N., Schank, P., Rosenquist, A., Stanford, T., Cormia, R., & Hurst, K. (2005). Report of the workshop science and technology education at the nanoscale. SRI International. Retrieved August 8, 2013, from nanosense.org/documents/reports/NanoWorkshopReportDraft.pdf
- Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. (2009). Big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers. Arlington, VA: NSTA Press.
- Tretter, T., Jones, M., Andre, T., Negishi, A., & Minogue, J. (2006). Conceptual boundaries and distances: Students' and experts' concepts of the scale of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 282–319.

Σχεδιασμός φορητού παιχνιδιού για ανάπτυξη εννοιών χώρου και χάρτη σε νήπια

Γεώργιος Φεσάκης¹, Αναστασία- Φεβρωνία Μπεκρή², Αναστασία Κωνσταντοπούλου³

¹Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ΤΕΠΑΕΣ, gfesakis@aegean.gr

²Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ΤΕΠΑΕΣ/ΠΜΣ ΜΣΑΕΜ, psemms14020@aegean.gr

³Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ΤΕΠΑΕΣ/ΠΜΣ ΜΣΑΕΜ, psemms12017@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χωρική αντίληψη και οι δεξιότητες χάρτη θεωρούνται σημαντικές στην καθημερινή ζωή καθώς και στην μελέτη διαφόρων γνωστικών περιοχών. Ο χάρτης ως μέσο προσανατολισμού και αποθήκευσης χωρικών πληροφοριών, συνιστά εργαλείο σκέψης και επίλυσης προβλημάτων. Οι έρευνες καταλήγουν στο ότι δεν ισχύει αυστηρή ηλικιακή διαστρωμάτωση των χωρικών ικανοτήτων και ότι ακόμη και παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν να αναπτύξουν έννοιες χώρου και χάρτη με τη χρήση κατάλληλων περιβαλλόντων μάθησης. Το άρθρο παρουσιάζει την πειραματική αξιολόγηση ενός φορητού παιχνιδιού κρυμμένου θησαυρού, σχεδιασμένου για την ανάπτυξη της χωρικής ικανότητας των μικρών παιδιών. Με σεναριακό πρόσχημα την εξεύρεση της τυχερής δεκάρας του Σκρούτζ στην αυλή του σχολείου, τα παιδιά ακολουθώντας ηχογραφημένες οδηγίες, αντιμετωπίζουν επτά δοκιμασίες χωρο-αντιληπτικής ικανότητας. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το παιχνίδι είναι ελκυστικό, υποστηρίζει την ανάπτυξη δεξιοτήτων ανάγνωσης χάρτη και θεμελιωδών χωρικών εννοιών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: φορητό παιχνίδι κρυμμένου θησαυρού, χωρικές ικανότητες, προσχολική ηλικία, επαυξημένη πραγματικότητα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

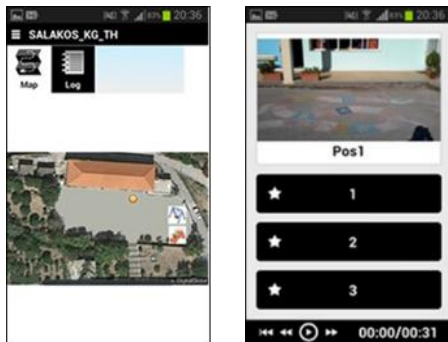
Η αντίληψη του χώρου και οι δεξιότητες χάρτη θεωρούνται σημαντικές τόσο για επίλυση προβλημάτων της καθημερινότητας, όσο και για την πρόοδο σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα (Liben, 2008). Ο χάρτης δεν αποθηκεύει μόνο χωρικές πληροφορίες, αλλά συνιστά μέσο προσανατολισμού και εργαλείο σκέψης και επίλυσης προβλήματος. Οι άνθρωποι ακόμα και οι ενήλικες αντιμετωπίζουν δυσκολίες στη χρήση/ανάγνωση και στη δημιουργία χάρτη (Piaget & Inhelder, 1956; Germanos, Oikonomou, & Tzekaki, 1997). Αντίθετα με παλαιότερες απόψεις (Piaget & Inhelder, 1956), αρκετοί ερευνητές, υποστηρίζουν ότι ακόμα και παιδιά προσχολικής ηλικίας έχουν τη δυνατότητα να

εξελίσξουν έννοιες χώρου-χάρτη με την προϋπόθεση κατάλληλης διδακτικής προσέγγισης και ευνοϊκών μαθησιακών περιβαλλόντων (Blaut & Stea, 1969; Plester et al., 2002; Ιωαννίδου, 2007). Ιδιαίτερα, η χωρική ικανότητα είναι δυνατόν να εξελιχθεί με τη χρήση των ΤΠΕ και ειδικότερα σε περιβάλλοντα προγραμματισμού LOGO ακόμη και από παιδιά προσχολικής ηλικίας (Clements & Battista, 1992; Sarama & Clements, 2009). Η πρόωμη ανάπτυξη της χωρικής ικανότητας έχει πολλαπλά οφέλη στην πρόοδο των παιδιών για το λόγο ότι υποστηρίζει την δόμηση εννοιών σε άλλα επιστημονικά πεδία. Τα σύγχρονα τεχνολογικά και κοινωνικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιούν GPS και ψηφιακούς φωτογραφικούς χάρτες καθιστούν τους χάρτες αναπόσπαστο στοιχείο της καθημερινής πραγματικότητας των παιδιών. Παρά το γεγονός αυτό, στα επίσημα αναλυτικά προγράμματα των περισσότερων χωρών, οι μαθησιακές δραστηριότητες χάρτη εμπλουτισμένες με ΤΠΕ, είναι περιορισμένες. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, προβάλλουν ρεαλιστικές οι προτάσεις των επίσημων οργανισμών (NCGE, 1994) για εισαγωγή της διδασκαλίας χάρτη στην ηλικία των 3-4 χρόνων αντί των 7-8 που ισχύει στις μέρες μας. Υπάρχουν πολλές εφαρμογές ειδικού λογισμικού για την ανάπτυξη της χωρικής ικανότητας των μικρών παιδιών (Fessakis, Gouli, & Mavroudi, 2013) αλλά και λογισμικά γενικού σκοπού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προς αυτή την κατεύθυνση (e.g. google earth/maps) (Konstantopoulou & Fessakis, 2015). Σύμφωνα με τα όσα γνωρίζουν οι συγγραφείς, δεν υπάρχουν χωρο-ευαίσθητα (location based) φορητά παιχνίδια (Klopfer, 2008) για την ανάπτυξη της χωρικής αντίληψης των νηπίων αξιοποιώντας σύγχρονες μαθησιακές προσεγγίσεις στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον. Στο παρόν άρθρο, παρουσιάζουμε τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και μια πρώτη πειραματική αξιολόγηση ενός φορητού παιχνιδιού κρυμμένου θησαυρού χρησιμοποιώντας το περιβάλλον του λογισμικού Taleblazer (<http://taleblazer.org/>) (Medlock-Walton, 2012) για παιδιά νηπιαγωγείου.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Το παιχνίδι “*Η τυχερή δεκάρα του Σκρούτζ*” είναι παιχνίδι κρυμμένου θησαυρού. Τα παιδιά εισάγονται στο παιχνίδι με την βοήθεια μιας φανταστικής ιστορίας της οποίας η αφήγηση γίνεται ψηφιακά. Πιο συγκεκριμένα η Magica de Spell ζητά από τον Σκρούτζ να αγοράσει μερικές δεκάρες, προς ένα δολάριο την καθεμία, με σκοπό να κατασκευάσει ένα μαγικό φυλαχτό που θα την έκανε πλούσια. Ο Σκρούτζ εκ παραδρομής δίνει την τυχερή του δεκάρα. Όταν τη ζητά πίσω, προτείνοντας να την αντικαταστήσει με άλλες πολλές, η Magica συμφωνεί, μόνο στην περίπτωση που αυτός θα καταφέρει να την ανακαλύψει στην αυλή του σχολείου που η ίδια έκρυψε. Ο Σκρούτζ ζητά τη βοήθεια των παιδιών και το παιχνίδι ξεκινά. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού τα παιδιά σε μικρές ομάδες των 2-3 νηπίων, πρέπει να επιλύσουν επτά δοκιμασίες προκειμένου να εντοπίσουν την κρυμμένη δεκάρα του Σκρούτζ. Κάθε δοκιμασία σχετίζεται με συγκεκριμένο σημείο της αυλής και απαιτεί ικανότητα χωρικής αντίληψης για να επιλυθεί. Για την εκτέλεση του παιχνιδιού κάθε ομάδα χρησιμοποιεί μια ταμπλέτα. Στην οθόνη της ταμπλέτας, παρουσιάζεται ο φωτογραφικός χάρτης της αυλής του σχολείου, το σημείο της επόμενης δοκιμασίας και το ίχνος της θέσης του παίχτη όπως καταγράφεται από το GPS (εικόνα 1).

Εικόνα1: Ο χάρτης του παιχνιδιού με το σημείο της πρώτης δοκιμασίας, ως κουκκίδα (αριστερά) και η πρώτη δοκιμασία (δεξιά).



Κάθε φορά που ο παίχτης με την ταμπλέτα φτάνει στο σημείο της δοκιμασίας εμφανίζεται η σχετική εικόνα, η περιγραφή της δοκιμασίας και οι πιθανές απαντήσεις ως αριθμημένες επιλογές στην οθόνη (εικ.1). Η περιγραφή των δοκιμασιών και ο ανατροφοδοτικός σχολιασμός γίνεται ηχογραφημένα καθώς τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας είναι προ-αναγνώστες. Σε κάποιες από τις δοκιμασίες, τα παιδιά εφοδιάζονται με αριθμημένες κάρτες ή άλλα αντικείμενα τα οποία είναι απαραίτητα σε επόμενες δοκιμασίες ή απαιτούνται για να ξεκλειδώσουν στο τέλος το κουτί με την τυχερή δεκάρα. Για την πλοήγησή τους από το ένα σημείο δοκιμασίας στο επόμενο, τα παιδιά προσπαθούν να ταιριάζουν -έστω μέσω δοκιμής και πλάνης- το ίχνος του GPS που δηλώνει τη θέση τους, με το σύμβολο της επόμενης στάσης. Μια σύντομη περιγραφή της κάθε στάσης του παιχνιδιού και της αντίστοιχης δοκιμασίας δίδονται στον πίνακα 1. Οι μαθησιακοί στόχοι του παιχνιδιού είναι:

- **Ανάγνωση-ερμηνεία χάρτη:** Τα νήπια μαθαίνουν να α) θέτουν σε συμφωνία το χάρτη με το χώρο, β) αποκωδικοποιούν τα σύμβολα του χάρτη, γ) εντοπίζουν στο χάρτη τη θέση τους και τη θέση των άλλων χωροσήμων (προσανατολισμός), δ) πλοηγούνται μέσω χάρτη από τη μία στάση στην άλλη.
- **Ανάπτυξη χωρικών εννοιών:** Τα νήπια μαθαίνουν να α) χρησιμοποιούν απλές χωρικές έννοιες για να προσδιορίζουν τη θέση των αντικειμένων σε συσχετισμό με άλλα (π.χ. δεξιά από, αριστερά από), β) ακολουθούν οδηγίες κατεύθυνσης χώρου γ) χρησιμοποιούν γλωσσικές εκφράσεις που να ενσωματώνουν έννοιες χώρου με σκοπό να επικοινωνούν κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού.
- **Άλλοι στόχοι:** Τα νήπια μαθαίνουν να αναγνωρίζουν αριθμούς γράμματα, μοτίβα και να καταμετρούν αντικείμενα μικρών συνόλων.

Πίνακας 1: Στάσεις παιχνιδιού και οι αντιστοιχούμενες δοκιμασίες

ΧΩΡΟΣΗΜΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ
	1.ΦΙΔΑΚΙ: Πήγαινε στο φιδάκι της αυλής και σταμάτα στον αριθμό έξι. Γύρισε να κοιτάς προς την τάξη σου. Στη γλάστρα που είναι δεξιά σου, υπάρχει μια καρτέλα. Τι αριθμό έχει; (τα παιδιά παίρνουν τον αριθμό που αποτελεί το πρώτο ψηφίο του κωδικού ξεκλειδώματος του κρυμμένου κουτιού.)
	2.ΒΡΥΣΗ: Τι αριθμό έχει το παιδάκι που κρατά με το αριστερό του χέρι την καρδούλα; (τα παιδιά παίρνουν το δεύτερο ψηφίο του κωδικού ξεκλειδώματος.)
	3.ΤΣΟΥΛΗΘΡΑ Ανέβα στην τσουλήθρα και μόλις κατέβεις πήγαινε στο τετράγωνο με το βέλος. Προχώρησε 3 βήματα μπροστά και στρίψε δεξιά. Προχώρησε ακόμα 4 βήματα και στρίψε αριστερά. Κάνε 2 τελευταία βήματα και σταμάτα. Τι αριθμό έχει το τετράγωνο που πατάς;
	4.ΚΟΜΜΕΝΟ ΔΕΝΤΡΟ: Πάρε την κάρτα που κρέμεται στο δεύτερο δέντρο αριστερά από το δέντρο που είναι κομμένο. Ποιο γράμμα έχει πάνω της;
	5.ΠΑΙΧΝΙΑΙ ΚΟΥΤΣΟ: Με ποιον αριθμό του «κουτσό» ταιριάζει το χαρτονάκι που πήρατε από την προηγούμενη δοκιμασία; Δοκιμάστε το και αφού σιγουρευτείτε θυμηθείτε τον αριθμό.
	6. ΣΚΑΛΑ: Ανέβα τόσα σκαλοπάτια όσα δηλώνει ο αριθμός που βρήκες στην προηγούμενη δοκιμασία και άνοιξε το κουτί που είναι στα αριστερά σου. Ποιον αριθμό έχει μέσα; (τα παιδιά παίρνουν τον αριθμό που αποτελεί το τελευταίο ψηφίο του κωδικού ξεκλειδώματος.)
	7.ΣΥΝΤΡΙΒΑΝΙ: Ψάξε γύρω γύρω από το συντριβάνι και βρες το κουτί που έχει μέσα την κρυμμένη δεκάρα. Για να το ξεκλειδώσεις, χρησιμοποίησε τους αριθμούς που βρήκες στις προηγούμενες δοκιμασίες. Πόσες καραμέλες βρήκες; (το παιχνίδι τελειώνει και ο Σκρούτζ εμφανίζεται χαρούμενος.)

Προκειμένου τα παιδιά να ανταποκριθούν στις γνωστικές απαιτήσεις του παιχνιδιού, η νηπιαγωγός έχει ήδη υλοποιήσει μια σειρά ειδικά σχεδιασμένων προπαρασκευαστικών δραστηριοτήτων εννοιών χώρου και χάρτη, διασκευασμένες από

το (Κωνσταντοπούλου & Φεσάκης, 2015). Για τη ανάπτυξη του παιχνιδιού χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό περιβάλλον Taleblazer (Medlock-Walton, 2012). Το παιχνίδι είναι διαθέσιμο για λήψη από την εφαρμογή πελάτη του Taleblazer app με τη χρήση του κωδικού «ghnkpbk».

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Για την εμπειρική αξιολόγηση του παιχνιδιού σχεδιάστηκε ένα πείραμα σχεδιασμού (Cobb et al, 2003). Ο στόχος της αξιολόγησης είναι να εξετάσει την εφαρμοσιμότητα του παιχνιδιού από τα νήπια και τη μαθησιακή του αποτελεσματικότητα. Πιο συγκεκριμένα τέθηκαν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

- Μπορούν τα παιδιά να κατανοήσουν και να παίξουν με επιτυχία το παιχνίδι;
- Πόσο ελκυστικό και ενδιαφέρον είναι;
- Είναι το παιχνίδι αποτελεσματικό στη βάση των μαθησιακών του στόχων;

Στην πειραματική αξιολόγηση του παιχνιδιού, συμμετέχουν δύο ζεύγη νηπίων. Τα κύρια χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2.: Οι συμμετέχοντες στην έρευνα

ΟΜΑΔΑ	ΨΕΥΔΩΝΥΜΟ	ΦΥΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ (έτη/μήνες)
OA	K1	Κορίτσι	5:9
	K2	Κορίτσι	6:1
OB	A1	Αγόρι	5:3
	A2	Αγόρι	4:8

Η Νηπιαγωγός ήταν επίσης ερευνήτρια στην ομάδα που ανέπτυξε το παιχνίδι. Τα παιδιά που πήραν μέρος, επιλέχθηκαν από την Νηπιαγωγό ώστε να είναι τυπικής γνωστικής ανάπτυξης και επιδόσεων. Για τη συμμετοχή των παιδιών ζητήθηκε ενυπόγραφη άδεια από τους γονείς αφού ενημερώθηκαν λεπτομερώς για την έρευνα. Για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων, η όλη δραστηριότητα των παιδιών βιντεοσκοπήθηκε. Επιπλέον, η Νηπιαγωγός κρατούσε σημειώσεις στο πεδίο, ενώ ακολουθούσε διακριτικά κάθε ζευγάρι νηπίων κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Βιντεοσκοπήθηκε επίσης η συζήτηση της Νηπιαγωγού με τα παιδιά για την όλη τους εμπειρία μετά το τέλος του παιχνιδιού. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις 11 Μαρτίου 2016 στην αυλή του σχολείου, σε χωριό της Ρόδου. Στην αρχή της πειραματικής διαδικασίας, τα παιδιά παρακολούθησαν το εισαγωγικό βίντεο με την ιστορία για την τυχερή δεκάρα του Σκρουτζ. Στη συνέχεια ακολούθησε μια σύντομη συνομιλία, προκειμένου να διερευνηθεί εκ μέρους της εκπαιδευτικού, η κατανόηση της ιστορίας από τα παιδιά. Τα παιδιά δεν είχαν πρόβλημα στην κατανόηση της και ήταν πολύ πρόθυμα να βοηθήσουν το Σκρουτζ στην εξεύρεση της δεκάρας του. Επέλεξαν τις ομάδες τους, που ήταν ομόφυλες και στη συνέχεια, τα αγόρια παραχώρησαν ευγενικά την έναρξη του παιχνιδιού στα κορίτσια.

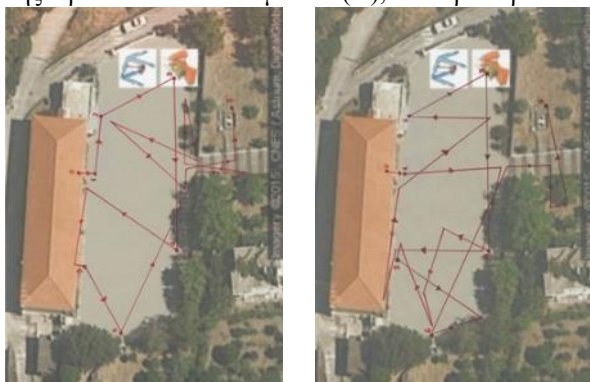
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα κύρια αποτελέσματα αυτής της μελέτης περίπτωσης για την αξιολόγηση του παιχνιδιού παρουσιάζονται σε αυτή την ενότητα, οργανωμένα ανά ερευνητικό ερώτημα.

Μπορούν τα παιδιά να κατανοήσουν και να παίξουν το παιχνίδι ολοκληρώνοντας με επιτυχία το κνήγι του θησαυρού;

Και οι δύο ομάδες παιδιών κατάφεραν να τελειώσουν το παιχνίδι και να βρουν την τυχερή δεκάρα. Η ομάδα Α (κορίτσια) χρειάστηκε 43' περίπου λεπτά για να ολοκληρώσει το παιχνίδι ενώ η ομάδα Β (αγόρια) 46' λεπτά. Οι διαδρομές των ομάδων φαίνονται στην Εικόνα 2.

Εικόνα 2: Ο χάρτης προσπαθειών των ομάδων (Α), από αριστερά και (Β), από δεξιά.



Η ομάδα Α φαίνεται να πλοηγήθηκε με ευκολία από την έναρξη, στην 1η στάση του παιχνιδιού και μέχρι την 4η. Στη συνέχεια, από την 4η έως την 5η στάση, η ομάδα βρέθηκε στιγμιαία σε σύγχυση, επειδή υπάρχουν δύο παιχνίδια κουτσό ζωγραφισμένα στο έδαφος της αυλής. Αρχικά επέλεξε να πάει στο πλησιέστερο, αλλά στη συνέχεια, ακολουθώντας το ίχνος του GPS κατευθύνθηκε στη σωστή θέση. Η πλοήγηση προς την 6η στάση, ήταν επίσης επιτυχής (ευθεία), αλλά στη συνέχεια υπήρξε πρόβλημα στο να εντοπιστεί η θέση της τελευταίας κρυψώνας, παρά το γεγονός ότι είχε ήδη πλοηγηθεί πολύ κοντά σε αυτή. Αυτή η δυσκολία ίσως να προήλθε από το γεγονός ότι η τελευταία στάση του παιχνιδιού βρισκόταν κοντά στο συντριβάνι του κήπου, όπου σε κανονικές συνθήκες απαγορεύεται στα παιδιά να κατευθύνονται προς τα εκεί. Μετά από κάποια περιπλάνηση και αφού πειραματίστηκαν με το GPS, κατάφεραν να φτάσουν στην τελευταία τους στάση. Η Νηπιαγωγός ενθάρρυνε τα παιδιά να προχωρήσουν προς τον κήπο αγνοώντας στη συγκεκριμένη στιγμή την απαγόρευση.

Η ομάδα Β κατευθύνθηκε εύκολα προς την έναρξη του παιχνιδιού αλλά στη συνέχεια ακολουθεί μακρά τεθλασμένη πορεία μέχρι να φτάσει στην 2^η στάση. Υπάρχουν δύο πιθανοί λόγοι για αυτό. Το αγόρι που κρατούσε την ταμπλέτα δήλωσε εξ' αρχής, ότι η ομάδα του θα βρει πολύ γρήγορα την δεκάρα και με δεδομένο ότι, κρυφοκοίταζαν την

ομάδα των κοριτσιών όταν έπαιζε το παιχνίδι, προσπάθησαν να πάνε κατευθείαν στην τελευταία στάση του παιχνιδιού παρακάμπτοντας τις ενδιάμεσες στάσεις. Σύντομα διαπίστωσαν πως αυτό δεν εξυπηρετούσε και επομένως έπρεπε να επισκεφτούν όλα τα ενδιάμεσα σημεία του χάρτη. Ο δεύτερος λόγος θα μπορούσε να είναι, ότι αφού συνειδητοποιήσαν πως δεν είναι εφικτό να πάνε κατευθείαν στην τελευταία στάση, επέλεξαν να παίξουν και να πειραματιστούν με τις μετατοπίσεις του ίχνους του GPS, ενώ περπατούσαν στην αυλή. Αφότου τα αγόρια έφτασαν στη 2^η στάση, πλοηγήθηκαν απρόσκοπτα μέχρι την 5^η. Οι μικρές παρεκκλίσεις από την 4^η προς την 5^η στάση οφείλονται στην μεγάλη ταχύτητα που ανέπτυξαν τα παιδιά σε σχέση με την χρονική απόκριση της ενημέρωσης του στίγματος τους στην οθόνη της ταμπλέτας. Εκεί, το αγόρι που κρατούσε την ταμπλέτα προσπάθησε να εντοπίσει την 6^η στάση του χάρτη και αντιλήφθηκε ότι έπρεπε να θέσει και πάλι σε συμφωνία το χάρτη με το χώρο. Αφού προσανατόλισε το χάρτη αναφώνησε χαρούμενα: *«Πάμε! Τώρα το κατάλαβα! Πάμε φίλε μου στο σωστό μέρος»*. Στη συνέχεια το αγόρι ξεκίνησε να περπατάει πολύ γρήγορα με αποτέλεσμα το ίχνος του GPS να μην συγχρονίζεται άμεσα με την κίνησή του προς τη 6^η στάση αλλά ετεροχρονισμένα. Η Νηπιαγωγός του επεσήμανε πως θα έπρεπε να περπατά πιο αργά προκειμένου να προλαβαίνει το GPS να ενημερώνεται εγκαίρως από τις μετακινήσεις του. Τα παιδιά βρήκαν την 6^η και στη συνέχεια την 7^η στάση με μία μικρή παράκαμψη.

Τα ίχνη των δύο ομάδων δείχνουν ότι τα παιδιά είναι σε θέση να πλοηγηθούν με επιτυχία χρησιμοποιώντας ημι-φωτογραφικό χάρτη και GPS τουλάχιστον σε γνωστές τοποθεσίες. Τα παιδιά πλοηγούνται είτε αναγνωρίζοντας τα ορόσημα από τις συμβολικές τους αναπαραστάσεις πάνω στον χάρτη και στη συνέχεια πηγαίνουν απευθείας προς αυτά χωρίς να παρατηρούν το ίχνος του GPS μέχρι να φτάσουν πολύ κοντά σε αυτά, είτε μέσω δοκιμής και πλάνης, προσπαθούν μετακινούμενα να ταιριάζουν το ίχνος του GPS με την τοποθεσία-στόχο. Η χρήση του GPS ήταν αυξανόμενη σταδιακά καθώς εξελισσόταν το παιχνίδι και συγκεκριμένα όταν τα παιδιά δυσκολεύονταν με τα χωρόσημα. Επίσης, το περιστατικό του προσανατολισμού του χάρτη με το χώρο, από την ομάδα των αγοριών κρίνεται σημαντικό, δεδομένου ότι παρέχει αποδείξεις ότι αυτό το είδος των μαθησιακών δραστηριοτήτων θα μπορούσε να βοηθήσει στην ανάπτυξη σύνθετων εννοιών και δεξιοτήτων χάρτη από τα παιδιά. Η δυσκολία στον ακριβή προσδιορισμό των χωροσήμων, (π.χ. αντικείμενα που υπάρχουν πολλές φορές στο χώρο όπως το παιχνίδι-κουτσό ή οι γλάστρες), κάνει το παιχνίδι πιο ενδιαφέρον και προκλητικό. Επιπλέον, απαιτεί χωρικούς συλλογισμούς, προσεκτική ανάγνωση του χάρτη και καθιστά απαραίτητη τη χρήση του GPS. Τα ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν την άποψη ότι το συγκεκριμένο παιχνίδι, σε συνδυασμό με προπαρασκευαστικές δραστηριότητες εννοιών χώρου, βοηθά τα παιδιά να ενισχύσουν και να αναπτύξουν ικανότητες ανάγνωσης χάρτη μέσω μιας ελκυστικής εμπειρίας υψηλής μαθησιακής αξίας.

Πόσο ελκυστικό και ενδιαφέρον είναι το παιχνίδι;

Όλα τα παιδιά γοητεύτηκαν από το παιχνίδι και απόλαυσαν την εμπλοκή τους με αυτό. Η ενθουσιώδης συμμετοχή τους κράτησε μέχρι το τέλος, παρόλο τη μακρά του διάρκεια, το

κουραστικό περπάτημα και τις νοητικές του απαιτήσεις. Τα παιδιά στην τελική συζήτηση σχολίασαν πως απόλαυσαν το παιχνίδι και εξέφρασαν την επιθυμία να παίξουν και πάλι το ίδιο ή παρόμοια παιχνίδια.

Είναι το παιχνίδι αποτελεσματικό;

Η απομαγνητοφώνηση του video του παιχνιδιού, έδειξε ότι τα παιδιά εφάρμοσαν και ενίσχυσαν έννοιες χώρου-χάρτη, έχοντας ήδη εισαχθεί σε αυτές με ανάλογες δραστηριότητες, οι οποίες συνδυάστηκαν με το παιχνίδι. Τα παιδιά κατάφεραν να πλοηγηθούν και να επιλύσουν όλες τις δοκιμασίες χωρίς ή με ελάχιστη υποστήριξη και διαμεσολάβηση της δασκάλως τους. Εκτιμάται ότι με την κατάλληλη προετοιμασία, τα παιδιά είναι σε θέση να διαβάσουν ψηφιακούς χάρτες και να χρησιμοποιήσουν σύστημα GPS για την πλοήγησή τους σε οικείες τοποθεσίες, προκειμένου να υλοποιηθούν κατάλληλα σχεδιασμένα παιχνίδια κρυμμένου θησαυρού με χρήση φορητών συσκευών, υπό την επίβλεψη εκπαιδευτικού. Επιπλέον, κατά την προσπάθεια επίλυσης των δοκιμασιών τα παιδιά απαιτείται να συνεργαστούν, λόγω των συμπληρωματικών ρόλων που κατέχουν, να χρησιμοποιήσουν χωρικές έννοιες και να τις επικοινωνούν προκειμένου το παιχνίδι να προχωρά. Στις περιπτώσεις που τα παιδιά διαφώνησαν έπρεπε να συζητήσουν τις απόψεις τους και να διαπραγματευτούν τις αποφάσεις τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις, χρησιμοποίησαν την ανατροφοδότηση από το λογισμικό του παιχνιδιού, προκειμένου να ελέγξουν τις υποθέσεις τους ή ζήτησαν τη βοήθεια της εκπαιδευτικού. Τα παιδιά είχαν κάποιες δυσκολίες στη 2^η δοκιμασία. Σε αυτή χρειαζόταν να προσδιοριστεί το αριστερά-δεξιά, διαφορετικού συστήματος αναφοράς και αντίθετου προσανατολισμού από το δικό τους. Η αμεσότητα στη χρήση του χώρου και η ανατροφοδότηση από το παιχνίδι μαζί με τη διαμεσολάβηση της Νηπιαγωγού υποστήριξαν την επίλυση της συγκεκριμένης δοκιμασίας, ενώ συγχρόνως μετείχαν μιας εμπειρίας που περιλάμβανε νοηματική χρήση των εννοιών (Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Το ζευγάρι των κοριτσιών εξερευνά τη λύση στη 2^η δοκιμασία



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Οι δεξιότητες χώρου και χάρτη θεωρούνται σημαντικοί εκπαιδευτικοί στόχοι (Walker, 1980; GSC-ΗΠΑ, 2006). Η πρόωμη ανάπτυξη αυτών των δεξιοτήτων είναι όχι μόνο εφικτή, αλλά και επωφελής για την περαιτέρω πρόοδο των παιδιών σε διάφορα άλλα γνωστικά πεδία. Παρά τις δυσκολίες των ανθρώπων στη χρήση χαρτών (Piaget & Inhelder, 1956), πρόσφατα οι ερευνητές ισχυρίζονται, ότι ακόμη και παιδιά προσχολικής

ηλικίας μπορούν να αναπτύξουν έννοιες χώρου και χάρτη με τη χρήση κατάλληλων μαθησιακών περιβαλλόντων και με την υποστήριξη των εκπαιδευτικών τους (Plester et al., 2002). Σε αυτό το άρθρο, παρουσιάζεται ένα πείραμα σχεδιασμού ενός φορητού παιχνιδιού κρυμμένου θησαυρού που αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει την ανάπτυξη δεξιοτήτων χώρου και χάρτη για παιδιά νηπιαγωγείου. Τα αποτελέσματα της πρώτης αξιολόγησης δηλώνουν ότι το παιχνίδι είναι ελκυστικό για τα παιδιά. Υποστηρίζει την ανάπτυξη ικανότητας ανάγνωσης χάρτη για προσανατολισμό και πλοήγηση σε οικείο χώρο. Βελτιώνει την κατανόηση ως προς τις βασικές έννοιες χώρου (π.χ. δεξιά και αριστερά), μέσω εφαρμογής αυτών των εννοιών σε ενσώματες εμπειρίες, αξιοποιώντας διδακτικά το φυσικό χώρο και δημιουργώντας αυθεντικά πλαίσια μάθησης. Επιπλέον με τον μεσολαβητικό ρόλο της Νηπιαγωγού, τα νήπια ενίσχυσαν τις γνώσεις τους για έννοιες και δεξιότητες-χάρτη σε ένα διασκεδαστικό μαθησιακά περιβάλλον όπου η μάθηση δεν αποκόπτεται από τη δράση αλλά πραγματώνεται με τις αλληλεπιδράσεις και τη βιωματική εμπειρία. Υλοποιώντας το παιχνίδι, τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να επικοινωνήσουν με νόημα, χρησιμοποιώντας γλωσσικές εκφράσεις που ενσωματώνουν έννοιες χώρου και χάρτη, να συνεργαστούν για την επίλυση προβλημάτων και να βελτιώσουν τις ικανότητές τους υπερβαίνοντας τις συνήθειες δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χώρου (Fessakis et al., 2013). Λαμβάνοντας υπόψη τα ερευνητικά δεδομένα, οι ερευνητές έχουν την πεποίθηση ότι το παιχνίδι σε συνδυασμό με προπαρασκευαστικές μαθησιακές δραστηριότητες είναι αποτελεσματικό στην ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων των παιδιών του νηπιαγωγείου, πλην όμως ο μικρός αριθμός των συμμετεχόντων δεν επιτρέπει την ασφαλή γενίκευση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης περίπτωσης. Στο μέλλον, το παιχνίδι θα αναθεωρηθεί (π.χ. με αλλαγή χωροσήμων που συγγέουν) και θα διερευνηθεί διαχρονικά σε μεγαλύτερο αριθμό παιδιών του νηπιαγωγείου και μεγαλύτερων. Τέλος, παρόμοια παιχνίδια θα αναπτυχθούν και για άλλους χώρους (π.χ. περιβαλλοντικά πάρκα), έτσι ώστε μαθητές διαφορετικών σχολείων να μπορούν να συμμετάσχουν.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blaut, J., & Stea, D. (1969). *Place learning*. Place perception Research, (4), Clark University.
- Clements, D., & Battista, T. (1992). Geometry and spatial reasoning, In: E. Grouws (ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, 420-464. New York:Macmillan.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research, *Educational Researcher*, 32, 9-13.
- Fessakis, G., Gouli, E., & Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5–6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers & Education*, 63, 87–97.
- Geographical Sciences Committee, U. S. A. (2006). *Learning to think spatially*. Washington DC: National Academies Press.

- Germanos, D., Oikonomou, A., & Tzekaki, M. (1997). A Spatio-Pedagogical Approach to the Learning Process in Early Childhood: An Application on Space- Mathematical Concepts, *European Early Childhood Education Research Journal*, 5(1), 77- 88.
- Ιωαννίδου, Ε. (2007). *Η Επίδραση Συνεργατικών Δραστηριοτήτων με Χρήση Ασύρματου Τεχνολογικού Περιβάλλοντος στη Μάθηση Εννοιών Χώρου: Η Περίπτωση Δραστηριοτήτων Χρήσης Χαρτών από Παιδιά Προσχολικής Ηλικίας*. (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ΤΕΠΑΕΣ.
- Klopfer, E. (2008). *Augmented learning: research and design of mobile educational games*. Cambridge Mass: MIT Press.
- Konstantopoulou, A., & Fessakis, G. (2015). Design of learning activities for map concepts using ICT for children of preschool and primary school age, In: *The proceeding of the 4th Hellenic Scientific Conference ICT integration and use in educational practice*, Available at: <http://etpe.gr/custom/pdf/etpe2325.pdf>.
- Κωνσταντοπούλου, Α., & Φεσάκης, Γ. (2015). Σχεδιασμός μαθησιακών δραστηριοτήτων για έννοιες χάρτη με ΤΠΕ για παιδιά προσχολικής και πρώτη σχολικής ηλικίας, 4ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνεδρίο με θέμα *Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία*, ΕΤΠΕ, 30/101/11/2015, Θεσσαλονίκη.
- Liben, L.S. (2008). Understanding Maps: Is the Purple Country on the Map Really Purple? *Knowledge Quest*, 36(4), 20-30.
- Marfisi-Schottman, I., & George, S. (2014). Supporting Teachers to Design and Use Mobile Collaborative Learning Games, In: *International Conference on Mobile Learning*, 3-10.
- Medlock-Walton, Michael Paul. (2012). *TaleBlazer: a platform for creating multiplayer location based games*. Diss. Massachusetts Institute of Technology.
- National Council for Geographic Education (NCGE) (1994). *Geography for life: National Geography Standards*, NCGE, Texas Education Agency.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Plester, B., Richards, J., Blades, M., & Spencer, C. (2002). Young children's ability to use aerial photographs as maps, *Journal of Environmental Psychology*, 22, 29-47.
- Sarama, J., & Clements, D. (2009). *Early Childhood Mathematics*, Education Research. New York: Routledge.
- Walker, J. (1980). Map using abilities of 5 to 9 year old children, *Geographical Education*, 3, 545-554.

Διδακτική παρέμβαση με τη χρήση χαρτών στο νηπιαγωγείο στο πλαίσιο της Παιδαγωγικής των Πολυγραμματισμών

Σοφία Γκόρια¹, Βασιλεία Χρηστίδου² και Μαρία Παπαδοπούλου³

¹ Πρωτοβάθμια Δ/ση Εκπαίδευσης Μαγνησίας, sophiagoria@gmail.com

² Π.Τ.Π.Ε., Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, vchristi@uth.gr

³ Π.Τ.Π.Ε., Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, mariapap@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι χάρτες συμπεριλαμβάνονται στα σύγχρονα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών για το νηπιαγωγείο σε ποικίλα γνωστικά αντικείμενα, καθώς τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν τεκμηριωμένα τη χρήση τους από μικρές ηλικίες. Η παρούσα εργασία διερευνά τις δυνατότητες αξιοποίησης των χαρτών από παιδιά προσχολικής ηλικίας μέσω της εφαρμογής μιας διδακτικής παρέμβασης βασισμένης στις αρχές της Παιδαγωγικής των Πολυγραμματισμών. Το δείγμα αποτέλεσαν 14 νήπια και προνήπια και των δύο φύλων τα οποία φοιτούσαν στο 1^ο νηπιαγωγείο Κάρλας-Στεφανοβικείου του Ν. Μαγνησίας. Η συγκριτική αντιπαράθεση των αποτελεσμάτων της αρχικής και τελικής αξιολόγησης του χαρτογραφικού γραμματισμού του δείγματος φανερώνει ότι η διαρκής και συστηματική έκθεση των νηπίων σε χαρτογραφικό υλικό, η αναλυτική και επεξηγηματική διδασκαλία της δομής και της γλώσσας των χαρτών σε διερευνητικά και συνεργατικά περιβάλλοντα μάθησης με παράλληλη εφαρμογή, εξάσκηση και παραγωγή αντίστοιχου υλικού από τα νήπια συμβάλλει στην αποτελεσματική χρήση χαρτών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: χαρτογραφικός γραμματισμός, προσχολική, παρέμβαση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Χαρτογραφικός γραμματισμός

Οι χάρτες θεωρούνται μέσο διαμεσολαβημένης επικοινωνίας το οποίο μεταδίδει οπτικά σύνθετες πληροφορίες που αφορούν στον περιβάλλοντα χώρο (Anderson & Leinhardt, 2002). Η κατανόηση του νοήματος των χαρτών από τους χρήστες τους προϋποθέτει γνώση των αρχών της οπτικής σημείωσης και του τρόπου εκφοράς της προκειμένου ο χρήστης να αναγάγει τα αντιληπτικά δεδομένα σε προϋπάρχοντα γνωστικά σχήματα και να προσλάβει το λανθάνον συμβολικό νόημα που μεταφέρει η απεικόνιση (Muehrcke, 1974; Postigo & Pozo, 1998).

Ο χαρτογραφικός γραμματισμός σχετίζεται με την ικανότητα αποτελεσματικής αξιοποίησης και κατανόησης του χαρτογραφικού λόγου με τον οποίο εκφέρεται η επιστημονική γνώση στο χάρτη για την ορθή νοηματοδότησή του (Anderson & Vasconcellos, 1995). Ως επιμέρους πτυχή του επιστημονικού γραμματισμού και των πολυγραμματισμών στη σύγχρονη εκπαιδευτική πραγματικότητα, ο χαρτογραφικός γραμματισμός συνιστά βασική δεξιότητα των εκπαιδευομένων για την αποτελεσματική διαχείριση και χρήση του εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Το εκπαιδευτικό υλικό σ' αυτά τα γνωστικά αντικείμενα επηρεάζεται εν μέρει από τα χαρακτηριστικά των νέων ψηφιακών μέσων και της τεχνολογίας (Kalantzis & Cope, 2013) και τους νέους και ποικίλους τρόπους απόδοσης της γνώσης σ' αυτό (πολυτροπικότητα). Επομένως, τα παιδιά πρέπει να εξοικειώνονται με την τυπικότητα του επιστημονικού λόγου των χαρτών, τη γραφική τους γλώσσα και τη δομή τους προκειμένου να κατακτηθεί ο αναγκαίος χαρτογραφικός γραμματισμός για την αποτελεσματική χρήση του χάρτη (Gilhooly, Wood, Kinnear, & Green, 1988; Ormrod, Ormrod, Wagner, & MacCallin, 1988; Postigo & Pozo, 1998). Σύμφωνα με αυτή την οπτική, η βαρύτητα μετακινείται από το χρονικό προσδιορισμό της καταλληλότερης ηλικίας για την έναρξη της συστηματικής εξοικείωσης με τη χαρτογραφική γλώσσα, στη συχνότητα και στον τρόπο με τον οποίο θα επιτευχθεί αυτή η εξοικείωση. Συνεπώς, η επαφή και η εξοικείωση με τη χαρτογραφική γλώσσα ξεκινά από την προσχολική ηλικία, αλλά διαφοροποιείται ως προς τον τρόπο και το ρυθμό που αυτή προσεγγίζεται σε μεταγενέστερα ηλικιακά στάδια.

Οι χάρτες στα Προγράμματα Σπουδών για την προσχολική ηλικία

Μολονότι η πλειοψηφία των συναφών ερευνών αμφισβητεί την πρόωμη εισαγωγή δραστηριοτήτων με χάρτες σε παιδιά μικρής ηλικίας (Blaut, 1997), καταγράφεται ένα αξιολογικό σώμα ερευνητικών δεδομένων που εισηγούνται τη χρήση χαρτών στην προσχολική ηλικία (Downs, Liben, & Daggs, 1988; Matthews, 1985). Οι δεξιότητες των χρηστών χαρτών βελτιώνονται με την έκθεση, την εξάσκηση και την επίδειξη φυσικών μοντέλων (Kirby, 1994), καθώς και την παραγωγή χαρτών από τα παιδιά (Umek, 2003) παράλληλα με τη χρήση αυθεντικών χαρτών σε φυσικά περιβάλλοντα και ελεύθερες δραστηριότητες (Voženilek, Morkesová, & Vondráková, 2014).

Αυτή η νέα προσέγγιση χρήσης χαρτών και η πρόωμη εισαγωγή τους στις μικρές ηλικίες φαίνεται να υποστηρίζεται τόσο από το ισχύον Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ, 2003), όσο και από Νέο Πρόγραμμα Σπουδών (ΝΠΣ, 2011) για το νηπιαγωγείο. Σ' αυτά οι χάρτες εκλαμβάνονται ως εναλλακτικοί επικοινωνιακοί κώδικες που οφείλει να κατακτήσει το παιδί προκειμένου να ανταποκριθεί στις σύγχρονες κοινωνικές απαιτήσεις και να κατανοήσει το σύγχρονο εκπαιδευτικό υλικό. Υπό την έννοια αυτή, οι χάρτες στην τρέχουσα μορφή εκπαιδευτικού σχεδιασμού προσεγγίζονται διεπιστημονικά και αξιοποιούνται στο πλαίσιο ποικίλων στόχων σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα (Γκόρια, 2014). Έτσι, βάσει του ΝΠΣ (2011), οι χάρτες εμφανίζονται ως κοινό περιεχόμενο στις μαθησιακές περιοχές των Φυσικών Επιστημών, των Μαθηματικών και της Γλώσσας.

Με αφορμή το παραπάνω θεωρητικό πλαίσιο σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε έρευνα η οποία έθεσε ως γενικό σκοπό να διερευνηθούν οι δυνατότητες αξιοποίησης των χαρτών από παιδιά προσχολικής ηλικίας και βελτίωσης των δεξιοτήτων χαρτογραφικού γραμματισμού τους μέσω της εφαρμογής μιας διδακτικής παρέμβασης βασισμένης στις αρχές της Παιδαγωγικής των Πολυγραμματισμών.

Μια τέτοιου είδους διερεύνηση θα μπορούσε να οδηγήσει σε συμπεράσματα σχετικά με το επίπεδο χαρτογραφικού γραμματισμού των νηπίων και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του, τα οποία να αξιοποιηθούν για την επιλογή αναπτυξιακά κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού και το σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων ώστε να προαχθεί ο χαρτογραφικός γραμματισμός των νηπίων και να ενσωματωθεί η χρήση χαρτών στην προσχολική εκπαίδευση στο πλαίσιο των γνωστικών αντικειμένων των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών.

ΜΕΘΟΔΟΣ

Σχεδιασμός της έρευνας

Η έρευνα σχεδιάστηκε στο μεθοδολογικό πλαίσιο της Θεμελιωμένης Θεωρίας η οποία είναι μια επαγωγική μέθοδος ποιοτικής έρευνας που «επιτρέπει τη συστηματική παραγωγή κοινωνικής θεωρίας από τα δεδομένα» (Glaser & Strauss, 1967). Το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας εκπορεύεται από τις αρχές των θεωριών της Παιδαγωγικής των Πολυγραμματισμών (Kalantzis & Cope, 2000) και της Κοινωνικής Σημειωτικής (Hodge & Kress, 1988), των οποίων κοινό σημείο παραδοχής είναι η σπουδαιότητα του κοινωνικού πλαισίου στην παραγωγή και κατανόηση του νοήματος.

Η έρευνα οργανώθηκε γύρω από τρεις (3) βασικούς άξονες - θεματικές περιοχές. Αυτοί οι άξονες αφορούσαν στις αντιλήψεις του δείγματος γύρω από τους χάρτες και τη χρησιμότητά τους (Άξονας Α: Έννοια –χρήση/λειτουργία χαρτών), στην αναγνώριση από τους συμμετέχοντες των δομικών στοιχείων σ' αυτούς (υπόμνημα, κλίμακα κ.λπ.) (Άξονας Β: Είδη και δομή χαρτών) και στην κατανόηση της βασικής πληροφορίας που μεταφέρουν (είδη χαρτών), καθώς και στις δεξιότητες χαρτογραφικού γραμματισμού των νηπίων ως χρηστών και παραγωγών χαρτών (Άξονας Γ: Παραγωγή χαρτών).

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 14 νήπια και προνήπια, 7 αγόρια και 7 κορίτσια του 1^{ου} νηπιαγωγείου Κάρλας- Στεφανοβικείου του Ν. Μαγνησίας. Η ερευνητική διαδικασία και η διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκαν από την πρώτη συγγραφέα της παρούσης εργασίας.

Συλλογή δεδομένων

Για τη συλλογή δεδομένων αρχικά εφαρμόστηκε μια ημι-δομημένη συνέντευξη με τη χρήση ενός ευέλικτου οδηγού (pre-test). Ακολούθησε μια διδακτική παρέμβαση διάρκειας δύο εβδομάδων και επαναλήφθηκε η αρχική συνέντευξη (post-test) μετά το πέρας της διδακτικής παρέμβασης, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε οδηγός συνέντευξης όμοιος με τον αρχικό. Η συγκριτική αντιπαράθεση των δεδομένων της αρχικής συνέντευξης με αυτά της τελικής επέτρεψε να διερευνηθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα της παρέμβασης όσο αφορά τη χρήση χαρτών από νήπια.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν υπεβλήθησαν σε ποσοτική ανάλυση, ενώ οι χαρτογραφίες των συμμετεχόντων υπεβλήθησαν σε ποιοτική βάση των αρχών της Θεμελιωμένης Θεωρίας.

Διδακτική παρέμβαση

Η διδακτική παρέμβαση οργανώθηκε στο πλαίσιο της Παιδαγωγικής των Πολυγραμματισμών σε τέσσερις (4) αυτόνομες διδακτικές ενότητες οι οποίες αντίστοιχα είχαν ως επιμέρους στόχους τα νήπια και προ-νήπια:

- να κατανοήσουν την έννοια και τη χρησιμότητα των χαρτών
- να αναγνωρίζουν τα διάφορα είδη χαρτών με βάση τη βασική πληροφορία που μεταφέρουν
- να γνωρίσουν τη δομή του χάρτη (υπόμνημα, σύμβολα, τίτλος, πυξίδα, κλίμακα, συντεταγμένες),
- να παραγάγουν τα ίδια το χάρτη της άμεσης ή ευρύτερης περιοχής τους, βάσει των αρχών της χαρτογραφικής σημειωτικής και δομής.

Αρχικά, λοιπόν, διερευνήθηκε η προηγούμενη γνώση των παιδιών σχετικά με το κειμενικό είδος των χαρτών προκειμένου να προσδιοριστεί το εύρος της κοινής γνώσης των συμμετεχόντων στη διαδικασία της νοηματοδότησης των χαρτών μέσω πραγματικών συνθηκών χρήσης με αυθεντικό υλικό (Τοποθετημένη Προσέγγιση) και στο πλαίσιο κοινωνικών περιστάσεων επικοινωνίας. Σταδιακά οι χάρτες αποδομήθηκαν ώστε τα νήπια να αντιληφθούν τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάζεται το νόημα σ' αυτούς (Ανοιχτή Διδασκαλία) και συνδέονται με το κοινωνικό πλαίσιο και τους λόγους για τους οποίους παρήχθηκε (Κριτική Πλαισίωση). Οι προηγούμενες πρακτικές της αποδόμησης του νοήματος των χαρτών και της σύνδεσής του με το κοινωνικό και επικοινωνιακό πλαίσιο τελικά αποσκοπούσαν στο να κατορθώσουν οι μαθητές/τριες, μέσα από τη δική τους δράση και τις διαδικασίες χρήσης τους, να κατακτήσουν τον τρόπο που οργανώνεται και παράγεται το νόημα σ' αυτούς και να τους συμπεριλάβουν στις δικές τους παραγωγές ή να τους τροποποιήσουν και να τους αναμορφώσουν, παράγοντας νέο νόημα, και όχι απλά να τους αντιγράψουν.

Ειδικότερα, η **1η ενότητα** της διδακτικής παρέμβασης περιλάμβανε μια αναλυτική προσέγγιση ενός έντυπου τουριστικού χάρτη του Βόλου, ο οποίος συνδέονταν με τα βιώματα των παιδιών που συμμετείχαν και αναπαριστούσε γι' αυτά ένα χώρο οικείο. Τα παιδιά ενθαρρύνθηκαν να κάνουν υποθέσεις και να καταθέσουν προηγούμενες εμπειρίες με χάρτες (καταιγισμός ιδεών) με τη χρήση ερωτήσεων σχετικά με το τι είναι οι χάρτες, πού χρησιμοποιούνται, πώς και τι δείχνουν συνήθως, ποια είδη χαρτών γνωρίζουν, τα οποία καταγράφηκαν με τη μορφή ιστογράμματος. Οι συμμετέχοντες αφού πληροφορήθηκαν από την ερευνήτρια ότι οι χάρτες αναπαριστούν μικρότερους ή μεγαλύτερους χώρους όπως φαίνονται από ψηλά και υπάρχουν διαφορετικά είδη χαρτών με βάση τη βασική πληροφορία που μεταφέρουν (οδικός, μετεωρολογικός κ.λπ.) ήρθαν σε επαφή με σχετικά παραδείγματα χαρτών. Κατόπιν τα παιδιά χωρίστηκαν σε ομάδες και κάθε ομάδα παρέλαβε ένα χάρτη διαφορετικού είδους, τον επεξεργάστηκε και συζητήσαν για το τι δείχνει, πώς το δείχνει και τι είδους χάρτης είναι. Κάθε ομάδα παρουσίασε τα

συμπεράσματά της στις υπόλοιπες. Τέλος, επέστρεψαν στο ιστόγραμμα και με τη βοήθεια της ερευνήτριας προσπάθησαν να εντοπίσουν τα βασικά χαρακτηριστικά που καταγράφηκαν σε αυτό και να το εμπλουτίσουν ή να ανασκευάσουν τις αρχικές τους ιδέες.

Κατά τη **2^η ενότητα** της διδακτικής παρέμβασης τα νήπια επεξεργάστηκαν ποικίλο αυθεντικό υλικό χαρτών που προσκόμισαν τα ίδια και η ερευνήτρια προκειμένου τα παιδιά να κατανοήσουν τη χρήση και τη λειτουργία των χαρτών, τον τρόπο που αυτή επιτελείται, το σκοπό και την επικοινωνιακή κατάσταση που εξυπηρετούν οι χάρτες. Το υλικό αφορούσε κυρίως σε ένθετους χάρτες σε ποικίλα έντυπα και για διαφορετική επικοινωνιακή κατάσταση όπως: εφημερίδες, επαγγελματικές κάρτες, ημερολόγια, προσκλήσεις, τουριστικά φυλλάδια κ.ά. Ζητήθηκε από τα παιδιά να περιγράψουν τι έβλεπαν σ' αυτούς και τι πληροφορία κατά τη γνώμη τους μετέδιδαν, να κάνουν υποθέσεις για το υλικό όπου ήταν τυπωμένος ο χάρτης (π.χ. πρόγραμμα θεάτρου), σε ποιο σημείο του υλικού ήταν τοποθετημένος (μπρος, πίσω...) και σε τι χρησίμευε.

Ακολούθησε από την ερευνήτρια παρουσίαση του επικοινωνιακού σκοπού των χαρτών, χρήση παραδειγμάτων χαρτών σε ποικίλες περιστάσεις και ταξινόμηση του υλικού από τα παιδιά με κριτήριο την επικοινωνιακή κατάσταση, με αιτιολόγηση της επιλογής τους. Κατόπιν η ερευνήτρια ζήτησε από τα παιδιά να παρατηρήσουν και να σχολιάσουν τη δομή ενός τουριστικού φυλλαδίου και ειδικότερα του χάρτη που περιέχεται σ' αυτό, να βρουν τη χρησιμότητά του και τις πληροφορίες. Στη συνέχεια παρήγαγαν σε ομάδες ένα τουριστικό φυλλάδιο για την περιοχή τους με ένθετο χάρτη. Το φυλλάδιο εκτυπώθηκε και ακολούθησε ένας αυτοσχεδιασμός που περιελάμβανε περιγραφή διαδρομών σε τουρίστες για διάφορα επισκέψιμα σημεία της περιοχής που απεικονίζονταν στο χάρτη του φυλλαδίου.

Στην **3^η διδακτική ενότητα** τα παιδιά επεξεργάστηκαν ένα χάρτη με τυπική δομή. Ζητήθηκε από αυτά να επισημάνουν στοιχεία που παρατηρούν σ' αυτόν. Με κατάλληλες ερωτήσεις κατευθύνθηκε η προσοχή τους στα συγκεκριμένα δομικά στοιχεία του χάρτη στην περίπτωση που τα προσπέρασαν και δεν τα ανέφεραν. Στη συνέχεια ανακεφαλαιώθηκαν οι παρατηρήσεις τους με αναδιατύπωση από την ερευνήτρια και απομονώθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά ενός χάρτη: τίτλος, υπόμνημα, κλίμακα, συντεταγμένες, πυξίδα. Κάθε δομικό στοιχείο προβλήθηκε χωριστά, ενώ ζητήθηκε από τα παιδιά να κάνουν υποθέσεις για τη χρησιμότητά τους στο χάρτη. Εξηγήθηκε – όπου υπήρχε επιπλέον ανάγκη - η χρησιμότητα του καθενός απ' αυτά στο χάρτη. Κατόπιν παρατήρησαν ποικίλους χάρτες με εναλλακτικούς τρόπους απόδοσης των δομικών τους στοιχείων, έκαναν αντιστοιχίσεις αυτών και ταξινομήσεις.

Τέλος, η παρέμβαση ολοκληρώθηκε με την παραγωγή χαρτών από τους συμμετέχοντες σ' αυτήν (**4^η ενότητα**). Η επιλογή αυτή στόχο είχε οι χάρτες που θα παρήγαγαν τα παιδιά να λειτουργήσουν πρωτίστως, σύμφωνα με τις αρχές της Παιδαγωγικής των Πολυγραμμιασμών, ως νέο πλαίσιο εφαρμογής και ανασχεδιασμού των διαθέσιμων πόρων και της γνώσης που αποκόμισαν (Kalantzis & Cope, 2000) κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Δευτερευόντως, αυτοί οι χάρτες χρησιμοποιήθηκαν ως εργαλείο αξιολόγησης της διδακτικής πορείας και των στόχων της για την ανατροφοδότηση της ερευνητικής διαδικασίας. Κατά τη διάρκεια της ενότητας τα παιδιά

παρακολούθησαν ένα ολιγόλεπτο βίντεο στο οποίο παρουσιάζονταν η διαδικασία χαρτογράφησης και ακολούθησε σχολιασμός και συζήτηση με τα νήπια. Κατόπιν τα νήπια περιηγήθηκαν στον πραγματικό χώρο που μετέπειτα θα χαρτογραφούσαν και φωτογράφησαν σημεία–ορόσημα της περιοχής. Οι φωτογραφίες αυτές εκτυπώθηκαν και αποτέλεσαν το υλικό με το οποίο καταρτίστηκε το υπόμνημα του χάρτη που παρήγαγαν ομαδικά. Έδωσαν τίτλο στο χάρτη, έβαλαν κλίμακα και πυξίδα και σχεδίασαν δρόμους και άλλα στοιχεία που παρατήρησαν κατά την περιήγησή τους στο χώρο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων παρουσιάζονται συγκριτικά και ακολουθώντας τους άξονες του ερευνητικού σχεδιασμού όπως προαναφέρθηκε:

Έννοια-χρήση και λειτουργία χαρτών

Κατά τη συγκριτική αντιπαράθεση των αποτελεσμάτων της αρχικής αξιολόγησης (pre-test) των χαρτογραφικών δεξιοτήτων του δείγματος με τα αντίστοιχα της τελικής αξιολόγησης (post-test) διαπιστώθηκε ότι το σύνολο του δείγματος και στις δύο περιπτώσεις αναγνώρισε το κειμενικό είδος των χαρτών στο υλικό που του επιδείχθηκε και τη λειτουργία τους ως αναπαραστάσεις χώρου και εργαλείων πλοήγησης σ' αυτόν

Σ: ...Ξέρεις τι είναι;

Ν: Ένας χάρτης.

Σ: Ξέρεις που τον χρησιμοποιούμε το χάρτη; Τι τον θέλουμε;

Ν: Ναι, τον θέλουμε όταν θέλουμε να πάμε κάπου και δεν ξέρουμε το δρόμο» (N70)

Είδη και δομή χαρτών

Παράλληλα παρατηρήθηκε μια ανοδική τάση των ορθών απαντήσεων για συγκεκριμένα είδη χαρτών (Πίνακας 1), η οποία σημειώνεται ότι δεν αφορούσε στη χρήση ειδικού λεξιλογίου αλλά στην ορθότερη περιφραστική περιγραφή, της βασικής πληροφορίας που μεταφέρει ο χάρτης.

«Ν: Αυτός ο χάρτης, νομίζω είναι, στην τηλεόραση που βλέπουμε, έχει κάτι ανθρώπους που μιλάνε αν έχει βροχή και τέτοια» (N6)

Πίνακας 1: Αναγνώριση του είδους χαρτών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση

ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΩΣΤΑ		
	pre-test	post-test
οδικός	7	8
χάρτης μετρό	8	7
πολιτικός	7	6
δορυφορικός	1	4
τουριστικός	4	11
Σύνολο	27	36

Παραγωγή χαρτών

Τέλος, όσον αφορά στις στρατηγικές απόδοσης και παραγωγής οπτικού νοήματος που εφάρμοσαν τα νήπια, δεν διαφάνηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δύο ερευνητικών σταδίων. Υπήρξαν ωστόσο περιπτώσεις αφαιρετικότητας στις γραφικές αναπαραστάσεις χώρου από τα νήπια. Επίσης τα δομικά χαρακτηριστικά των χαρτών (υπόμνημα κ.λπ.) δεν εμφανίζονταν στους χάρτες που παρήγαγαν (Εικόνα 1).

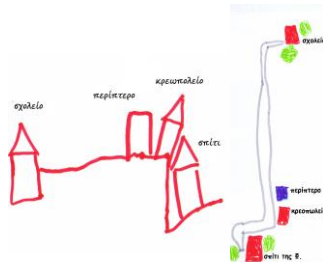
«Σ: Ωραία, αυτό είναι ένα σπίτι, μετά τι άλλο έχει;

N: Μετά έχει μια άλλη καφετέρια.

Σ: Πώς θα τη δείξουμε την καφετέρια;

N: Με ένα φλιτζάνι» (N74)

Εικόνα 1: Από τους εικονιστικούς (pre-test) στους αφαιρετικούς χάρτες (post-test) (Αρ. Πρ.121.1



ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συγκριτική αντιπαράθεση των αποτελεσμάτων της έρευνας ως προς τον πρώτο άξονα που διερευνήθηκε, έδειξε ότι το σύνολο των συμμετεχόντων αντιλαμβάνεται τους χάρτες ως αναπαραστάσεις χώρου – κυρίως δρόμων – που χρησιμεύουν στην πλοήγηση και τον προσανατολισμό σ' αυτόν. Τις αντιλήψεις αυτές φάνηκε να τροφοδοτεί η προηγούμενη έκθεση και επαφή τους με το χάρτη και η συναφής εμπειρία και τα βιώματα που έχουν αποκομίσει μέσα από αυτήν την αλληλεπίδραση με χάρτες στο άμεσο περιβάλλον τους, όπως έχουν ήδη επισημάνει οι Blades & Spencer (1990).

Τα ευρήματα της έρευνας σχετικά με το είδος και τη δομή των χαρτών (2^ο άξονας διερεύνησης) αφορούσαν στο λεξιλόγιο και στη σύνταξη του χαρτογραφικού λόγου αντίστοιχα, τα οποία διαπιστώθηκε ότι κατακτήθηκαν στο πλαίσιο συστηματικής διδασκαλίας και έκθεσης σε υλικό χαρτών. Η διαπίστωση ότι τα παιδιά του δείγματος αγνοούσαν την οργανωτική δομή των χαρτών και δεν φάνηκε να αξιοποιούν τα δομικά χαρακτηριστικά (τίτλος, πυξίδα, κλίμακα, υπόμνημα, συντεταγμένες) του χάρτη κατά τη διαδικασία νοηματοδότησης συμφωνεί με πορίσματα άλλων ερευνών (Γκόρια, 2007, 2014; Clarke, 2003; Muehrcke, 1974; Postigo & Pozo, 1998). Οι συμμετέχοντες στην έρευνα λόγω της μικρής τους ηλικίας φάνηκε ότι δεν είχαν αποκτήσει δεξιότητες επιστημονικού γραμματισμού, τις οποίες ωστόσο ανέπτυξαν μέσω της ειδικά σχεδιασμένης συστηματικής διδακτικής παρέμβασης, όπως υποστηρίζουν και οι Gonitsiotti, Christidou, & Hatzinikita (2013).

Συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα επιβεβαιώθηκε ότι η στοχευμένη και μεθοδική επεξήγηση της γλώσσας των χαρτών, η αποκάλυψη της δομής τους μέσω της συστηματικής διδασκαλίας και της αυτενέργειας των μαθητών με συμμετοχή σε παιγνιώδεις δραστηριότητες σ' ένα συνεργατικό περιβάλλον, μπορούν να αποτελέσουν ένα ικανοποιητικό πλαίσιο για την ανάδυση του χαρτογραφικού γραμματισμού των μικρών παιδιών (Goria & Papadopoulou, 2008). Ο χαρτογραφικός γραμματισμός των παιδιών μικρής ηλικίας προήχθη μέσω της περαιτέρω έκθεσης και συστηματικής εξάσκησης σε ποικίλο και αυθεντικό χαρτογραφικό υλικό και διαδικασίες παραγωγής νοήματος. Επιπλέον, φάνηκε ότι είναι αναγκαίο, τα παιδιά να εμπλέκονται τόσο σε διαδικασίες ανάγνωσης χαρτών για την εκμείωση του νοήματος που μεταφέρουν, όσο και παραγωγής, μέσω της ενεργητικής συμμετοχής τους σε διαδικασίες χαρτογράφησης πραγματικών και νοητικών περιβαλλόντων, προκειμένου να επικοινωνήσουν μέσω χαρτών και των κωδίκων τους.

Τα ευρήματα από την ανάλυση των χαρτών που παρήγαγαν τα παιδιά του δείγματος μαρτυρούν ότι αναπαρέστησαν βιωμένα αντιληπτικά σχήματα και μετέφεραν στο χαρτί νοητικούς χάρτες που αφορούσαν ευρύτερες περιοχές και τη γνώση που είχαν οικοδομήσει σχετικά μ' αυτές. Η περιήγηση σε πραγματικά περιβάλλοντα που προηγήθηκε της χαρτογράφησης και το οπτικοακουστικό υλικό που προβλήθηκε στο πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης τροποποίησε τις αρχικές πρακτικές χαρτογράφησης των συμμετεχόντων προς μια πιο αφαιρετική και λιτή αναπαράσταση του χώρου. Επιπλέον, επιβεβαιώθηκε η διαπίστωση άλλων ερευνητών (Anderson, 1985; Voženilek et al., 2014) ότι ο βιωμένος χώρος για τον οποίο οι συμμετέχοντες διέθεταν οργανωμένα νοητικά σχήματα που μπόρεσαν να ανακαλέσουν, να διαχειριστούν και να αποτυπώσουν γραφικά, αποτέλεσε πρόσφορη αφετηρία διαδικασιών χαρτογράφησης.

Η αύξηση της αφαιρετικότητας των χαρτογραφήσεων μιας διαδρομής από τα νήπια μετά τη διδακτική παρέμβαση θεωρήθηκε ένδειξη της δυνατότητας μύησης των νηπίων στη χαρτογραφική γλώσσα στο πλαίσιο μιας οργανωμένης διδακτικής παρέμβασης. Αντίθετα, η συστηματική διδασκαλία της δομής του κειμενικού είδους των χαρτών δεν οδήγησε σε όμοια αποτελέσματα, όπως αποδεικνύεται από την παντελή απουσία των δομικών χαρακτηριστικών στις ατομικές παραγωγές του δείγματος. Η έλλειψη αυτή αποδίδεται στη μικρή διάρκεια της παρέμβασης, καθώς σε αντίστοιχη διερεύνηση του χαρτογραφικού γραμματισμού των νηπίων με τη μεσολάβηση διδακτικής παρέμβασης τρίμηνης διάρκειας (Γκόρια, 2007) αυξήθηκαν τα ποσοστά εμφάνισης των δομικών στοιχείων του χάρτη στις χαρτογραφήσεις τους. Επομένως, η αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης είναι συνάρτηση του χρόνου εφαρμογής της. Είναι αναγκαίο η χρήση χαρτών να είναι ενσωματωμένη στην καθημερινή διδακτική πρακτική και να διαπνέει το σύνολο του εκπαιδευτικού προγράμματος μέσω της αξιοποίησης χαρτών στο πλαίσιο ετήσιων σχεδίων εργασίας, συνδεδεμένων με ποικίλα γνωστικά αντικείμενα που προβλέπονται από το πρόγραμμα σπουδών για το νηπιαγωγείο.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας υποδεικνύουν ότι τα παιδιά προσχολικής ηλικίας με την επαφή τους με ποικίλο και αυθεντικό χαρτογραφικό υλικό υποστηρίζονται αποτελεσματικά στην κατάκτηση των κανόνων και της δομής της

χαρτογραφικής σύνταξης, την οποία μεταφέρουν στις δικές τους παραγωγές χαρτών και στην κατανόηση της χωρικής πληροφορίας σ' αυτούς. Η διάρκεια της παρέμβασης αποτελεί σημαντικό σύμμαχο προς αυτήν την κατεύθυνση και ταυτόχρονα εγγυάται την αποτελεσματική χρήση και αξιοποίηση χαρτών στο νηπιαγωγείο στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Anderson, J. (1985). Teaching Map Skills: An Inductive Approach: Part One. *Journal of Geography*, 84(1), 25–32.
- Anderson, K. C., & Leinhardt, G. (2002). Maps as representations: expert novice comparison of projection understanding. *Cognition and Instruction*, 20(3), 283–321.
- Anderson, J., & Vasconcellos, R. (1995). Maps for and by children: possible contributions by cartographers. In Proceedings of the 17th International Cartographic conference – ICA, v. 01 (pp. 384-392). Barcelona, Spain.
- Blades, M., & Spencer, C. (1990). The development of 3-to-6-year-olds' map using ability: The relative importance of landmarks and map alignment. *The Journal of Genetic Psychology*, 151(2), 181–194.
- Blaut, J. M. (1997). The mapping abilities of young children. *Annals of the Association of American Geographers*, 87(1), 152–158.
- Γκόρια, Σ. (2007). *Οπτικός γραμματισμός στην προσχολική ηλικία. Μια διδακτική παρέμβαση με τη χρήση χαρτών*. Επίβλεψη Μ. Παπαδοπούλου & Ν. Χανιωτάκης. Βόλος, χ.ο., Αδημοσίευτη μεταπτυχιακή εργασία, Π.Μ.Σ., Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- Γκόρια, Σ. (2014). *Κατανόηση και παραγωγή πολυτροπικών κειμένων στην προσχολική ηλικία: η περίπτωση των χαρτών*. Επίβλεψη Μ. Παπαδοπούλου. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Βόλος, ΠΤΠΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- Clarke, D. (2003). Are you functionally map literate? Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC), Durban, South Africa. Retrieved from <http://lazarus.elte.hu/cet/publications/088.pdf>
- Δ.Ε.Π.Π.Σ. (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών για το Νηπιαγωγείο και Προγράμματα Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Δραστηριοτήτων*. Ανακτήθηκε από το διαδικτυακό τόπο: <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>
- Downs, R. M., Liben, L. S., & Daggs, D. G. (1988). On education and geographers: The role of cognitive developmental theory in geographic education. *Annals of the Association of American Geographers*, 78(4), 680–700.
- Gilhooly, K. J., Wood, M., Kinneer, P. R., & Green, C. (1988). Skill in map reading and memory for maps. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 40(1), 87–107.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. New York: Aldine Transaction.
- Gonitsioti, H., Christidou, V., & Hatzinikita, V. (2013). Enhancing scientific visual literacy in kindergarten: Young children «read» and produce representations of

- classification. *International Journal of Science, Mathematics, and Technology Learning*, 20(1), 1-15.
- Goria, S., & Papadopoulou, M. (2008). Preschoolers using maps: An educational approach. *International Journal of Learning*, 15(8), 173-186.
- Hodge, B., & Kress, G. (1988). *Social Semiotics*. London: Polity Press.
- Kalantzis, M., & Cope, B. (2000). A Multiliteracies Pedagogy: A Pedagogical Supplement. In B. Cope & M. Kalantzis (Eds), *Multiliteracies. Literacy Learning and the Design of Social Features*. New York: Routledge.
- Kalantzis, M. & Cope, B. (2013). *Νέα Μάθηση. Βασικές αρχές για την επιστήμη εκπαίδευσης*. Αθήνα: Κριτική.
- Kirby, J. R. (1994). Comprehending and using maps: Are there two modes of map processing? In W. Schnotz & R. Kulhavy (eds.), *Comprehension of graphics* (pp. 63-76). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Matthews, M. H. (1985). Young children's representations of the environment: A comparison of techniques. *Journal of Environmental Psychology*, 5(3), 261-278.
- Muehrcke, P. (1974). Beyond abstract map symbols. *Journal of Geography*, 73(8), 35-52.
- N.Π.Σ. (2011). *Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το νηπιαγωγείο. Μαθησιακές περιοχές, Μέρος 2*. Ανακτήθηκε από το διαδικτυακό τόπο <http://ebooks.edu.gr/2013/newps.php>
- Ormrod, J. E., Ormrod, R. K., Wagner, E. D., & MacCallin, R. C. (1988). Reconceptualizing Map Learning. *The American Journal of Psychology*, 101(3), 425-433.
- Postigo, Y., & Pozo, J. I. (1998). The learning of a geographical map by experts and novices. *Educational Psychology*, 18(1), 65-80.
- Thomas-Brown, K. A. (2011). Teaching for geographic literacy: Our afterschool geography club. *Social Studies*, 102(5), 181-189.
- Umek, M. (2003). A comparison of the effectiveness of drawing maps and reading maps in beginning map teaching. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 12(1), 18-31.
- Van Dijk, H., van der Schee, J., Trimp, H., & van der Zijpp, T. (1994). Map skills and geographical knowledge. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 3(1), 68-80.
- Voženílek, V., Morkesová, P., & Vondráková, A. (2014). Cognitive aspects of map symbology in the world school atlases. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 112, 1121-1136.

Παράγοντες δημιουργικής συνεργασίας εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων για το σχεδιασμό ψηφιακού υλικού στα μαθηματικά

Δημήτρης Διαμαντίδης¹, Μάριος Ξένος² & Χρόνης Κυνηγός³

^{1,2,3} Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, ΦΙΠΨ, Φιλοσοφική Σχολή, ΕΚΠΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σχεδιασμός διαθεματικού εκπαιδευτικού υλικού από εκπαιδευτικούς διαφορετικών ειδικοτήτων που συνεργάζονται, συχνά συναντά, ως εμπόδιο τις διαφορετικές αντιλήψεις τους, τον όχι κοινό κώδικα επικοινωνίας που χρησιμοποιούν και την ασυνέχεια στις πρακτικές τους. Ωστόσο, με κατάλληλες παρεμβάσεις στη συνεργασία, η διαφορετικότητα μπορεί να είναι αιτία δημιουργίας πρωτότυπου υλικού, με απρόσμενα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Η εστίαση στο άρθρο αυτό είναι σε μια ομάδα εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων που σχεδιάζουν, από κοινού, ψηφιακό υλικό για τα μαθηματικά. Προτείνεται ένα πλαίσιο ανάλυσης της διαδικασίας του σχεδιασμού και των μαθηματικών νοημάτων που δημιουργούν οι μαθητές όταν το χρησιμοποιούν, ώστε να συζητηθεί με ποιον τρόπο η διαφορετικότητα των εκπαιδευτικών μετασηματίστηκε από εμπόδιο σε παράγοντα δημιουργικότητας και αποτελεσματικότητας του σχεδιασμού τους. Όπως και σε αυτήν, έτσι και σε άλλες περιπτώσεις σχεδιασμού διαθεματικού υλικού από εκπαιδευτικούς (π.χ. STEM), η έρευνα αντίστοιχων ερωτημάτων μπορεί να αναδείξει τι είδους παρεμβάσεις μπορούν να γίνουν, ώστε να ενισχυθεί η δημιουργικότητα της ομάδας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εκπαιδευτικός σχεδιασμός, ψηφιακά εργαλεία, δημιουργία νοημάτων, διαθεματικότητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να γίνουν πράξη οι διαθεματικές και διεπιστημονικές προσεγγίσεις (όπως το STEM) στο σχολείο, συχνά χρειάζεται η ανάπτυξη πρωτότυπου υλικού από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς. Ο σχεδιασμός αυτού του υλικού πολλές φορές είναι προϊόν συνεργασίας μεταξύ μικρών ή μεγαλύτερων ομάδων εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων. Τέτοιες ομάδες είναι από τη φύση τους ετερογενείς, καθώς για παράδειγμα, οι μαθηματικοί δεν μιλάνε της ίδια ‘γλώσσα’, ούτε έχουν κοινές πρακτικές με τους φυσικούς. Αυτή η ‘διαφορετικότητα’ μπορεί να δυσκολεύει τη συνεργασία τους, ώστε να μην είναι όσο αποτελεσματική θα μπορούσε. Καθώς όμως τα μαθησιακά οφέλη από τις διαθεματικές ή διεπιστημονικές προσεγγίσεις είναι πολλαπλά για τους μαθητές, είναι κρίσιμο το εξής ερώτημα: Με ποιον τρόπο μπορούμε να παρέμβουμε στη σύνθεση ή τη

λειτουργία ετερογενών ομάδων εκπαιδευτικών, ώστε η διαφορετικότητά τους να μετασχηματιστεί σε παράγοντα ενίσχυσης της δημιουργικότητάς και της αποτελεσματικότητάς τους; Στην αναζήτηση απαντήσεων, θα συνέβαλλε η μελέτη της διαδικασίας του σχεδιασμού υλικού από τέτοιες ομάδες.

Το άρθρο αυτό εστιάζει σε μια ομάδα εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων, που σχεδιάζει ψηφιακό υλικό με βασικό πεδίο τα μαθηματικά, για να χρησιμοποιηθεί στην τάξη, με στόχο την ενίσχυση της δημιουργικότητας των μαθητών. Αρχικά, μελετώνται και αναλύονται οι ενέργειες, οι ρόλοι και η αλληλεπίδραση των εκπαιδευτικών κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού. Στη συνέχεια το υλικό χρησιμοποιήθηκε στην τάξη και η εστίαση μεταφέρεται στους μαθητές, στην ανάλυση της εμπλοκής τους με αυτό και των μαθησιακών αποτελεσμάτων που προέκυψαν. Τέλος, συζητείται η δημιουργικότητα αυτής της ομάδας εκπαιδευτικών κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού, ως αποτέλεσμα της διαφορετικότητάς τους και με βάση τα συμπεράσματα από τη χρήση του υλικού στην τάξη.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Μέχρι τώρα η έρευνα της ΔτΜ έχει μελετήσει τον σχεδιαστή εκπαιδευτικό εξατομικευμένα, ενώ η μελέτη του συνεργατικού σχεδιασμού είναι περιορισμένη (Κυνίγος, 2014). Σε προηγούμενη εργασία μας (Κυνηγός & Διαμαντίδης, 2014), προτείναμε τη χρήση της θεωρητικής προσέγγισης της ‘κειμενικής δημιουργίας’ ή ‘documental genesis’ (Gueudet & Trouche, 2009; Guin & Trouche, 1999, όπως αναφέρεται από Κυνηγός & Διαμαντίδης, 2014) για την περιγραφή των αποφάσεων και των ενεργειών ενός μαθηματικού που διασκεύασε υπάρχον εκπαιδευτικό υλικό προσαρμόζοντάς το στο δικό του επαγγελματικό σχεδιασμό. Στο άρθρο αυτό συνεισφέρουμε, προτείνοντας το πλαίσιο των ‘κοινοτήτων ενδιαφέροντος’ (Communities of Interest: CoIs) (Fischer, 2001) για τη μελέτη του σχεδιασμού ψηφιακού υλικού για τα μαθηματικά, όχι από έναν, αλλά από ομάδα συνεργαζόμενων εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων. Σε σύγκριση με τις ‘κοινότητες πρακτικής’ (Communities of Practice: CoPs) (Wenger, 1998), που τα μέλη τους έχουν κοινό επάγγελμα και πεδίο εξειδίκευσης, χρησιμοποιούν κοινή ‘γλώσσα’, πρακτικές και τρόπους επικοινωνίας, τα μέλη των CoIs τα χαρακτηρίζει ανομοιογένεια ως προς τα παραπάνω, όπως και την ομάδα των εκπαιδευτικών της έρευνας. Τους βλέπουμε ως κοινότητα, καθώς έχουν ένα κοινό στόχο, ένα πρόβλημα και η προσπάθεια για τη λύση του είναι το κοινό τους ενδιαφέρον. Ουσιαστικά, τα μέλη της CoI αντιπροσωπεύουν διαφορετικές CoPs, εντός της CoI. Η συνεργασία τους, για να λύσουν αυτό το πρόβλημα εμποδίζεται από τη διαφορετική τους ‘γλώσσα’. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Fischer (2001), η συνεχής προσπάθεια για επικοινωνία και αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφορετικών πρακτικών και γνώσεων που κομίζουν, μπορεί να μετασχηματιστεί σε πηγή δημιουργικότητας. Ένδειξη δημιουργικότητας μπορεί να είναι η πρωτοτυπία (originality) του σχεδιασμού τους, όχι μόνο πρωτογενώς με την έκφραση νέων ιδεών, αλλά και δευτερογενώς με την υλοποίηση ήδη γνωστών ιδεών σε νέο περιεχόμενο (ibid).

Για να καταλάβουμε τι οδηγεί σε αυτόν το μετασχηματισμό, αναλύουμε τα δεδομένα από την επικοινωνία μεταξύ των μελών της ομάδας. Αυτά μπορεί να είναι οι συζητήσεις τους, ηλεκτρονικά μηνύματα που ανταλλάσσουν κ.α. Στην περίπτωση που ο στόχος της ομάδας είναι ο σχεδιασμός ψηφιακού υλικού, τα μέλη συχνά ανταλλάσσουν και ψηφιακές κατασκευές-δομήματα που χρησιμοποιούν ως παραδείγματα, στην μεταξύ τους επικοινωνία και που αποτελούν μια επιπλέον πηγή δεδομένων για την έρευνα. Για να ερμηνεύσουμε το ρόλο αυτών των δομημάτων χρησιμοποιούμε τα 'βελτιώσιμα αντικείμενα διαμεσολάβησης' ('improvable boundary objects', Akerman & Bakker, 2011; Kyriagos & Kalogeria, 2012). Τα προσεγγίζουμε δηλαδή, σαν φορείς των αντιλήψεων των μελών και είναι 'βελτιώσιμα' καθώς τα μέλη της ομάδας κατά τη διάρκεια της συζήτησης, συχνά παρεμβαίνουν σε αυτά, αλλάζοντάς τα, για να δείξουν πιο καθαρά σε όλους τι εννοούν. Τα αντικείμενα διαμεσολάβησης μπορούν να εκπληρώσουν μια λειτουργία γεφύρωσης διαφορετικών αντιλήψεων και πρακτικών που συμβάλλει στην διαμόρφωση κοινών νοημάτων από μέλη της CoI ('boundary crossing', Akerman & Bakker, 2011) και στη δημιουργία νέων κοινών πρακτικών. Σε αυτή τη διαδικασία είναι καίριος ο ρόλος του μέλους της CoI που μπορεί να 'μιλήσει τη γλώσσα' πάνω από μίας CoP (αν υπάρχει τέτοιο), να διαβεί το σύνορο των CoPs μεταφέροντας αντιλήψεις από την μία στην άλλη και που στη βιβλιογραφία ονομάζεται ως 'διαμεσολαβητής' ('broker', *ibid*). Η έννοια του 'διαμεσολαβητή' είναι χρήσιμη στην περιγραφή μας για τον από κοινού σχεδιασμό της ομάδας.

Στη έρευνα αυτή, η εστίαση είναι στη διαδικασία του σχεδιασμού ψηφιακού υλικού για τα μαθηματικά, από μια ομάδα εκπαιδευτικών με έντονο το στοιχείο της διαφορετικότητας μεταξύ τους. Στην ανάλυση συζητείται με ποιον τρόπο μέσα από τη διαφορετικότητά τους, οι εκπαιδευτικοί έγιναν πιο δημιουργικοί ως ομάδα, προκαλώντας ταυτόχρονα τη δημιουργικότητα των μαθητών που χρησιμοποιούσαν το παραγόμενο υλικό. Για την ερμηνεία της δημιουργικής δραστηριότητας των μαθητών χρησιμοποιείται ως κριτήριο η πρωτότυπη αντιμετώπιση συγκεκριμένου προβλήματος, με τρόπο που να έχει νόημα για αυτούς (Fischer, 2001), σε συνδυασμό με την προσέγγιση της δημιουργίας προσωπικών νοημάτων (Hoyles, 2005; Κυνηγός, 2006). Η έρευνα της ΔτΜ για την χρήση των ψηφιακών εργαλείων έχει δείξει ότι τα παιδιά, όταν εμπλέκονται με γνήσια διερευνητικές δραστηριότητες, κατασκευάζουν προσωπικά νοήματα για τα μαθηματικά (*ibid*). Ειδικά στην περίπτωση εργαλείων με δυνατότητες συμβολικής έκφρασης, με τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού, αυτό μπορεί να συμβεί μέσω του μαθηματικού φορμαλισμού (Dubinsky, 2000). Στην περίπτωση αυτή η χρήση του φορμαλισμού αντιστοιχεί στη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά μετατρέπουν το φορμαλισμό (μέσα από τη σύνταξη του προγράμματος), από ένα ισχυρό αναπαραστασιακό εργαλείο για τους μαθηματικούς, σε ένα χρήσιμο εργαλείο με νόημα για εκείνα, που τα βοηθά να εκφράσουν μαθηματικά νοήματα και να τα χρησιμοποιήσουν υλοποιώντας μια κατασκευή. Π.χ. ένα σχήμα που κατασκευάζεται από δοσμένο πρόγραμμα Logo, μπορεί να μετασχηματιστεί, από τους μαθητές, στο συμμετρικό του με χρήση συγκεκριμένου μοτίβου αλλαγών στο πρόγραμμα. Εδώ χρησιμοποιήθηκε ένα

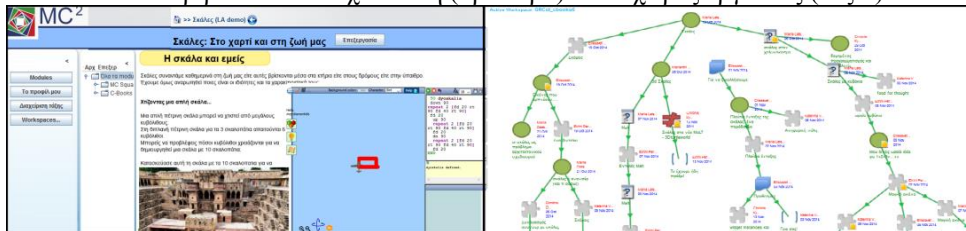
ψηφιακό εργαλείο, η ‘Χελωνόσφαιρα’, που υποστηρίζει τη συμβολική έκφραση με εντολές Logo, σε συνδυασμό με το δυναμικό χειρισμό των σχημάτων.

Η ΕΡΕΥΝΑ

Στην πρώτη φάση της έρευνας, μια ομάδα εκπαιδευτικών διαφόρων ειδικοτήτων (CoI), συμπεριλαμβανομένων και μαθηματικών, ξεκίνησε το σχεδιασμό ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά, έχοντας ως στόχο την υποστήριξη της δημιουργικής σκέψης. Για τον από κοινού σχεδιασμό και το διάλογο μεταξύ τους χρησιμοποίησαν ένα ψηφιακό εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας. Στη δεύτερη φάση της έρευνας το υλικό που δημιουργήθηκε από την CoI χρησιμοποιήθηκε στην τάξη.

Το ψηφιακό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται ‘C-book’ και είναι προϊόν διεθνών συνεργασιών του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (ΕΚΠΙΑ/ΕΕΤ) του Πανεπιστημίου Αθηνών (<http://etl.ppp.uoa.gr>). Η CoI της έρευνας, αλλά και οι μαθητές που συμμετείχαν στην παρέμβαση, χρησιμοποίησαν αυτό το εργαλείο (εικόνα 1), οι μεν ως σχεδιαστές, οι δε ως τελικοί χρήστες. Η τεχνολογία C-book υποστηρίζει διαδικτυακά το σχεδιασμό μονάδων εκπαιδευτικού υλικού, που ονομάζονται ‘C-book units’ και περιέχουν ενσωματωμένα ‘widgets’ από διαφορετικά λογισμικά, παράλληλα με την αφήγηση μιας ιστορίας που εκτυλίσσεται. Με τον όρο ‘widget’ αναφερόμαστε σε αντικείμενα όπως υπερσύνδεσμοι, βίντεο και κυρίως στιγμιότυπα δραστηριοτήτων που είναι κατασκευασμένες με χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών για τα μαθηματικά (π.χ. Geogebra, Χελωνόκοσμος, Χελωνόσφαιρα κτλ). Έτσι, οι ‘σελίδες’ ενός C-book unit, μπορούν να περιέχουν widgets και αφήγηση, μια λειτουργικότητα που υποστηρίζει το σχεδιασμό διαθεματικού υλικού.

Εικόνα 1: Το περιβάλλον του σχεδιαστή (αριστερά) και ο χώρος εργασίας (δεξιά).



Με το C-book, ο σχεδιαστής μπορεί να τοποθετήσει ο ίδιος τα widgets και το κείμενο, όπου ακριβώς θέλει και να καθορίσει την λειτουργικότητά τους στο ‘C-bookunit’, χωρίς να μεσολαβεί εξειδικευμένος προγραμματιστής. Στόχος των παραγόμενων C-bookunits είναι ο τελικός χρήστης (ο μαθητής), μέσα από την ιστορία να πειραματιστεί, να ανακατασκευάσει και να εμπλακεί σε διερευνητικές δραστηριότητες, σχεδιασμένες να ενισχύσουν τη δημιουργική μαθηματική σκέψη (Kynigos, 2015), όπως σημαίνει και το ‘C’ στη λέξη C-book. Το C-book συμπεριλαμβάνει ένα ‘χώρο εργασίας’ (workspace), που αποτελεί ένα εργαλείο ασύγχρονης επικοινωνίας μεταξύ των σχεδιαστών των C-bookunits. Πρόκειται για ένα χώρο, που ο κάθε χρήστης μπορεί να ξεκινήσει ή να

συμμετάσχει σε ένα θέμα συζήτησης. Οι χρήστες συνδέουν το μήνυμά τους δημιουργώντας ‘δέντρα’ συζητήσεων (εικόνα 1). Σε αυτό το εργαλείο δεν έχουν πρόσβαση οι μαθητές.

Το C-bookunit που παράχθηκε, περιείχε widgets από 7 διαφορετικά λογισμικά. Ένα από αυτά τα λογισμικά ήταν και η ‘Χελωνόσφαιρα’ (<http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/>). Πρόκειται για ένα διαδικτυακό περιβάλλον τρισδιάστατης Γεωμετρίας (προϊόν του ΕΚΠΑ/ΕΕΤ) που ενσωματώνει το μαθηματικό συμβολισμό μέσω του προγραμματισμού, με γλώσσα Logo, και το δυναμικό χειρισμό τρισδιάστατων χωρικών αντικειμένων με χρήση ολισθητών. Η ‘χελώνα’ εκτελώντας εντολές κινείται μπροστά και πίσω κατά συγκεκριμένο αριθμό βημάτων, που δηλώνεται μετά την αντίστοιχη εντολή. Στρίβει δεξιά, αριστερά, πάνω, κάτω και περιστρέφεται κατά συγκεκριμένο αριθμό μοιρών. Π.χ. με τη σειρά εντολών ‘μπροστά 10 αριστερά 30 μπροστά 20’ η χελώνα κινείται μπροστά 10 βήματα, στρίβει αριστερά 30 μοίρες και κινείται μπροστά 20 βήματα, σχηματίζοντας με το ίχνος της γωνία 150 μοιρών στον τρισδιάστατο χώρο.

Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην πρώτη φάση της έρευνας (στο σχεδιασμό) συμμετείχαν τρεις μαθηματικοί (M1, M2, M3), δύο δασκάλεις (Δ1, Δ2) και μια εκπαιδευτικός πληροφορικής (Π). Στο χώρο εργασίας ανταλλάχθηκαν πάνω από 120 μηνύματα κειμένου και περισσότερα από 20 ψηφιακά δομήματα μεταξύ των μελών του CoI. Για την κατανόηση και την περιγραφή του ‘τι συνέβη’ χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση κρίσιμων περιστατικών, δηλαδή επιλεγμένων κομματιών της δραστηριότητας και της συζήτησής μεταξύ των εκπαιδευτικών (Daskolia, et. al, 2015). Στη δεύτερη φάση (την έρευνα στην τάξη), η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι αυτή της ‘έρευνας σχεδιασμού’ (‘design experiments’, (Collins et al., 2004)), σχεδιάζοντας και εφαρμόζοντας μια διδακτική παρέμβαση και αναζητώντας για σχέσεις μεταξύ της διαδικασίας μάθησης και της χρήσης του ψηφιακού εργαλείου που χρησιμοποιήσαν οι μαθητές (του C-bookunit). Η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο πληροφορικής Γυμνασίου της Αθήνας, στα πλαίσια του ομίλου μαθηματικών και σε δύο δίωρες συναντήσεις με χρονική απόσταση δύο εβδομάδων μεταξύ τους. Συμμετείχαν οκτώ μαθητές και τρεις ερευνητές. Από τους ερευνητές ένας ήταν μαθηματικός και δύο εκπαιδευτικοί πληροφορικής. Ο μαθηματικός ήταν και καθηγητής των μαθητών και μαζί με την εκπαιδευτικό πληροφορικής συμμετείχαν στην CoI, στην πρώτη φάση της έρευνας. Οι μαθητές ήταν χωρισμένοι σε τέσσερις διμελείς ομάδες. Κάθε ομάδα χειριζόταν έναν Η/Υ. Σημειώνουμε ότι οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με την τεχνολογία ‘C-book’ και τη ‘Χελωνόσφαιρα’. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για την ανάλυση ήταν αρχεία ήχου από όλες τις συνομιλίες, αρχεία εικόνας με χρήση λογισμικού καταγραφής οθόνης, τα παραγόμενα των μαθητών και οι σημειώσεις των ερευνητών.

Με την βιβλιογραφία να υποστηρίζει ότι σε ένα CoI, η διαφορετικότητα μπορεί να γίνει αφορμή για την εμφάνιση δημιουργικότητας, η έρευνα επικεντρώθηκε στα εξής ερωτήματα: Με ποιον τρόπο η διαφορετικότητα των εκπαιδευτικών επηρέασε τον από κοινού σχεδιασμό στην πρώτη φάση; Ποιες πτυχές της λειτουργίας του CoI φαίνεται να

σχετίζονται, με τις ευκαιρίες για δημιουργία νοημάτων από τους μαθητές, στη δεύτερη φάση;

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πρώτη φάση της έρευνας: Ο σχεδιασμός

Η ομάδα των σχεδιαστών επέλεξε, ως κεντρικό θέμα του C-book unit που θα κατασκεύαζε, τις ‘Σκάλες’. Με δική τους απόφαση και στόχο το δημιουργικό-πρωτότυπο αποτέλεσμα έκριναν ότι θα έπρεπε να φτιάξουν μια ιστορία με έντονα στοιχεία διερεύνησης. Η φάση του σχεδιασμού είχε διάρκεια σχεδόν δύο μήνες. Τις πρώτες δύο εβδομάδες περίπου, συμμετείχαν όλοι στη συζήτηση στο χώρο εργασίας, αλλά χωρίς να μπαίνει με ‘επιτυχία’ ο ένας ‘στα χωράφια’ του άλλου. Για παράδειγμα, η δασκάλα Δ2, που ειδικεύεται στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, πρότεινε θέματα για την αφήγηση, που φαίνεται να σχετίζονταν με την ειδικότητά της:

Δ2: Για την ιστορία του C-book unit μπορούμε να στηριχθούμε στα υλικά κατασκευής μιας σκάλας και τη σχέση τους με το περιβάλλον. Επίσης, πολλές φορές, οι σκάλες εξυπηρετούν ανάγκες όπως η προσέγγιση της επιφάνειας του νερού σε φράγματα. Δείτε τις ‘Chand Baori’ (εικόνα 2δ) στην Ινδία.

Οι μαθηματικοί Μ2 και Μ3 απάντησαν στις προτάσεις της με ιδέες για κατασκευή ‘ξύλινων τριγωνικών σκαλιών’, με λογισμικά γεωμετρίας και με ένα widget που ήταν μαθηματικό μοντέλο της χρήσης του ασανσέρ. Ωστόσο, η Δ2 δεν φάνηκε να ανταποκρίνεται στις ιδέες τους, καθώς ήταν σε ασυνέχεια με τις δικές της.

Η Δ1, που ειδικεύεται στην κατασκευή ψηφιακών εργαλείων για τα μαθηματικά πρότεινε ένα πρόγραμμα Logo για τη δημιουργία τρισδιάστατου σκαλοπατιού στη ‘Χελωνόσφαιρα’. Ωστόσο, σε αυτή τη φάση δεν προχώρησε η ιδέα της, παρά μόνο έγινε αφορμή για μεμονωμένες συζητήσεις των μελών για το πρόγραμμα, όπως η εξής:

Δ1: Νομίζω έχει ενδιαφέρον αυτή η κατασκευή τρισδιάστατου σκαλοπατιού στη ‘Χελωνόσφαιρα’. Δείτε τη και πείτε μου.

Μ2: Πολύ ωραία! Μπορείς να φτιάξεις και πιο σύντομο πρόγραμμα με μια αλλαγή στις εντολές.

Αργότερα, η Δ2 πρότεινε κάτι νέο για την αφήγηση του C-book unit, δίνοντας στους μαθηματικούς περισσότερους λόγους να χρησιμοποιήσουν την πρότασή της λέγοντας:

Δ2: Δεν ξέρω αν το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα για τη δημιουργία σκάλας όχι από κυβάκια, αλλά ‘τριγωνικά’ σκαλιά που απλά να κολλούν στον τοίχο. Αυτή είναι μια έξυπνη ενεργειακά λύση.

Στη φάση αυτή η Δ2, μιλώντας για σχήματα, επιχείρησε να γεφυρώσει τις πρακτικές της με των μαθηματικών χρησιμοποιώντας μια γλώσσα πιο κοντά στη δική τους. Ωστόσο, η διαφορετικότητα ακόμα δρούσε ως εμπόδιο και αυτή η προσπάθεια δεν είχε συνέχεια. Η συζήτηση τελείωσε κάπου εκεί χωρίς να παραχθεί κάτι.

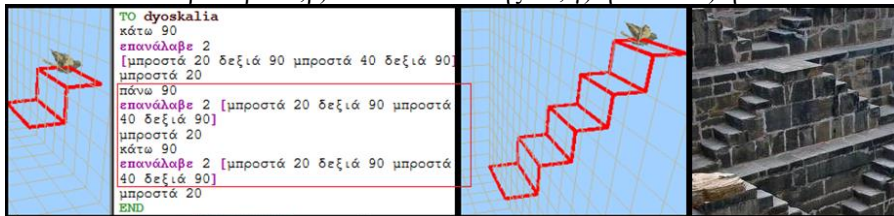
Η διαδικασία του σχεδιασμού βρισκόταν, χρονικά στη μέση, όταν η Μ2 έστειλε ένα μήνυμα με τίτλο ‘Ξεμπλόκαρ’ και συνδύαζε δύο προηγούμενες προτάσεις:

M2: Μου ήρθε μια ιδέα! Να αλλάξουμε και να χρησιμοποιήσουμε το σκαλί της Δ1 στη ‘Χελωνόσφαιρα’, που αναπαριστούσε το τρισδιάστατο σκαλοπάτι, σε συνδυασμό με την ιδέα της Δ2 για σκάλες μέσα σε τεράστια πηγάδια που βυθίζονταν στο νερό (‘Chand Baori’, εικόνα 2δ). Μπορεί να γίνει μια ωραία ενότητα για το C-book unit μας, χωρίς μόνο μαθηματικά.

Δ1: Καλή ιδέα! Έχει αρκετή τρισδιάστατη γεωμετρία, αλλά συνδυάζοντάς το με την ιστορία και εικόνες των Chand Baori, μπορεί οι μαθητές να φτιάξουν πράγματα που δεν περιμένεις.

Φαίνεται ότι η M2, που μέχρι τότε κατασκεύαζε μαθηματικά δομήματα και τα δημοσιοποιούσε στην ομάδα, άλλαξε την πρακτική της. Συνδύασε το σκαλί της Δ1, δηλαδή ένα δόμημα για τα μαθηματικά με την ιστορία του C-book unit και το άλλαξε. Η αντίληψη της σχετικά με το πώς έπρεπε να συνεισφέρει, ώστε να υλοποιηθεί ο σχεδιασμός της ομάδας, άρχισε να μεταβάλλεται. Το ‘σκαλί’ άλλαξε ξανά και η τελική μορφή που πήρε αποτέλεσε μια ολόκληρη ενότητα του C-book, τις σκάλες ‘Chand Baori’, που χρησιμοποίησαν οι μαθητές στην τάξη. Οι δραστηριότητες της ενότητας δεν είχαν μοναδική λύση και, κατά τους σχεδιαστές, οι ενέργειές τους θα ήταν απρόβλεπτες.

Εικόνα 2: Από αριστερά: α,β) το σκαλοπάτι της Δ1, γ) η σκάλα δ) η ‘ChandBaori’.



Δεύτερη φάση της έρευνας: Η εφαρμογή στην τάξη

Στο πρώτο δίωρο, αρχικά οι ερευνητές ζήτησαν από τους μαθητές/τριες να περιηγηθούν στο C-bookunit και στη συνέχεια, ξεκινώντας από την αρχή, να ασχοληθούν με το περιεχόμενό του. Με τον ίδιο τρόπο συνέχισαν και στο δεύτερο δίωρο.

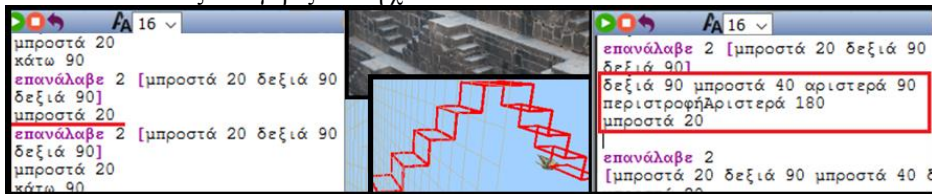
Η ενότητα με τις σκάλες ‘Chand Baori’ ξεκινούσε με το πρόγραμμα Logo που πρότεινε η Δ1 για το τρισδιάστατο σκαλοπάτι (εικόνα 2α,β) και ως πρώτη δραστηριότητα ζητούσε από τους μαθητές να ανακατασκευάσουν το πρόγραμμα, προκειμένου να σχεδιάζει μια μεγαλύτερη σκάλα (εικόνα 2γ). Για να το πετύχουν έπρεπε να ερμηνεύσουν τον κώδικα του σκαλοπατιού και να επαναλάβουν την κατάλληλη ομάδα εντολών (εικόνα 2β, κόκκινο πλαίσιο), τόσες φορές, όσες το πλήθος των σκαλοπατιών που ήθελαν να έχει η σκάλα. Στη συνέχεια υπήρχε μια εικόνα της σκάλας ‘Chand Baori’ και κείμενο με πληροφορίες για αυτήν. Η δεύτερη δραστηριότητα ζητούσε από τους μαθητές/τριες να κατασκευάσουν μια σκάλα ‘Chand Baori’. Ένας τρόπος να το πετύχουν ήταν να μετατρέψουν το πρόγραμμα που έφτιαξαν στη δεύτερη δραστηριότητα, ώστε η χελώνα να φτιάχνει σκάλα ‘κατεβαίνοντας’, αυτή τη φορά.

Τα παιδιά προσπάθησαν, με διαφορετικές στρατηγικές, να πετύχουν τις κατασκευές, χωρίς απαραίτητα όλες να ολοκληρώνονται. Η ανάλυση εστιάζει στις ιδέες των μαθητών δύο ομάδων για τη λύση της δεύτερης δραστηριότητας. Τις ονομάζουμε ομάδες Α και Β και μαθητές/μαθήτριες Α1, Α2 και Β1, Β2 αντίστοιχα. Και οι δύο ομάδες πρότειναν λύσεις που ήταν μοναδικές σε σύγκριση με ό,τι άλλο προτάθηκε στην τάξη. Σκέφτηκαν να αλλάξουν τις εντολές της ‘ανοδικής’ σκάλας (εικόνα 2δ), ώστε να κατασκευάζεται ‘καθοδική’ σκάλα (όπως είπαν). Μετά από αρκετή διερεύνηση και δοκιμές, η ομάδα Α σκέφτηκε να φτιάξει ένα πρόγραμμα ως εξής: Όσο ‘ανέβαινε’ η χελώνα θα εκτελούνταν οι εντολές της πρώτης δραστηριότητας (εικόνα 2β), αλλά για το κατέβασμα της χελώνας θα αντικαθιστούσαν παντού την εντολή ‘πάνω’ με την εντολή ‘κάτω’ και αντίστροφα (εικόνα 3α). Συγκεκριμένα είπαν:

A1: Σκεφτήκαμε να αντικαταστήσουμε όπου λέει ‘πάνω’ με ‘κάτω’ και ‘κάτω’ με ‘πάνω’, ώστε η χελώνα να κινείται πάλι προς τα εκεί (δείχνει από αριστερά προς τα δεξιά στην οθόνη), αλλά κατεβαίνοντας αντί να ανεβαίνει.

A2: Για τον ίδιο αριθμό σκαλοπατιών, εκτελούμε δύο φορές το ίδιο πρόγραμμα με αλλαγή σε αυτές τις εντολές.

Εικόνα 3: Από αριστερά: α) Ομάδα Α: Μετά το ‘μπροστά 20’ όπου ‘πάνω’ έβαλαν ‘κάτω’ κι αντίστροφα, β) η ‘Chand Baori’ και η κατασκευή των μαθητών, γ) Ομάδα Β: Σε κόκκινο πλαίσιο οι εντολές που γυρίζουν τη χελώνα ‘πάνω-κάτω’.



Οι μαθήτριες της ομάδας Β, αφού πειραματίστηκαν αρκετά με τον κώδικα, ακολούθησαν μια άλλη στρατηγική. Αντί να αντικαταστήσουν όλες τις εντολές ‘πάνω’ με ‘κάτω’ για να κατασκευαστεί το καθοδικό κομμάτι της σκάλας, έστειψαν τη χελώνα, γυρίζοντάς την ανάποδα, με την προσθήκη μιας μικρής ομάδας εντολών σε ένα σημείο του κώδικα. Έτσι, από εκεί και μετά, η εντολή ‘κάτω’ προκαλούσε ανοδική κίνησή της χελώνας στον τρισδιάστατο χώρο. Έτσι, χρησιμοποιώντας τον κώδικα της ‘ανοδικής’ σκάλας με τη χελώνα αναποδογυρισμένη, κατασκεύασαν μια ‘καθοδική’ σκάλα:

B1: Αν γυρίσουμε τη χελώνα πάνω-κάτω τότε, όταν θα πηγαίνει πάνω, θα είναι σαν να κατεβαίνει για εμάς.

Εκτιμούμε ότι η Β1 διαχώρισε το ‘πάνω’ του τρισδιάστατου χώρου, από το ‘πάνω’ της χελώνας. Αυτή η ενέργεια είναι ένδειξη ότι χρησιμοποίησε, μια νέα για εκείνη έννοια, αυτή της εσωτερικής γεωμετρίας του αντικειμένου ‘σκάλα’, δηλαδή των εσωτερικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών της, διαχωρίζοντάς τα από τα εξωτερικά της χαρακτηριστικά στον τρισδιάστατο χώρο που την περιβάλλει.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναλύοντας τις ενέργειες των μαθητών/τριών, φαίνεται ότι, μέσα από τις προσπάθειές τους να λύσουν την πρόκληση με τις σκάλες ‘Chand Baori’, δημιούργησαν νοήματα, για τη συμμετρία, με μια ποικιλία που δεν ήταν απαραίτητα αναμενόμενη. Και οι δύο ομάδες κατασκεύασαν μια ‘καθοδική’ σκάλα, συμμετρική με την ‘ανοδική’, με τη χρήση του μαθηματικού φορμαλισμού (κώδικας Logo). Η ομάδα Α χρησιμοποίησε τη συμμετρία του σχήματος με τρόπο που εκφράστηκε από την αμοιβαία αντικατάσταση των εντολών ‘πάνω’ και ‘κάτω’, σε όλες τις γραμμές του προγράμματος που χρειαζόταν (σε κάθε σκαλί). Πρόκειται για μια ιδιότητα ‘ανά σκαλί’ που μοιάζει με έναν μετασχηματισμό σχήματος σημείο-σημείο. Η ομάδα Β χρησιμοποίησε τη συμμετρία ‘καθολικότερα’. Φαίνεται ότι αντιμετώπισε όλη την ‘ανοδική’ σκάλα σαν ένα ενιαίο αντικείμενο (όχι ένα σύνολο σκαλιών) και έκανε έναν καθολικό μετασχηματισμό, με μια ομάδα εντολών, παράγοντας οπτικά το ίδιο αποτέλεσμα (εικόνα 3β,γ). Λόγω της μοναδικότητας των δύο λύσεων στο σύνολο της τάξης, αυτές μπορούν να χαρακτηριστούν ως δημιουργικές, λόγω της πρωτοτυπίας τους. Συνεπώς, στις συνθήκες της έρευνας και με τη χρήση εργαλείου έκφρασης, η δημιουργία νοημάτων από τους μαθητές και η εμφάνιση δημιουργικότητας δείχνουν να συνδέονται.

Κοιτώντας πίσω, στη φάση του σχεδιασμού, η δραστηριότητα με τις ‘Chand Baori’ ήταν το αποτέλεσμα της εξέλιξης του ‘σκαλιού’, ενός δομήματος της Δ1. Το ‘σκαλί’ φαίνεται να έχει διττό ρόλο. Από τη μία, είναι η θεμελιώδης ιδέα για την κατασκευή της δραστηριότητας του C-book unit, που έδωσε ευκαιρίες στους μαθητές, για την ανάπτυξη δημιουργικής σκέψης. Από την άλλη, κατά την αλληλεπίδραση των μελών του CoI, λειτούργησε ως ‘βελτιώσιμο αντικείμενο διαμεσολάβησης’, που με τη χρήση τού άρχισαν να γεφυρώνονται οι διαφορετικές αντιλήψεις εντός του CoI. Μάλιστα αυτή η διαφορετικότητα, στη συνέχεια άρχισε να επηρεάζει θετικά τη δημιουργικότητα του CoI, με το συνδυασμό δύο διαφορετικών ιδεών από τη M2: Του ‘σκαλιού’ με μια ιδέα της Δ2 για την αφήγηση, σε ένα νέο πλαίσιο. Η υλοποίηση αυτών των ήδη εκφρασμένων ιδεών σε νέο περιεχόμενο είναι που μπορεί να χαρακτηριστεί ως πρωτότυπη και να αποτελέσει επιχείρημα υπέρ της εμφάνισης δημιουργικότητας στην ομάδα. Ωστόσο, δεν μπορούμε με βεβαιότητα να πούμε ποιος ήταν ο ‘διαμεσολαβητής’. Πιθανώς να ήταν η Δ1, που έφτιαξε το σκαλί. Λόγω εξειδίκευσης, μπορούσε να ‘μιλήσει καλά’ τη γλώσσα των δασκάλων και των μαθηματικών.

Συνοψίζοντας, μέσα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας φάνηκε ο κρίσιμος ρόλος του ‘διαμεσολαβητή’ και του βελτιώσιμου αντικειμένου διαμεσολάβησης σε δύο άξονες: (α) στη διαδικασία του σχεδιασμού και στο μετασχηματισμό της διαφορετικότητας, από εμπόδιο, σε παράγοντα εμφάνισης ή ενίσχυσης της δημιουργικότητας εντός του CoI και (β) στις ενέργειες των μαθητών που χρησιμοποίησαν το προϊόν του σχεδιασμού, δηλαδή στην εφαρμογή. Συνεπώς, η επιλογή κάποιων μελών με στοιχεία ‘διαμεσολαβητή’ είναι μια παρέμβαση στην σύνθεση μιας ετερογενούς ομάδας, όπως της έρευνας, που ενισχύει τη δημιουργικότητά της. Χωρίς τα συμπεράσματα να γενικεύονται, η μελέτη αντίστοιχων ερατημάτων για ετερογενείς ομάδες εκπαιδευτικών, που σχεδιάζουν διαθεματικό υλικό (π.χ. για το STEM), με

κατάλληλα εργαλεία, μπορεί να δείξει, και εκεί, ποιες παρεμβάσεις μπορούν να μετατρέψουν τη διαφορετικότητα από εμπόδιο σε πλεονέκτημα του σχεδιασμού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary Crossing and Boundary Objects. *Review of Educational Research*, 81(2), 132-169.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczysz, K. (2004). Design Research: Theoretical And Methodological Issues. *The Journal of Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Daskolia, M. (coord) et al. (2015) Operational definitions and criteria for measuring social creativity in the design of digital educational resources for CMT.'Mathematical Creativity Technological Development and Demonstration (FP7), ICT-2013.8.1 "Technologies and scientific foundations in the field of creativity" (Project No. 610467).
- Dubinsky, E. (2000). Meaning and Formalism in Mathematics. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 5, 211-240.
- Fischer, G. (2001). Communities of interest: Learning through the interaction of multiple Knowledge Systems. Paper presented at 24th Annual Information Systems Research Seminar in Scandinavia, Ulvik, Norway.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199-218
- Guin, D., & Trouche, L. (1999). The complex process of converting tools into mathematical instruments: The case of calculators. *The International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(2), 143-165.
- Hoyles, C. (2005). Making Mathematics and Sharing Mathematics: Two Paths to Co-constructing Meaning? Στο *Meaning in Mathematics Education*. New York, USA: Springer.
- Kynigos, C., & Kalogeria, E. (2012). Boundary crossing through in-service online mathematics teacher education: the case of scenarios and half-baked microworlds. *ZDM Mathematics Education*, 44, 733-745.
- Kynigos, C. (2014) Book Review: *The Mathematics Teacher in the Digital Era*, DOI: 10.1007/s10758-014-9219-3. *Journal of Technology, Knowledge and Learning*, Springer, Dordrecht.
- Kynigos, C. (2015). Designing Constructionist E-Books: New Mediations for Creative Mathematical Thinking? *Constructivist Foundations*, 10(3), 305-313.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice learning, meaning and identity*. New York: Cambridge University Press.
- Κυνηγός, Χ. (2006). *Το Μάθημα της Διερεύνησης*. Αθήνα: Ελληνικά γράμματα.
- Κυνηγός, Χ., Διαμαντίδης, Δ. (2014) Διασκευάζοντας μικροπειράματα του Ψηφιακού Σχολείου ως εργαλείο για τον εκπαιδευτικό: Μια περίπτωση σχεδιασμού γύρω από την εξίσωση. Από Χρυσάνθη Σκουμπούρη, Μιχάλης Σκουμιός *Πρακτικά (επ.), Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, Ρόδος 2015.

Περιεκτικότητα διαλύματος & κλίση ευθείας: Μια διδακτική παρέμβαση στο Γυμνάσιο

Βασιλική Γκίτζια ¹ & Δημήτρης Διαμαντίδης ²

¹ 2^ο Πειραματικό Γυμνάσιο Αθήνας, v_gitzia@yahoo.com

² 2^ο Πειραματικό Γυμνάσιο Αθήνας, dimitrd@ppp.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε μια διδακτική παρέμβαση με διεπιστημονικό χαρακτήρα στη Χημεία και στα Μαθηματικά, για τη Β' Γυμνασίου, η οποία αφορά στις έννοιες «περιεκτικότητα διαλύματος στα εκατό βάρος προς όγκο» και «κλίση ευθείας». Η παρέμβαση σχεδιάστηκε αξιοποιώντας το λογισμικό GeoGebra και περιλαμβάνει μια σειρά από διαδραστικές δραστηριότητες-μικροπειράματα, οι οποίες αποτελούνται από εικονικά πειράματα χημείας και μαθηματικές αναπαραστάσεις. Οι μαθητές μέσα από την εκτέλεση μικροπειραμάτων στον Η/Υ διερευνούν, μέσω καθοδηγούμενης ανακάλυψης, τη σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας διαλύματος και της κλίσης ευθείας. Χρησιμοποιώντας τη μαθηματοποίηση προβλημάτων χημείας και τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων στοχεύουμε να διερευνήσουμε τον εμπλουτισμό και τη βαθύτερη κατανόηση των υποκείμενων εννοιών, καθώς και τους συσχετισμούς που φαίνονται οι μαθητές για αυτές, στα πλαίσια μιας διαθεματικής προσέγγισης της γνώσης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: περιεκτικότητα διαλύματος, κλίση ευθείας, αναπαραστάσεις, διαθεματικότητα, διεπιστημονικότητα, ψηφιακά εργαλεία.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ίδια η ονομασία του αναλυτικού προγράμματος σπουδών (ΔΕΠΠΣ/ΑΠΣ: Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών) που ακολουθείται στα Γυμνάσια της Ελλάδας υπογραμμίζει τη διαθεματική (cross-curriculum ή cross-thematic integration) διδακτική προσέγγιση, η οποία προτείνεται και ενυπάρχει σαν μια πιο γενική θεώρηση από τη διεπιστημονικότητα (inter-disciplinary). Αν και το ΔΕΠΠΣ ως δομή διατηρεί τα διακριτά μαθήματα, εντούτοις επιχειρεί να συσχετίσει 'οριζόντια' (διακλαδικά) και 'κατακόρυφα' (ενδοκλαδικά) τις επιμέρους διδακτικές ενότητες (Ματσαγγούρας, 2002). Έτσι, στο ΔΕΠΠΣ συνυπάρχουν οι στόχοι της μεγαλύτερης συνοχής μεταξύ ενοτήτων του ίδιου αντικείμενου και της δημιουργίας ευκαιριών διεπιστημονικής συσχέτισης της γνώσης. Όπως αναφέρει ο Ματσαγγούρας (2002) η διεπιστημονική συσχέτιση βρίσκεται στην αρχή ενός 'διαθεματικού συνεχούς', που αρχίζει με τη διατήρηση των διακριτών μαθημάτων και την ταυτόχρονη αλληλοσυσχέτισή τους και ολοκληρώνεται με την (εν

δυνάμει) κατάργησή τους ως μονάδες οργάνωσης ενός αναλυτικού προγράμματος. Από αυτή τη διεπιστημονική συσχέτιση προκύπτει η ανάγκη της διερεύνησης δυνατότητας κατασκευής υλικού μέσα από διεπιστημονικές συνθέσεις, όπως Μαθηματικών και Χημείας, αλλά και της μελέτης της εφαρμογής του υλικού στην τάξη.

Κοιτάζοντας παράλληλα την διδακτική έρευνα, δεν είναι νέα η αντίληψη ότι για την κατανόηση των φυσικών νόμων είναι κρίσιμη η σύνδεση τους με το αντίστοιχο μαθηματικό περιεχόμενο από τους μαθητές, χωρίς αυτή η σύνδεση να είναι επιφανειακή, αλλά να συνοδεύεται από τη δυνατότητα να επεξηγούν το συναφές μαθηματικό μοντέλο (Sherin, 2001). Ένα πρώτο ζήτημα είναι πώς αυτή η σύνδεση μπορεί να ενισχυθεί με διδακτικά μέσα; Δηλαδή, με ποιον τρόπο, μπορεί να προσεγγιστεί η ‘πραγματικότητα’ που περιγράφουν οι φυσικές επιστήμες, όπως η Χημεία, με τη χρήση των αφηρημένων μαθηματικών εννοιών; Σύμφωνα με τη Moreno (2011), η συνδυαστική χρήση ρεαλιστικών αναπαραστάσεων (όπως το σκίτσο ενός υγρού σώματος σε δοχείο) και αφηρημένων αναπαραστάσεων (όπως η γραφική παράσταση της περιεκτικότητας ενός διαλύματος) μπορεί να κάνει πιο σαφείς τις ιδιότητες των υποκείμενων σωμάτων. Μέχρι στιγμής, οι απαντήσεις της έρευνας στο παραπάνω ερώτημα εστιάζουν κυρίως στη λειτουργική χρήση των μαθηματικών αναπαραστάσεων για την επίλυση προβλημάτων χημείας (Kostic et al., 2015). Ωστόσο, η έρευνα μπορεί να επικεντρωθεί ακόμα πιο εστιασμένα σε ερωτήματα εννοιολογικής κατανόησης. Υπό αυτή την οπτική γωνία διατυπώνεται πιο συγκεκριμένα το ερώτημα: Πώς μπορεί η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων να ενισχύσει τη σύνδεση μαθηματικών και χημικών εννοιών; Έρευνες στο πεδίο των Μαθηματικών έχουν δείξει ότι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις για μαθηματικές έννοιες συμβάλλουν στη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών αυτών (Zazkis & Liljedahl, 2004) και, αντίστοιχα, έρευνες στον τομέα της Χημείας έχουν δείξει ότι οι πολλαπλές χημικές αναπαραστάσεις βοηθούν στην εννοιολογική κατανόηση των χημικών εννοιών (Chiu & Wu, 2009). Συνεπώς, προκύπτει ένα δεύτερο ζήτημα εννοιολογικής υφής: αν και πώς ο από κοινού σχεδιασμός στα δύο μαθήματα μπορεί να έχει προστιθέμενη αξία στην κατανόηση τόσο των μαθηματικών όσο και των χημικών εννοιών από τους μαθητές;

Με αυτό το σκεπτικό σχεδιάσαμε από κοινού εκπαιδευτικό υλικό για τη Χημεία και τα Μαθηματικά και υλοποιήσαμε σχετική διδακτική παρέμβαση στη Β' Γυμνασίου του 2^{ου} Πειραματικού Γυμνασίου Αθηνών.

ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Για το σχεδιασμό της παρέμβασης από πλευράς Μαθηματικών η κεντρική έννοια που διαπραγματευτήκαμε ήταν η κλίση μιας ευθείας. Η κλίση είναι μία γεωμετρική έννοια με αλγεβρικά χαρακτηριστικά και στην Β' Γυμνασίου έχει κεντρική θέση. Προβάλλοντας τη θεώρηση του Tall, ο ορισμός της έννοιας της κλίσης (concept definition) είναι κυρίως αλγεβρικός (πηλίκο y/x ή απέναντι και προσκείμενης κάθετης πλευράς). Παράλληλα, οι μαθητές μέσω της αντιληπτικής τους εμπειρίας σχηματίζουν και την 'εικόνα της έννοιας' (concept image) μέσα από τη συνύπαρξη νοητικών εικόνων και εξωτερικών αναπαραστάσεων (Tall, 2004). Για παράδειγμα, η κλίση αντιστοιχεί τυπικά στο λόγο y/x ,

ενώ εμπειρικά αντιστοιχεί σε μια νοητική εικόνα 'ανηφόρας' ή οξείας γωνίας που σχηματίζεται σε τρίγωνο (Goldin & Kaput, 1996). Συχνά, όμως, η κλίση είναι δυνατόν να εκφράζει ρυθμό μεταβολής ή την περιεκτικότητα ενός συστατικού σε ένα διάλυμα, περιπτώσεις με τις οποίες η νοητική εικόνα της γωνίας δεν βρίσκεται σε άμεση αντιστοιχία. Τότε είναι επιθυμητό να υπάρξουν μαθησιακά περιβάλλοντα που θα δώσουν την ευκαιρία στους μαθητές να πλουτίσουν τις νοητικές τους εικόνες για την έννοια της κλίσης και ταυτόχρονα να δημιουργήσουν προσωπικά νοήματα (Κυνηγός, 2006) που να είναι κοντά στην αφηρημένη μαθηματική έννοια. Έτσι, κατά τον Fischbein (1993), το εννοιολογικό μέρος της έννοιας εμπλουτίζεται με πιο σύνθετες νοητικές εικόνες.

Συνεπώς, αναζητήσαμε μια έννοια Χημείας που να μοντελοποιείται από την κλίση της ευθείας και να μην αντιστοιχεί ευθέως στην νοητική αναπαράσταση της 'ανηφόρας'. Μια τέτοια περίπτωση είναι η περιεκτικότητα διαλύματος στα εκατό βάρος προς όγκο (% w/v). Ιδιαίτερα, η δυναμική αναπαράσταση της έννοιας (με μεταβλητή ποσότητα διαλύματος, διαλύτη και διαλυμένης ουσίας) θα προσέφερε ευκαιρίες για το μαθησιακό περιβάλλον που προσδοκούσαμε, καθώς είναι 'ρεαλιστική' για το μάθημα της Χημείας και συμβατή με την επιστημολογική προσέγγιση των 'γενικευμένων σχημάτων'. Τα αντικείμενα γύρω από τα οποία χτίζεται το οικοδόμημα των γεωμετρικών εννοιών είναι γενικευμένα σχήματα, σε αντίθεση με τα σχήματα σε ένα βιβλίο ή τον πίνακα της τάξης που είναι στατικά στιγμιότυπα τέτοιων γενικευμένων σχημάτων. Κατά τον ίδιο τρόπο, μια μεταβλητή-γενικευμένη γωνία (ή η περιεκτικότητα ενός μεταβλητού διαλύματος στην περίπτωσή μας) εκφράζει αυθεντικότερα την αφηρημένη έννοια της κλίσης. Ο σχεδιασμός μιας τέτοιου τύπου δραστηριότητας ήταν εφικτός με τη χρήση ενός ψηφιακού εργαλείου. Συνεπώς, με τη χρήση ενός λογισμικού δυναμικής γεωμετρίας αποφασίσαμε να σχεδιάσουμε μια 'προσομοίωση' αραίωσης και συμπύκνωσης ενός διαλύματος, στο οποίο να μεταβάλλεται ο όγκος του. Με βάση αυτόν το 'μικρόκοσμο' (Κυνηγός, 2007) σχεδιάσαμε 'μικροπειράματα' αραίωσης και συμπύκνωσης διαλυμάτων με κατάλληλα ερωτήματα, ώστε οι μαθητές να θέσουν σε χρήση την έννοια της κλίσης ως ρυθμό μεταβολής.

Από πλευράς Χημείας η έννοια που διαπραγματευτήκαμε ήταν η περιεκτικότητα διαλύματος στα εκατό βάρος προς όγκο (%w/v). Οι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί την έννοια αυτή σε προηγούμενα μαθήματα και ο στόχος της παρούσας διδασκαλίας ήταν να δημιουργήσουμε ευκαιρίες για τους μαθητές να εργαστούν με πολλαπλές αναπαραστάσεις πάνω στην έννοια, ώστε να οδηγηθούν σε βαθύτερη κατανόηση αυτής. Ο συλλογισμός αυτός βασίζεται στο ότι η εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνει την ικανότητα να σκέφτεται το άτομο ταυτόχρονα σε μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο και, συνεπώς, να είναι σε θέση να «μεταφράζει» χημικές αναπαραστάσεις από το ένα επίπεδο στο άλλο (Cheng & Gilbert, 2009). Αρκετές έρευνες στη Διδακτική της Χημείας έχουν τεκμηριώσει επαρκώς ότι κατά τη διδασκαλία της Χημείας πρέπει να δίνεται έμφαση στη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων και στη σύνδεση μεταξύ των διαφορετικών αναπαραστάσεων (Chiu & Wu, 2009). Έρευνες έχουν δείξει, επίσης, ότι οι μαθητές που είναι σε θέση να χρησιμοποιούν επιτυχώς τις συμβολικές αναπαραστάσεις, να κατασκευάζουν περισσότερες από μία αναπαραστάσεις

για ένα πρόβλημα και να κάνουν αλληλομετατροπές μεταξύ των αναπαραστάσεων, είναι πιο επιτυχημένοι στην επίλυση προβλημάτων χημείας (Bodner & Domin, 1996).

Η παρούσα διδασκαλία αναφέρεται σε δύο επίπεδα της Χημείας: μακροσκοπικό και συμβολικό. Το μακροσκοπικό επίπεδο περιλαμβάνει φαινόμενα σχηματισμού, αραίωσης, συμπύκνωσης και ανάμειξης διαλυμάτων, μέσα από εικονικά πειράματα που κατασκευάσαμε στο λογισμικό. Το συμβολικό επίπεδο περιλαμβάνει τις γραφικές παραστάσεις όγκου διαλύματος σε συνάρτηση με τη μάζα της διαλυμένης ουσίας, οι οποίες από άποψη Χημείας ανήκουν στις συμβολικές αναπαραστάσεις. Να επισημάνουμε ότι οι μαθητές δεν έχουν εισαχθεί ακόμη στο μικροσκοπικό επίπεδο και γι' αυτό δεν γίνεται αναφορά σε αυτό. Η διδασκαλία επικεντρώθηκε: α) στη σύνδεση του μακροσκοπικού με το συμβολικό επίπεδο, β) στη χρήση και στην ερμηνεία των αναπαραστάσεων και γ) στη χρησιμοποίηση πολλαπλών εργαλείων για την επίλυση ασκήσεων, τόσο από το πεδίο της Χημείας όσο και από το πεδίο των Μαθηματικών.

Η ΕΡΕΥΝΑ

Στόχοι, Υποθέσεις και Ερευνητικά Ερωτήματα

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρέμβαση που παρουσιάζουμε στόχευε από πλευράς Μαθηματικών στον εμπλουτισμό της εικόνας της έννοιας της κλίσης και από πλευράς Χημείας στη βαθύτερη κατανόηση της έννοιας της περιεκτικότητας. Θεωρούμε ότι ξεκινώντας από ένα πρόβλημα χημείας και πηγαίνοντας προς τη μαθηματοποίηση του οι μαθητές θα συνέδεαν τη γραφική παράσταση της ευθείας με το συντελεστή κλίσης, το οποίο ξαναγυρνώντας στη Χημεία θα τους βοηθούσε να συνδέσουν τη μακροσκοπική (εικονικό πείραμα) με τη συμβολική αναπαράσταση (γραφική παράσταση και αλγεβρικά σύμβολα), με αποτέλεσμα να αποκτήσουν μια πιο ολιστική γνώση της περιεκτικότητας. Στη συνέχεια, ξαναγυρίζοντας στα μαθηματικά, η πιο σαφής εικόνα των μαθητών για την περιεκτικότητα θα μπορούσε να τροφοδοτήσει εκ νέου τις εσωτερικές αναπαραστάσεις και την εικόνα της έννοιας 'κλίση'.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που διαμορφώθηκαν είναι τα εξής:

- Σε ποιο βαθμό και με ποιον τρόπο θα βοηθήσει η συγκεκριμένη διεπιστημονική παρέμβαση με τη χρήση δυναμικών αναπαραστάσεων στον εμπλουτισμό της γνώσης των επί μέρους εννοιών στη Χημεία και στα Μαθηματικά;
- Τα ενδεχόμενα μαθησιακά αποτελέσματα από την 'αλληλεπίδραση' εννοιών Μαθηματικών και Χημείας, αναδεικνύουν άλλες 'κοινές' πτυχές των εννοιών αυτών και κάτω από ποια θεώρηση;

Μέθοδος και Συλλογή Δεδομένων

Μεθοδολογικά ακολουθήσαμε την έρευνα παρέμβασης. Η εφαρμογή έγινε σε συνθήκες σχολικής τάξης, μέσα στο ωρολόγιο πρόγραμμα, στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων των μαθητών (Κυνηγός, 2006). Ο ρόλος μας ήταν διττός. Από τη μία είχαμε το ρόλο του εκπαιδευτικού, παρεμβαίνοντας μόνο επικουρικά κυρίως σε θέματα τεχνολογίας και από την άλλη του ερευνητή παρατηρητή.

Τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήσαμε για τη συλλογή των δεδομένων είναι τα εξής: *φύλλο εργασίας* και *παρατήρηση*. Η διεξαγωγή της διαθεματικής διδασκαλίας συνοδευόταν από κατάλληλα σχεδιασμένο φύλλο εργασίας, το οποίο καθοδηγούσε τους μαθητές και περιελάμβανε ερωτήματα ανοικτού τύπου, τα οποία καλούνταν να απαντήσουν. Τα ερωτήματα αυτά αποτέλεσαν το κύριο εργαλείο της έρευνάς μας για τη συλλογή των δεδομένων. Συμπληρωματικά, αντήσαμε δεδομένα κατά την παρατήρηση σύμφωνα με τους παρακάτω δείκτες: Ομαλή διεξαγωγή μαθήματος, συνεργασία στη μάθηση και αποφάσεις εκπαιδευτικού. Μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης δώσαμε στους μαθητές ένα ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιούμε στο σχολείο μας για την αξιολόγηση των διαθεματικών διδασκαλιών.

Περιγραφή Διαθεματικής Διδασκαλίας – Φύλλο Εργασίας

Για τον σχεδιασμό της διδασκαλίας αξιοποιήθηκε το λογισμικό GeoGebra. Σε έρευνα διδακτικής παρέμβασης στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση (Kostic et al., 2015) που αφορούσε τα διαλύματα, υποστηρίχθηκε ότι ανάλογη χρήση του GeoGebra θα είχε νόημα και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η διδασκαλία εφαρμόστηκε σε 27 μαθητές του 2^{ου} Πειραματικού Γυμνασίου Αθηνών, οι οποίοι εργάστηκαν σε ομάδες των 2-3 ατόμων στο Εργαστήριο Πληροφορικής του σχολείου. Στους μαθητές δόθηκε φύλλο εργασίας το οποίο χρησιμοποίησαν για την εκτέλεση μιας σειράς από δραστηριότητες και η μέθοδος διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκε ήταν η καθοδηγούμενη ανακάλυψη. Κατά τη διδασκαλία οι καθηγητές είχαν εποπτικό ρόλο και επενέβαιναν μόνο όταν οι μαθητές ζητούσαν βοήθεια.

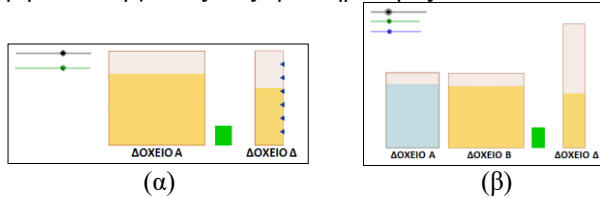
Η κάθε δραστηριότητα είναι διαδραστική και αφορά ένα μικροπείραμα που είναι προσομοίωση ενός πειράματος χημείας. Οι μαθητές εκτελούν τα μικροπείραμα χρησιμοποιώντας το λογισμικό και στη συνέχεια απαντούν σε μία σειρά από ερωτήματα. Στη διδασκαλία περιλαμβάνονται 2 εισαγωγικές και 3 κύριες δραστηριότητες διαβαθμισμένης δυσκολίας. Το φύλλο εργασίας σχεδιάστηκε προσεκτικά ώστε σε όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας οι μαθητές να συνδυάζουν τις γνώσεις τους στη χημεία και στα μαθηματικά, να εξάγουν οι ίδιοι τους συσχετισμούς μεταξύ των μακροσκοπικών αναπαραστάσεων στη χημεία με τις αντίστοιχες μαθηματικές αναπαραστάσεις και τελικά να συνδέσουν τις υποκείμενες έννοιες στα δύο μαθήματα.

Εισαγωγικές Δραστηριότητες της Διδασκαλίας

Οι 2 πρώτες εισαγωγικές δραστηριότητες περιλαμβάνουν μόνο το σκέλος των εικονικών πειραμάτων και έχουν σκοπό να εξοικειώσουν τους μαθητές με το περιβάλλον του λογισμικού (Εικ. 1). Παράλληλα, θέλαμε να τις αξιοποιήσουμε, ώστε να αναδείξουμε, στη συνέχεια της διδασκαλίας, τη χρησιμότητα των μαθηματικών αναπαραστάσεων και την αναγκαιότητα συσχετισμού τους με τα φαινόμενα της χημείας. Για το λόγο αυτό σχεδιάσαμε τα μοντέλα των εν λόγω μικροπειραμάτων, ώστε να μην παρέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και έτσι οι μαθητές να μην μπορούν να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα με μονοσήμαντο τρόπο. Όπως θα δούμε παρακάτω, οι κύριες δραστηριότητες

περιλαμβάνουν επιπλέον μαθηματικά δεδομένα που καθιστούν δυνατή την ολοκληρωμένη ερμηνεία των φαινομένων.

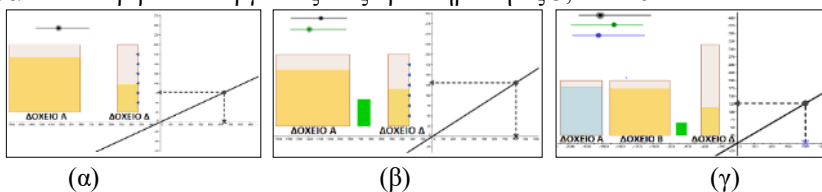
Εικόνα 1: Το περιβάλλον εργασίας στις δραστηριότητες 1 και 2.



Κύριες Δραστηριότητες της Διδασκαλίας

Η 3^η, η 4^η και η 5^η δραστηριότητα αποτελούνται από ένα εικονικό πείραμα και μία μαθηματική αναπαράσταση (Εικ. 2). Παρακάτω περιγράφουμε αναλυτικά την 3^η δραστηριότητα, ώστε να δείξουμε το σκεπτικό της διδασκαλίας. Στο μικροπείραμα της 3^{ης} δραστηριότητας υπάρχουν δύο δοχεία Α και Δ, ένας μεταβολέας και η γραφική παράσταση του όγκου του διαλύματος στο δοχείο Δ (άξονας x) σε συνάρτηση με τη μάζα της διαλυμένης ουσίας σε αυτό (άξονας y) (Εικ. 2α). Το σενάριο του μικροπείραματός είναι ότι μετακινώντας τον μεταβολέα μεταφέρεται διάλυμα ορισμένης περιεκτικότητας από το δοχείο Α στο δοχείο Δ και παράλληλα μετακινείται το σημείο της γραφικής παράστασης, ώστε κάθε φορά να αντιστοιχεί στον όγκο του υγρού στο δοχείο Δ και στη μάζα της διαλυμένης ουσίας σε αυτό. Οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν τα ακόλουθα ερωτήματα. Με το ερώτημα α): «Τι μπορεί να μεταβάλει ο γκρι μεταβολέας;» οι μαθητές αναμένουμε να διαπιστώσουν ότι ο μεταβολέας μεταβάλλει τον όγκο των υγρών στα Δοχεία Α και Δ και ταυτόχρονα μετακινείται το σημείο της γραφικής παράστασης. Το ερώτημα β): «Αν το διάλυμα στο δοχείο Δ έχει όγκο 600 mL, τότε ποια είναι η μάζα της διαλυμένης ουσίας που περιέχεται σε αυτό;» προχωράει ένα βήμα παρακάτω και οδηγεί τους μαθητές να ερμηνεύσουν τη γραφική παράσταση και να τη συσχετίσουν με το φαινόμενο. Να επισημάνουμε ότι το μικροπείραμα σχεδιάστηκε ώστε η μάζα της διαλυμένης ουσίας στα 600 mL διαλύματος να μην μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια από τη γραφική παράσταση, αλλά κατά προσέγγιση με το μάτι. Με τα ερωτήματα γ) και δ): «Μπορείτε να υπολογίσετε την %ω/ν περιεκτικότητα του διαλύματος στο δοχείο Δ;» και «Μπορείτε με μεγαλύτερη ακρίβεια να απαντήσετε το ερώτημα γ);» καθοδηγούμε τους μαθητές να συνδυάσουν τις γνώσεις τους στη χημεία και στα μαθηματικά.

Εικόνα 2: Το περιβάλλον εργασίας στις δραστηριότητες 3, 4 και 5.



Αναμένουμε να υπολογίσουν την περιεκτικότητα χρησιμοποιώντας τη γραφική παράσταση με δύο τρόπους: Είτε μετακινώντας τον μεταβολέα ώστε ο όγκος του διαλύματος να είναι 100 mL και να υπολογίσουν την αντίστοιχη μάζα της διαλυμένης ουσίας απ' ευθείας από τη γραφική παράσταση. Σε αυτή την περίπτωση ο υπολογισμός θα είναι κατά προσέγγιση, γιατί σχεδιάσαμε το μοντέλο ώστε να μην αντιστοιχεί ακριβώς. Ο δεύτερος και πιο ακριβής τρόπος είναι να αντλήσουν δεδομένα από τη γραφική παράσταση –από σημεία στα οποία υπάρχει ακριβής αντιστοιχία τιμών για το x και το y – και να υπολογίσουν την περιεκτικότητα με έναν από τους παραδοσιακούς τρόπους που χρησιμοποιούν για να επιλύουν παρόμοιες ασκήσεις (π.χ. μέθοδος των τριών, πινακίκι με ανάλογα ποσά). Με τα ερωτήματα ε), στ) και ζ): *«Παρατηρήστε αν μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας προσθέτοντας διάλυμα από το δοχείο Α στο δοχείο Δ», «Να βρείτε την εξίσωση της ευθείας» και «Μπορείτε να καταλάβετε τι εκφράζει η κλίση της ευθείας;»* στρέφουμε την προσοχή των μαθητών στην κλίση και τους κατευθύνουμε να παρατηρήσουν ότι καθώς μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος η κλίση παραμένει σταθερή. Συγκρίνοντας την εξίσωση της ευθείας με την περιεκτικότητα του διαλύματος αναμένουμε να συμπεράνουν ότι η κλίση της ευθείας αντιστοιχεί στην περιεκτικότητα του διαλύματος.

Στην 4^η δραστηριότητα το σκεπτικό είναι ανάλογο. Εδώ, υπάρχουν τα δοχεία Α και Δ, ένα πράσινο στερεό σώμα, δύο μεταβολείς και η γραφική παράσταση του όγκου του διαλύματος σε συνάρτηση με τη μάζα της διαλυμένης ουσίας στο δοχείο Δ (Εικ. 2β). Το σενάριο είναι ότι μετακινώντας τους μεταβολείς μπορούμε να χρησιμοποιούμε το υγρό του Δοχείου Α (το οποίο περιέχει διαλύτη) και τη στερεή πράσινη ουσία για να σχηματίσουμε ένα διάλυμα στο Δοχείο Δ. Παράλληλα με την εκτέλεση του μικροπειράματος μετακινείται και το σημείο της γραφικής παράστασης, ώστε να αντιστοιχεί στον όγκο του διαλύματος και στη μάζα της διαλυμένης ουσίας στο δοχείο Δ κάθε στιγμή. Αρχικά, με ερωτήματα όπως *«Τι συμβαίνει με τη χρήση του κάθε μεταβολέα;»* και *«Αφού ξαναδείτε τη Δραστηριότητα 1, μπορείτε να καταλάβετε τι περιέχει το δοχείο Α και τι είναι το πράσινο σώμα;»* κατευθύνουμε τους μαθητές να ερμηνεύσουν το φαινόμενο και τα μαθηματικά δεδομένα και να τα συσχετίσουν μεταξύ τους. Στη συνέχεια, ακολουθούν κλιμακωτά ερωτήματα, όπως: *«Παρατηρείστε πώς μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας και δώστε μία εξήγηση στην περίπτωση που διατηρούμε σταθερό τον γκρι μεταβολέα και μεταβάλλουμε μόνο τον πράσινο μεταβολέα.»*, τα οποία κατευθύνουν την προσοχή των μαθητών εναλλάξ στον τρόπο που μεταβάλλεται η περιεκτικότητα του διαλύματος Δ και η κλίση της ευθείας, ώστε να οδηγηθούν στο συσχετισμό των δύο εννοιών. Τέλος, ακολουθούν ερωτήματα τα οποία οδηγούν τους μαθητές στην απόδειξη ότι η κλίση της ευθείας αντιστοιχεί στην περιεκτικότητα του διαλύματος.

Στην 5^η δραστηριότητα (Εικ. 2γ) έχουμε προσθέσει έναν παραπάνω βαθμό δυσκολίας. Υπάρχουν δύο Δοχεία Α και Β και η στερεή πράσινη ουσία, τα οποία χρησιμοποιούμε για να σχηματίσουμε ένα νέο διάλυμα στο Δοχείο Δ. Η επιπλέον δυσκολία είναι ότι το δοχείο Β περιέχει διάλυμα και έτσι έχουμε επιπλέον το φαινόμενο της ανάμειξης διαλυμάτων. Και εδώ οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε μία σειρά κλιμακωτών ερωτημάτων.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τα δεδομένα μας προέκυψε ότι στις δραστηριότητες 1 και 2 οι περισσότερες ομάδες μαθητών παρατήρησαν την ασάφεια των ερωτημάτων και είτε έδειξαν τη δυσανεμία τους επειδή δεν μπορούσαν να απαντήσουν κάτι μονοσήμαντο, είτε απάντησαν ότι «δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα» και προχώρησαν στις επόμενες. Μετά από διερεύνηση και πειραματισμό με τα μικροπειράματα οι μαθητές απάντησαν πιο εύκολα στις δραστηριότητες 3 και 4, ερμήνευσαν με επιτυχία και χρησιμοποίησαν τις μαθηματικές αναπαραστάσεις σε συνδυασμό μεταξύ τους. Χαρακτηριστικά, μια μαθήτρια αφού υπολόγισε μέσω της γραφικής παράστασης την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας, ρώτησε «*δε χρειάζεται τώρα να το βρω και με πράξεις, έτσι;*», εννοώντας με εφαρμογή του τύπου της ευθείας. Με την ερώτηση αυτή φαίνεται πώς συνδέσε τις δύο αναπαραστάσεις, γραφική και αλγεβρική, προσδίδοντας ισχύ επαρκούς λύσης στη χρήση της γραφικής παράστασης. Στη συνέχεια, αφού είχε γίνει σαφές τι συμβόλιζε το μικροπείραμα, μέσω της χρήσης των γραφικών παραστάσεων, οι ίδιοι οι μαθητές ρώτησαν αν έπρεπε να γυρίσουν στις δραστηριότητες 1 και 2 και να απαντήσουν τα ερωτήματα που δεν μπορούσαν προηγουμένως. Κάποιοι συσχέτισαν τις υποκείμενες έννοιες μεταξύ τους και χρησιμοποίησαν επιχειρήματα όπως «*η κλίση της ευθείας μικραίνει, άρα μικραίνει και η περιεκτικότητα του διαλύματος*», το οποίο κατά την άποψή μας αποτελεί ένδειξη σύνδεσης της συμβολικής αναπαράστασης με την μακροσκοπική. Ωστόσο, κάποιοι άλλοι επικεντρώθηκαν περισσότερο στα επιφανειακά χαρακτηριστικά των αναπαραστάσεων αναφέροντας για παράδειγμα ότι «*η κλίση της ευθείας μεταβάλλεται γιατί το y μεταβάλλεται, ενώ το x παραμένει σταθερό*», χωρίς να κάνουν σύνδεση με τις χημικές έννοιες. Τη δραστηριότητα 5 την επεξεργάστηκαν λίγοι μαθητές, λόγω έλλειψης χρόνου, το οποίο θα το λάβουμε υπόψη στο μελλοντικό ανασχεδιασμό της παρέμβασης.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως φάνηκε, υπήρξαν περιπτώσεις που οι αναπαραστάσεις χρησιμοποιήθηκαν από τους μαθητές για να απαντήσουν στα ερωτήματα, αλλά και για να διαλευκάνουν τα φαινόμενα. Από πλευράς Μαθηματικών, οι λειτουργικότητες των εργαλείων, όπως ο δυναμικός χειρισμός, ενδυνάμωσαν την ισχύ των μαθηματικών αναπαραστάσεων στην αντίληψη των μαθητών. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση που η χρήση της γραφικής παράστασης θεωρήθηκε ως έγκυρος τρόπος λύσης του προβλήματος, ισοδύναμος με αλγεβρικούς χειρισμούς, που εν γένει οι μαθητές εμπιστεύονται περισσότερο. Κοιτάζοντας το ζήτημα από πλευράς Χημείας, βλέπουμε ότι οι μαθητές, αφού έλυσαν τις δραστηριότητες 3 και 4, ζήτησαν να επιστρέψουν στις 1 και 2. Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι στις 1 και 2 το φαινόμενο είναι ασαφές, ενώ στις 3 και 4, τα εικονικά σώματα/διαλύματα αντιστοιχούν σε δυναμικές αναπαραστάσεις μαθηματικών αντικειμένων. Έτσι, οι μαθητές έχοντας χρησιμοποιήσει αυτές τις αναπαραστάσεις και έχοντας ερμηνεύσει στο πλαίσιο της Χημείας τη συμπεριφορά τους, επιστρέφουν στις πρώτες δραστηριότητες και ερμηνεύουν το ασαφές φαινόμενο. Βλέπουμε λοιπόν ότι χρησιμοποιούν τα μαθηματικά αντικείμενα, δηλαδή συμβολικές αναπαραστάσεις, όπως εντάσσονται με χρήση τεχνολογίας, όχι μόνο για τη λύση αλλά και για να ερμηνεύσουν μια ασαφή κατάσταση (χημικό φαινόμενο).

Επίσης, η άμεση συσχέτιση της κλίσης της ευθείας με την περιεκτικότητα του διαλύματος μπορεί να ενισχύσει την εικόνα της έννοιας της κλίσης. Αυτό παρατηρήθηκε έντονα, αφού οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη μεταβολή της κλίσης ως επιχείρημα για να χαρακτηρίσουν ένα διάλυμα ως αραιότερο ή πυκνότερο, λέγοντας αυτό ακριβώς, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Μπορούμε να πούμε ότι η χρήση της μεταβολής της κλίσης, ως ένδειξη για μια άλλου είδους μεταβολή στο πλαίσιο ενός φυσικού φαινομένου (π.χ. αραιώση), εμπλουτίζει την ίδια την έννοια της κλίσης. Δηλαδή, παρατηρούμε ότι μέσω της χρήσης της κλίσης, δεν αντιμετωπίστηκε μόνο το πρόβλημα του φαινομένου της Χημείας. ‘Επιστρέφοντας’ στα Μαθηματικά, επιπροσθέτως, είχε ήδη ενισχυθεί η εννοιολογική κατανόηση της κλίσης από τους μαθητές, καθώς συσχετίζεται με την ευρύτερη έννοια ή με το ‘θέμα’ της ‘Μεταβολής’. Με αυτό το σκεπτικό μπορούμε να δούμε τέτοιου είδους διδακτικές παρεμβάσεις να αντιστοιχούν όχι σε συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα, αλλά υπό το πρίσμα ευρύτερων εννοιολογικών πεδίων (Vergnaud, 1991).

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι από την αξιολόγηση της διαθεματικής διδασκαλίας από τους μαθητές, προέκυψε ότι ενώ σε κάποιους μαθητές η διερεύνηση του ασαφούς μοντέλου φάνηκε ενδιαφέρουσα, σε κάποιους άλλους η ασάφεια του «*τι συμβόλιζε το πράσινο σώμα*» (η διαλυμένη ουσία) ήταν αρνητικό στοιχείο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία αναλύθηκε η εφαρμογή μιας διεπιστημονικής διδακτικής παρέμβασης Χημείας και Μαθηματικών, με χρήση δυναμικών αναπαραστάσεων. Από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα αφορούσαν και τα δύο αντικείμενα. Πιθανώς, οι μαθητές να χρειάζονταν περισσότερο χρόνο για τη διερεύνηση. Ωστόσο, στο διαθέσιμο χρόνο, από τη μία έγινε σαφέστερη στους μαθητές η χρήση των μαθηματικών εννοιών και οι αντίστοιχες συμβολικές αναπαραστάσεις στη λύση και ερμηνεία ενός φαινομένου χημείας. Από την άλλη, μέσω αυτής της χρήσης φαίνεται να έγιναν βήματα προς την πληρέστερη εννοιολογική κατανόηση από τους μαθητές των μαθηματικών εννοιών. Μέσω των συνδέσεων εννοιών Μαθηματικών και Χημείας, στο συγκεκριμένο πρόβλημα διαλυμάτων, αναδείχθηκαν οι κοινές τους αναφορές στο ευρύτερο θέμα - εννοιολογικό πεδίο της ‘Μεταβολής’. Επομένως, θα είχε ενδιαφέρον σε επόμενες έρευνες να διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης των εννοιολογικών πεδίων σε σχέση με το σχεδιασμό διαθεματικών διδασκαλιών.

Η Διδακτική των δύο αντικειμένων μας βοήθησε στο σχεδιασμό της παρέμβασης και στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, υπήρξαν περιπτώσεις που οι διαφορές στην ορολογία χρειάστηκαν την από κοινού ερμηνεία μας για να συνεχίσουμε. Συνεπώς, εγείρεται ένα ενδιαφέρον ερώτημα: Μέχρι ποιο βαθμό θα μπορούσε να αναπτυχθεί μια ‘κοινή γλώσσα’ μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων με στόχο τον από κοινού σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων; Η διερεύνησή του, κατά τη γνώμη μας, σχετίζεται με την παραγωγή ενός αυθεντικά διαθεματικού προγράμματος σπουδών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bodner, G. and Domin, D. (1996). The Role of Representations in Problem Solving in Chemistry. *On-Line Symposium*.
- Cheng, M. & Gilbert, J.K. (2009). Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education. In Gilbert, J.K., Treagust, D. (ed), *Multiple Representations in Chemical Education*, Springer, 55-73.
- Chiu, M.H. & Wu, H.K. (2009). The roles of multimedia in the teaching and learning of the triplet relationship in chemistry. In Gilbert, J.K., Treagust, D. (ed), *Multiple Representations in Chemical Education*, Springer, 251-283.
- Fischbein, E. (1993). The Theory of Figural Concepts. *Educational Studies in Mathematics*, 24 (2), 139-162.
- Goldin, G. & Kaput, J. (1996). A joint perspective on the idea of representation in learning and doing mathematics. *Theories of Mathematical Learning*, 397-430. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kostic, V.Dj., Stankov Jovanovic, V.P., Sekulic, T.M. & Takaci, Dj.B. (2015). Visualization of problem solving related to the quantitative composition of solutions in the dynamic GeoGebra environment. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 120-138.
- Kynigos, C. (2007). Half-baked Microworlds in Use in Challenging teacher educators' knowing. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 12 (2), 87-111.
- Moreno, R., Ozogul, G. & Reisslein, M. (2011). Teaching With Concrete and Abstract Visual Representations: Effects on Students' Problem Solving, Problem Representations, and Learning Perceptions. *Journal of Educational Psychology*, 103 (1), 32-47.
- Sherin, B.L. (2001). How Students Understand Physics Equations. *Cognition and Instruction*, 19 (4), 479-541.
- Tall, D. (2004). Introducing Three Worlds of Mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 23 (3), 29-33.
- Vergnaud, G. (1991). La Théorie des Chq, ps Conceptuels. *Recherchers en didqctiaue des mathématiques* , 10 (2/3), 133-169.
- Zazkis, R. & Liljedahl, P. (2004). Understanding Primes: The Role of Representation. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35 (3), 164-186.
- Κυνηγός, Χ. (2006). Το Μάθημα της Διερεύνησης. Αθήνα: Ελληνικά γράμματα.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). Διεπιστημονικότητα, διαθεματικότητα και ενιαιοποίηση στα νέα Προγράμματα Σπουδών: Τρόποι οργάνωσης της σχολικής γνώσης. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ-ΠΙ.

Η γραμμική συνάρτηση στα Μαθηματικά και στη Φυσική από το Γυμνάσιο μέχρι την Άλγεβρα και την Κινηματική της Α΄ Λυκείου

Κώστας Μαλλιάρης¹ & Θεοχαρώ Ε. Ματζαβίνου²

¹ 1^ο ΓΕΛ Ρόδου – Βενετόκλειο, kmath1967@gmail.com

² ΓΕ.Λ. Αφάντου, matzavinou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή ερευνήθηκαν οι στοχεύσεις και το περιεχόμενο των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών (Α.Π.Σ.) Φυσικής και Μαθηματικών ως προς τις έννοιες των γραμμικών συναρτήσεων σε όλες τις τάξεις του γυμνασίου και της Α΄ λυκείου καθώς και ο τρόπος που προσεγγίζονται οι έννοιες των συναρτήσεων στις δραστηριότητες των Σχολικών Εγχειριδίων των αντίστοιχων τάξεων, με στόχο την ανάδειξη ασυνεχειών και ασυμβατοτήτων που δύναται να δυσχεραίνουν τους μαθητές στην επίλυση των προβλημάτων της κινηματικής της Φυσικής Α΄ λυκείου λόγω ανεπαρκούς ανάπτυξης πολλαπλών αναπαραστάσεων των γραμμικών συναρτήσεων. Από την έρευνα εντοπίστηκαν αδυναμίες του συστήματος οι οποίες μπορούν να αντιμετωπιστούν με προσεκτικό και παράλληλο σχεδιασμό των δυο Α.Π.Σ. αναφορικά με τις συναρτήσεις, αλλά και με αντίστοιχη στόχευση των Σχολικών Εγχειριδίων, ώστε να δημιουργηθούν ευνοϊκότερες συνθήκες προσαρμογής και ανάπτυξης των αντίστοιχων δεξιοτήτων των μαθητών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: γραμμικές συναρτήσεις, ευθύγραμμες κινήσεις, διαγράμματα, κινηματική

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έννοια της συνάρτησης και ειδικότερα της γραμμικής συνάρτησης παρουσιάζεται με ποικίλους τρόπους στα μαθηματικά και στη φυσική του σχολείου, οι οποίοι προφανώς συνδέονται μεταξύ τους. Η συνάρτηση είναι σύνθετη έννοια που συνδυάζει διάφορα μαθηματικά αντικείμενα και πολύπλοκες δομές που αλληλοσυμπληρώνονται για την τελική συγκρότηση της έννοιας γεγονός που δημιουργεί δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών και επίλυση προβλημάτων. Οι δυσκολίες σχετίζονται με την πολυπλοκότητα της έννοιας, με τις αλγοριθμικές δεξιότητες που πρέπει να κατέχουν οι μαθητές για τη χρήση της αλλά και τον τρόπο που αντιλαμβάνονται οι μαθητές τη συνάρτηση, δηλαδή, περισσότερο ως διαδικασία παρά ως αντικείμενο – ολότητα (Ορφανός, 2010).

Γενικότερα, η επίλυση ποσοτικών προβλημάτων φυσικής με τη χρήση μαθηματικών δυσχεραίνεται από την έλλειψη επαρκώς ανεπτυγμένων εσωτερικών αναπαραστάσεων και τον διαφορετικό τρόπο με τον οποίο προσεγγίζονται οι συναρτήσεις στη φυσική (Rebello, Cui, Bennett, Zollman & Ozimek, 2007).

Σκοπός της εργασίας είναι να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο η διάρθρωση των στοχεύσεων και του περιεχόμενου των Α.Π.Σ. καθώς και το είδος και το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων των Σχολικών Εγχειριδίων των Μαθηματικών και της Φυσικής του γυμνασίου και της Α΄ λυκείου είναι τέτοια ώστε να ευνοείται η ανάπτυξη πολλαπλών αναπαραστάσεων των γραμμικών συναρτήσεων και κατά συνέπεια να μην υπάρχουν εμπόδια στους μαθητές στην επίλυση των προβλημάτων κινηματικής της Φυσικής Α΄ λυκείου λόγω ανεπάρκειας χειρισμού των γραμμικών συναρτήσεων. Συγκεκριμένα, επιχειρούμε να απαντήσουμε στα ερευνητικά ερωτήματα: Συμβαδίζουν τα Α.Π.Σ. των Μαθηματικών και της Φυσικής του γυμνασίου και της Α΄ λυκείου: α) ως προς το περιεχόμενο και τους στόχους και β) ως προς τη χρονική παράθεση ανά τάξη για την κατάκτηση και εφαρμογή των εννοιών των γραμμικών συναρτήσεων; Ποιο είναι το εύρος των δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούν πλαισιωμένη διατύπωση και ποιες μορφές αναπαράστασης καθώς και ποια είδη μετάφρασης των γραμμικών συναρτήσεων χρησιμοποιούνται στις δραστηριότητες των Σχολικών Εγχειριδίων;

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η συγκρότηση μιας μαθηματικής έννοιας γίνεται με την συσχέτιση της με τις αντίστοιχες γλωσσικές διατυπώσεις και παράλληλα με την αντιστοίχιση αυτών στα νοητικά ή υλικά αντικείμενα αναφοράς τους (Χασάπης, 2000). Επειδή, στον προσδιορισμό μιας μαθηματικής έννοιας παίζουν ρόλο οι διαστάσεις των σχέσεων της με τις αναπαραστάσεις της, τα νοητικά σχήματα που την προσεγγίζουν, τα αντιληπτικά πεδία στα οποία αναφέρεται και το ανθρωπολογικό πλαίσιο που συγκροτούν τα υποκείμενα και οι δομές που την επισημοποιούν και την ονομάζουν (Καλαβάσης & Μούτσιος-Ρέντζος, 2015), η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων στη διδασκαλία της στοχεύει στην προώθηση, στην ενίσχυση και στη βαθιά κατανόηση της (Γραββάνη, 2006).

Η έννοια της συνάρτησης (Eisenberg, 1992) αποτελεί βασική έννοια προς μάθηση στα μαθηματικά. Ορισμένοι ερευνητές (Thompson, 1994; Slavit, 1997; Carlson et al. 2002; Artigue & Lagrange, 2009; Lagrange, 2013, όπως αναφέρεται από Καφετζόπουλος, 2014) έχουν την τάση να δίνουν νόημα στη συνάρτηση όχι μόνο σαν διαδικασία αντιστοίχισης αλλά και ως συμμεταβολή. Άλλοι πάλι ερευνητές προσεγγίζουν τη συνάρτηση ως διαδικασία ή ως ολότητα – αντικείμενο. Συγκεκριμένα, η συμβολική αναπαράσταση εξυπηρετεί την προσέγγιση της συνάρτησης ως διαδικασία, ενώ η γραφική παράσταση εξυπηρετεί την προσέγγιση της συνάρτησης ως αντικείμενο (Schwartz & Yerushalmy, 1992). Ωστόσο, αυτή η διττή φύση της συνάρτησης είναι που δυσχεραίνει την κατανόηση της (Sfard, 1991). Πράγματι, η ικανότητα μετάβασης από ένα σύστημα αναπαράστασης σε άλλο είναι ενδεικτική της κατανόησης της. Σύμφωνα με τον Hitt (1998), όπως αναφέρουν οι Γραββάνη (2006) και Καρύδας, (2008) μπορούμε να διακρίνουμε πέντε επίπεδα σχετικά με την οικοδόμηση της έννοιας της συνάρτησης, όπου

στο χαμηλότερο επίπεδο κατανόησης τα υποκείμενα έχουν ανακριβείς ιδέες για την έννοια, ενώ καθώς αυξάνεται ο βαθμός κατανόησης, τα υποκείμενα είναι σε θέση να μεταβαίνουν από ένα σύστημα αναπαράστασης σε άλλο, μέχρι να έχουν την ικανότητα να συνδυάζουν διάφορες αναπαραστάσεις, σε διαφορετικά πλαίσια αναφοράς και να επιλύουν ένα πρόβλημα.

Στο χώρο των φυσικών επιστημών η επαρκής γνώση των μαθηματικών είναι ένα μόνιμο θέμα, αφού οι ικανότητες των μαθητών στα μαθηματικά και συγκεκριμένα η μετάβαση από μια μορφή αναπαράστασης σε άλλη αποτελούν έναν εξαιρετικό δείκτη πρόβλεψης της επιτυχίας τους στην φυσική (Kohl, 2001). Συνήθως, θεωρείται προφανές ότι οι βασικές μαθηματικές έννοιες είναι γνωστές και κατανοητές στους μαθητές. Ωστόσο, η έλλειψη συντονισμού μεταξύ των Α.Π.Σ. φυσικής και μαθηματικών είναι ένας από τους κύριους λόγους δυσκολιών εφαρμογής των μαθηματικών στη φυσική (Michelsen, 2005), αφού οι εσωτερικές αναπαραστάσεις που αφορούν επίλυση ποσοτικών προβλημάτων φυσικής με χρήση μαθηματικών είναι ανεπαρκείς, με αποτέλεσμα οι μαθητές να χρησιμοποιούν ασύμβατες μαθηματικές στρατηγικές, (Rebello, Cui, Bennett, Zollman & Ozimek, 2007) αδυνατώντας, έτσι, να εφαρμόσουν τη γνώση σε νέο πλαίσιο.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η έρευνα διαρθρώνεται σε δυο άξονες. Στον πρώτο άξονα διερευνήθηκε κατά πόσο συμβαδίζουν τα Α.Π.Σ. των Μαθηματικών και της Φυσικής του γυμνασίου και της Α΄ λυκείου: α) ως προς το περιεχόμενο και τους στόχους και β) ως προς τη χρονική παράθεση ανά τάξη για την κατάκτηση και εφαρμογή των εννοιών των γραμμικών συναρτήσεων. Στο δεύτερο άξονα έγινε μελέτη των δραστηριοτήτων των σχολικών εγχειριδίων και διερευνήθηκε το εύρος των δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούν πλαισιωμένη διατύπωση, οι μορφές αναπαράστασης, τα είδη μετάφρασης των γραμμικών συναρτήσεων από μια μορφή αναπαράστασης σε άλλη και συγκεκριμένες έννοιες των γραμμικών συναρτήσεων που χρησιμοποιούνται στις δραστηριότητες των Σχολικών Εγχειριδίων. Το εμπειρικό υλικό της έρευνας ήταν τα ΔΕΠΠΣ – ΑΠΣ του παιδαγωγικού ινστιτούτου (ΔΕΠΠΣ, 2015), οι Οδηγίες για τη Διδασκαλία των Θετικών Μαθημάτων (2016), τα σχολικά εγχειρίδια των μαθηματικών (Βανδουλάκης κ.α., 2007; Βλάμος κ.α., 2007; Αργυράκης κ.α., 2007; Ανδρεαδάκης κ.α., 1991) και της φυσικής (Καλκάνης κ.α., 2013; Αντωνίου κ.α., 2013α; Αντωνίου κ.α., 2007α; Αντωνίου κ.α., 2013β; Αντωνίου κ.α., 2007β; Βλάχος κ.α., 2014) του γυμνασίου και του λυκείου.

Ανάλυση Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών

Στα μαθηματικά της Α΄ γυμνασίου οι μαθητές διδάσκονται στο 6^ο κεφάλαιο δεξιότητες σχετικά με: την παράσταση σημείων στο επίπεδο, τα ανάλογα ποσά, τη γραφική αναπαράσταση της σχέσης αναλογίας, προβλήματα αναλογιών. Το κεφάλαιο διδάσκεται περί τον Ιανουάριο.

Στη φυσική της Α΄ γυμνασίου σε διάφορα κεφάλαια (3^ο, 5^ο, 6^ο, 9^ο) οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν διαγράμματα ανάλογων ποσών, γραμμικών και σταθερών συναρτήσεων από πειραματικές μετρήσεις και να ερμηνεύσουν τις γραφικές παραστάσεις

εξάγοντας συμπεράσματα για τη συμμεταβολή των μεγεθών. Τα κεφάλαια αυτά διδάσκονται από το Νοέμβριο μέχρι τον Ιανουάριο, ενώ το 9^ο πολλές φορές δεν διδάσκεται λόγω χρόνου ή λόγω δυσκολίας εκτέλεσης του πειράματος.

Στα Μαθηματικά της Β΄ γυμνασίου αναπτύσσεται η έννοια της συνάρτησης, οι καρτεσιανές συντεταγμένες και οι συναρτήσεις ευθειών $y = a x$ και $y=ax+\beta$ στο 3ο κεφάλαιο. Οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες σχετικές με το σχεδιασμό και την ερμηνεία μιας γραφικής παράστασης, με τον προσδιορισμό της σχέσης αναλογίας δυο ποσών, την γραφική σημασία των παραμέτρων a, β στην εξίσωση $y=ax+\beta$ και την κλίση ως εφαπτομένη οξείας γωνίας, βρίσκουν και σχεδιάζουν την εξίσωση ευθείας και επιλύουν προβλήματα διαστήματος, ταχύτητας, χρόνου από τη Φυσική. Το 3ο κεφάλαιο διδάσκεται περίπου τον μήνα Ιανουάριο. Η επίλυση τύπων περιέχεται στο 1ο κεφάλαιο του βιβλίου και αποτελεί βασική δεξιότητα για την επίλυση προβλημάτων στη φυσική είναι εκτός ύλης.

Στη Φυσική της Β΄ γυμνασίου οι δεξιότητες που καλούνται να εφαρμόσουν οι μαθητές και σχετίζονται με τις συναρτήσεις (Παράγραφοι: 1.3, 2.2, 3.1, 4.2, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 6.1) αφορούν την εφαρμογή σχέσεων αναλογίας για την επίλυση τύπων και την οργάνωση δεδομένων για την επίλυση προβλημάτων. Δεξιότητες κατασκευής γραφικών παραστάσεων, υπολογισμού κλίσης γραφικής παράστασης, ερμηνείας συμμεταβολής μεγεθών, απαιτούνται μόνο σε 4 εργαστηριακές ασκήσεις (Παράγραφοι: 1.3, 3.1, 4.2, 4.5). Η διδασκαλία των κεφαλαίων χρονικά διαρθρώνεται ως εξής: 1^ο: Σεπτέμβριο, 2^ο: Οκτώβριο - Νοέμβριο, 3^ο: Δεκέμβριο - Ιανουάριο, 4^ο: τέλη Ιανουαρίου -Φεβρουάριο, 5^ο: Μάρτιο, 6^ο: Απρίλιο - Μάιο.

Στα Μαθηματικά της Γ΄ γυμνασίου οι μαθητές διαπραγματεύονται την έννοια της συνάρτησης $y = ax^2$ με $a \neq 0$ στο 4^ο κεφάλαιο, ενώ έννοιες που σχετίζονται με τις συναρτήσεις όπως η γραμμική εξίσωση, η έννοια του γραμμικού συστήματος και η γραφική επίλυση του, διδάσκονται στο 3^ο κεφάλαιο. Οι μαθητές καλούνται να λύνουν γραφικά ένα γραμμικό σύστημα και να ερμηνεύουν τη λύση του και να σχεδιάζουν γραφική παράσταση τετραγωνικής συνάρτησης (παραβολής). Το 3^ο κεφάλαιο διδάσκεται κατά το Φεβρουάριο και το 4^ο, τον Μάρτιο – Απρίλιο.

Στη Φυσική της Γ΄ γυμνασίου οι δεξιότητες που καλούνται να εφαρμόσουν οι μαθητές και σχετίζονται με τις συναρτήσεις (Παράγραφοι: 1.5, 2.3, 2.5, 4.2, 5.3). απαιτούν την επίλυση τύπων και την οργάνωση δεδομένων για την επίλυση προβλημάτων, ενώ για την ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων απαιτείται η επίλυση συστημάτων γραμμικών εξισώσεων. Δεξιότητες σχετικές με τις γραφικές παραστάσεις απαιτούνται μόνο σε δυο εργαστηριακές ασκήσεις (Παράγραφοι: 2.3 και 4.2). Η διδασκαλία των κεφαλαίων χρονικά διαρθρώνεται ως εξής: 1^ο: μέχρι Νοέμβρη, 2^ο: Νοέμβριο - Ιανουάριο, 3^ο: Ιανουάριο - Φεβρουάριο, 4^ο: Μάρτιο, 5^ο: Απρίλιο – Μάιο (τα υπόλοιπα κεφάλαια πολλές φορές δεν διδάσκονται εντός του σχολικού έτους).

Στην Άλγεβρα της Α΄ λυκείου η έννοια της συνάρτησης αναπτύσσεται στο 6^ο κεφάλαιο. Επιδίδεται η σύνδεση διαφορετικών αναπαραστάσεων μιας συνάρτησης και η ερμηνεία γραφικής παράστασης στην επίλυση προβλήματος. Διερευνάται ο ρόλος των παραμέτρων a, β στην γραφική παράσταση της συνάρτησης $f(x)=ax+\beta$. Διερευνάται η

συμμεταβολή των μεγεθών – μονοτονία της συνάρτησης, μέσα από τη γραφική παράσταση, τον πίνακα τιμών και του ρόλου της παραμέτρου a σε αυτή. Ωστόσο, ο τύπος εύρεσης της κλίσης ευθείας που διέρχεται από δύο σημεία $A(x_1, y_1)$ και $B(x_2, y_2)$ με γνωστές συντεταγμένες, $a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ και συνδέεται με την έννοια της κλίσης όπως παρουσιάζεται στη Φυσική παρόλο που περιέχεται στο σχολικό βιβλίο είναι εκτός ύλης. Το 6^ο κεφάλαιο διδάσκεται μετά το Φεβρουάριο.

Στη Φυσική της Α΄ λυκείου στο κεφάλαιο 1.1 οι μαθητές καλούνται να μετασχηματίζουν αριθμητικά πειραματικά δεδομένα σχετικά με ευθύγραμμες ομαλές κινήσεις σε γραφικές παραστάσεις και αντίστροφα, να ερμηνεύουν γραφικές παραστάσεις που αφορούν ευθύγραμμες ομαλές κινήσεις και να υπολογίζουν μεγέθη (ταχύτητα, επιτάχυνση, μετατόπιση) χρησιμοποιώντας εξισώσεις της ευθύγραμμης ομαλής και ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης. Το κεφάλαιο για τις ευθύγραμμες κινήσεις διδάσκεται από τα τέλη Σεπτεμβρίου μέχρι Δεκέμβριο ή αμέσως μετά, μέχρι αρχές Ιανουαρίου.

Ανάλυση Δραστηριοτήτων Σχολικών εγχειριδίων Μαθηματικών και Φυσικής

Στα Μαθηματικά της Α΄ γυμνασίου το πλαίσιο των ασκήσεων είναι σε αρκετές ασκήσεις καθημερινό (15 από 25). Σε 15 ασκήσεις απαιτείται αλγεβρική επίλυση από τις οποίες στις 12 απαιτείται μετάφραση από λεκτική αναπαράσταση, σε 2 από πίνακα τιμών και σε 1 από γραφική παράσταση. Σε 4 ασκήσεις απαιτείται κατασκευή γραφικής παράστασης μέσω μετάφρασης από λεκτική αναπαράσταση (1 άσκηση), από αλγεβρική αναπαράσταση (1 άσκηση) και από πίνακα τιμών (2 ασκήσεις). Τέλος, σε 4 ασκήσεις ζητείται παράσταση σημείων ή εύρεση συντεταγμένων από γραφική παράσταση, ενώ σε 2 ασκήσεις απαιτείται η διερεύνηση της συμμεταβολής των μεγεθών.

Η Φυσική Α΄ γυμνασίου είναι κατεξοχήν εργαστηριακό μάθημα και οι δραστηριότητες που εμπλέκουν χρήση γραμμικών συναρτήσεων (σε 4 από τα 12 κεφάλαια) είναι ενταγμένες στο πλαίσιο των εργαστηριακών ασκήσεων και απαιτούν σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων με παράσταση σημείων από πίνακα τιμών, υπολογισμό κλίσης από γραφική παράσταση και μελέτη συμμεταβολής μεγεθών.

Στα Μαθηματικά Β΄ γυμνασίου το πλαίσιο των ασκήσεων είναι σε αρκετές ασκήσεις καθημερινό (9 από 37), ενώ σε 3 ασκήσεις το πλαίσιο είναι επιστημονικό (φυσικής). Επικρατούν ασκήσεις αλγεβρικής επίλυσης (18) με μετάφραση από λεκτική αναπαράσταση (12) και από πίνακα τιμών (3). Σε 14 ασκήσεις απαιτείται κατασκευή γραφικής παράστασης μέσω μετάφρασης από λεκτική αναπαράσταση (5), από αλγεβρική αναπαράσταση (5) και από πίνακα τιμών (4). Τέλος, σε 7 ασκήσεις ζητείται παράσταση σημείων ή εύρεση συντεταγμένων από γραφική παράσταση ή απόσταση σημείων, ενώ σε 4 απαιτείται συμπλήρωση πίνακα τιμών. Σε 13 από τις 37 ασκήσεις του κεφαλαίου αναφέρεται ρητά ή υπονοείται έμμεσα η κλίση.

Στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικής Β΄ γυμνασίου δεν δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην επίλυση ασκήσεων, αφού σε 6 κεφάλαια υπάρχουν μόνο 45 ασκήσεις συνολικά. Από αυτές, οι 11 είναι ασκήσεις διατυπωμένες με καθημερινό πλαίσιο και αφορούν αλγεβρική επίλυση τύπου και μόνο 3 είναι ασκήσεις στις οποίες

εμπλέκεται η χρήση ή ερμηνεία γραφικής παράστασης. Τέλος υπάρχει και 1 άσκηση συμπλήρωσης πίνακα τιμών.

Στα Μαθηματικά Γ΄ γυμνασίου στις 13 ασκήσεις της παραγράφου Α.3.1 στα διάφορα υποερωτήματα ζητείται η σχεδίαση της γραφικής παράστασης 14 ευθειών, η αντιστοίχιση 6 δεδομένων γραφικών παραστάσεων με την εξίσωση τους, 10 ερωτήματα σχετίζονται με τη συνθήκη όπου ευθείες που διέρχονται από γνωστό σημείο, 3 ερωτήματα σχετίζονται με σημεία τομής με άξονες, 13 ερωτήματα με ευθείες παράλληλες στους άξονες, 2 ερωτήματα σχετικά με εμβαδόν μεταξύ ευθειών και αξόνων και 2 προβλήματα που απαιτούν μετάφραση από λεκτική μορφή σε γραμμική εξίσωση. Στην παράγραφο Α.3.2, υπάρχουν 2 ασκήσεις με υποερωτήματα που απαιτούν λύση γραμμικού συστήματος μέσω γεωμετρικής ερμηνείας από τη σχετική θέση ευθειών, 1 άσκηση με επιστημονικό πλαίσιο (γνωστό διάγραμμα υ-t) και 1 άσκηση με καθημερινό πλαίσιο (και δεδομένο διάγραμμα με 3 ημευθείες).

Στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής Γ΄ γυμνασίου, δεν δίνεται έμφαση στο μαθηματικό φορμαλισμό, αφού σε 6 διδακτέα κεφάλαια υπάρχουν μόνο 29 ασκήσεις συνολικά. Από αυτές οι 17 απαιτούν είτε αλγεβρική επίλυση τύπου ή επίλυση συστήματος εξισώσεων και κατά κύριο λόγο είναι διατυπωμένες με καθημερινό πλαίσιο, 2 είναι πιο σύνθετες και αφορούν την ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων και 1 απαιτεί επεξεργασία πίνακα τιμών (μετάφραση σε γραφική παράσταση).

Στην άλγεβρα Α΄ λυκείου, στην παράγραφο 6.2 (7 ασκήσεις εντός ύλης), μόνο 1 άσκηση αναφέρεται στην συνθήκη σημείου που ανήκει στην γραφική παράσταση, 2 ασκήσεις (7 περιπτώσεις) στα σημεία τομής της με τους άξονες, 1 για σχετική θέση γραφικής παράστασης με άξονα $x'x$ και 1 για σχετικές θέσεις δύο γραφικών παραστάσεων. Στην παράγραφο 6.3 (11 ασκήσεις εντός ύλης), 2 ασκήσεις με αλγεβρική αναπαράσταση επιλύονται αλγεβρικά (1 που ζητείται η γωνία γνωστής ευθείας με άξονα x' , 1 που ζητείται η εξίσωση ευθείας που διέρχεται από δυο σημεία), 1 άσκηση με επιστημονικό πλαίσιο (από τη Φυσική) που ζητείται η εξίσωση ευθείας – συνάρτηση που συνδέει θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου με Φαρενάιτ, 2 ασκήσεις που ζητείται η κατασκευή γραφικής παράστασης συνάρτησης που δίνεται η αλγεβρική της μορφή (1 με τρεις κλάδους, 1 με απόλυτα και σταθερή συνάρτηση) και τα σημεία τομής τους γραφικά και αλγεβρικά, 2 ασκήσεις που δίνεται γραφική παράσταση και ζητείται η κατάλληλη μετάφραση και απάντηση σε βασικά ερωτήματα γραφικής επίλυσης εξισώσεων και 4 προβλήματα με επιστημονικό και καθημερινό πλαίσιο.

Στο Σχολικό Εγχειρίδιο της φυσικής της Α΄ λυκείου αναλύθηκαν διεξοδικά οι ερωτήσεις και οι ασκήσεις μόνο του κεφαλαίου 1.1 της κινηματικής, αφού οι δεξιότητες χειρισμού των συναρτήσεων εμπλέκονται κατεξοχήν στο συγκεκριμένο κεφάλαιο. Από τις 41 ερωτήσεις του κεφαλαίου 1.1 της Φυσικής Α΄ λυκείου, οι 22 είναι ερωτήσεις που σχετίζονται με δεξιότητες χειρισμού συναρτήσεων και στην πλειονότητα τους περιέχουν γραφική παράσταση στη διατύπωση τους. Συγκεκριμένα, 8 σχετίζονται με μεγέθη που προκύπτουν από την κλίση της γραφικής παράστασης, 2 με μεγέθη που προκύπτουν από εμβαδό γραφικής παράστασης, 2 με αξιοποίηση πίνακα τιμών και 5 που σχετίζονται με το είδος της κίνησης και τη μονοτονία της συνάρτησης. Τέλος, σε 4 ερωτήματα υπάρχουν

και αλγεβρικά ζητούμενα. Από τα 19 προβλήματα του ίδιου κεφαλαίου, στα 11 χρησιμοποιείται λεκτική διατύπωση, που προϋποθέτει μετάφραση σε αλγεβρική μορφή, ενώ σε 2 απαιτείται μετάφραση σε γραφική αναπαράσταση. Μόνο 2 προβλήματα διατυπώνονται με αλγεβρική μορφή και απαιτούν αλγεβρικού τύπου επίλυση και τη δημιουργία γραφικής παράστασης. Τέλος, 6 προβλήματα χρησιμοποιούν στην διατύπωση τους γραφική παράσταση με ζητούμενα που προκύπτουν από τον υπολογισμό του εμβαδού της γραφικής παράστασης, ενώ το ένα τρίτο αυτών περιέχει ζητούμενα που προκύπτουν από την κλίση της γραφικής παράστασης. Επίσης, υπάρχουν ζητούμενα που εμπλέκουν τη μετάφραση από γραφική αναπαράσταση σε λεκτική (1) και από γραφική αναπαράσταση σε αλγεβρική (1).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Σύγκριση Α.Π.Σ. Μαθηματικών και Φυσικής

Από τη σύγκριση των Α.Π.Σ. των δυο μαθημάτων στην Α΄ γυμνασίου προκύπτει ότι: α) προηγείται η εφαρμογή των μαθηματικών εννοιών στη φυσική από τη διδασκαλία τους στα μαθηματικά β) στη φυσική οι μαθητές καλούνται να διαχειριστούν έννοιες σχετικά με τις γραμμικές και τις σταθερές συναρτήσεις χωρίς να τις έχουν διδαχθεί στη δεδομένη ή σε προηγούμενη τάξη.

Στην Β΄ γυμνασίου προκύπτει ότι: α) ενώ η εφαρμογή δεξιοτήτων σχετικά με τις συναρτήσεις στη Φυσική ξεκινά από το Σεπτέμβριο και διατρέχει όλη τη διδακτική περίοδο, στα Μαθηματικά διδάσκονται περί τον Ιανουάριο, β) ενώ στα Μαθηματικά της Β΄ γυμνασίου αναπτύσσονται διεξοδικά οι έννοιες των γραμμικών συναρτήσεων μέσα από την αλγεβρική τους μορφή αλλά και μέσα από τους πίνακες τιμών και τις γραφικές παραστάσεις, στη Φυσική, δίνεται έμφαση μόνο σε ασκήσεις αλγεβρικής επίλυσης τύπων (γεγονός που αναδεικνύει ασυνέχεια και στο Α.Π.Σ. της Φυσικής της Α΄ και της Β΄ γυμνασίου ως προς τις δεξιότητες τις σχετικές με γραφικές παραστάσεις). Εξαιρέση αποτελούν οι εργαστηριακές ασκήσεις που απαιτούν χρήση γραφικών παραστάσεων, οι οποίες, όμως, είναι προς διερεύνηση αν διδάσκονται, με ποιο τρόπο και σε τι εύρος. Ενώ, η επίλυση τύπων που αποτελεί βασική δεξιότητα για την επίλυση προβλημάτων στη φυσική είναι εκτός ύλης στα μαθηματικά.

Στη Γ΄ γυμνασίου προκύπτει ότι: α) ενώ οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν συστήματα στα ηλεκτρικά κυκλώματα από τον Ιανουάριο, στα Μαθηματικά η επίλυση γραμμικών συστημάτων διδάσκεται το Φεβρουάριο, β) στη Φυσική απουσιάζει η ανάλυση και επεξεργασία γραφικών παραστάσεων και η συμμεταβολή των μεγεθών και υπάρχει μικρός αριθμός ασκήσεων.

Στην Α΄ Λυκείου προκύπτει ότι: α) οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν στη φυσική στο 1ο κεφάλαιο (μέχρι τον Ιανουάριο) δεξιότητες σχετικές με τις συναρτήσεις, τις οποίες διδάσκονται διεξοδικά στην Άλγεβρα μετά το Φεβρουάριο, (στα σχολεία που προλαβαίνουν), β) και στα δυο γνωστικά αντικείμενα δίνεται έμφαση στην ερμηνεία και χρήση γραφικής παράστασης για την κατανόηση της συμμεταβολής μεγεθών και την επίλυση προβλημάτων, γίνεται διερεύνηση της μονοτονίας της συνάρτησης με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης στα μαθηματικά και ερμηνεία της κίνησης (επιβραδυνόμενη –

επιταχυνόμενη), με βάση τη μονοτονία συνάρτησης από τη γραφική παράσταση, στη φυσική. Διερευνάται ο ρόλος των παραμέτρων α , β στην γραφική παράσταση της συνάρτησης $f(x)=\alpha x+\beta$, σε πλήρη αντιστοιχία με το ρόλο των v_0 και a στη σχέση $v=v_0+at$ της ευθύγραμμης ομαλά μεταβαλλόμενης κίνησης. Ωστόσο, ο τύπος: $\alpha=\frac{\Delta y}{\Delta x}$ για την εύρεση της κλίσης ευθείας που διέρχεται από δύο σημεία $A(x_1,y_1)$ και $B(x_2,y_2)$ με γνωστές συντεταγμένες $\alpha=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}$ που χρησιμοποιείται στη φυσική, είναι εκτός ύλης στην άλγεβρα.

Σύγκριση Δραστηριοτήτων Σχολικών εγχειριδίων Μαθηματικών και Φυσικής

Στα Μαθηματικά της Α΄ γυμνασίου για την εφαρμογή των εννοιών που σχετίζονται με τη συνάρτηση το πλήθος των ασκήσεων φαίνεται ανεπαρκές για την αφομοίωση των εννοιών, λόγω της δυσκολίας τους για το συγκεκριμένο ηλικιακό επίπεδο, ενώ η έμφαση δίνεται στην αλγεβρική επίλυση ασκήσεων. Στη Φυσική απαιτείται, κατεξοχήν, η κατασκευή γραφικής παράστασης, η μελέτη της συμμεταβολής των μεγεθών και ο υπολογισμός της κλίσης.

Στο Σχολικό Εγχειρίδιο Μαθηματικών Β΄ γυμνασίου το πλήθος και η διαφοροποίηση των ασκήσεων ως προς τις αναπαραστάσεις και τις μεταφράσεις από μια μορφή σε άλλη φαίνεται ικανοποιητικό για την κατάκτηση των εννοιών. Υπάρχουν 3 ασκήσεις διατυπωμένες σε επιστημονικό πλαίσιο (φυσικής) στις οποίες ζητείται κατασκευή γραφικής παράστασης και εύρεση σχέσης συμμεταβολής μεγεθών. Απουσιάζουν δραστηριότητες επεξεργασίας γραφικής παράστασης και μετάφρασης της σε αλγεβρική μορφή και μόνο σε μια άσκηση γραφικής παράστασης εμπλέκονται οι έννοιες της ευθείας, ημιευθείας και ευθύγραμμου τμήματος. Στον αντίποδα, στη Φυσική της Β΄ γυμνασίου οι ασκήσεις που αφορούν γραφική παράσταση και πίνακα τιμών είναι εξαιρετικά λίγες και η πλειονότητα τους αφορά επίλυση τύπων.

Στα Μαθηματικά της Γ΄ γυμνασίου επικρατεί ο διαδικαστικός χαρακτήρας της συνάρτησης και απουσιάζει η έννοια της συνάρτησης ως ολότητα και ως συμμεταβολή, αφού λείπουν οι ασκήσεις επεξεργασίας γραφικών παραστάσεων και γίνεται προσπάθεια αλγεβρικής μετάφρασης γεωμετρικών εννοιών των γραφικών παραστάσεων. Οι ασκήσεις παρουσιάζονται σε μαθηματικό πλαίσιο και για πρώτη φορά εμφανίζονται ασκήσεις εύρεσης εμβαδού γραφικής παράστασης. Στη Φυσική οι ασκήσεις είναι ελάχιστες και προκρίνεται η αλγεβρική επίλυση τύπων ή συστημάτων εξισώσεων.

Στην Άλγεβρα της Α΄ λυκείου δίνεται έμφαση στη γραφική αναπαράσταση της συνάρτησης και μάλιστα στον υπολογισμό της κλίσης και στην εύρεση της εξίσωσης που περιγράφει μια ευθεία και στον αλγεβρικό τρόπο προσέγγισης της συνάρτησης. Ωστόσο, απουσιάζει η έννοια της συμμεταβολής των μεγεθών που σχετίζονται σε μια συνάρτηση και η έννοια του εμβαδού της συνάρτησης. Σε περισσότερες από τις μισές ερωτήσεις της κινηματικής της Α΄ λυκείου εμπλέκονται διάφορες μορφές αναπαράστασης, επεξεργασίας και ερμηνείας συναρτήσεων. Στις ερωτήσεις αυτές για πρώτη φορά εμφανίζονται ζητούμενα σχετικά με τη μονοτονία των συναρτήσεων που οδηγούν σε συμπεράσματα για το είδος της κίνησης. Τα προβλήματα της κινηματικής της Α΄ λυκείου προϋποθέτουν υψηλού επιπέδου μαθηματικές δεξιότητες σχετικές με τη μετάφραση λεκτικών

διατυπώσεων σε αλγεβρική μορφή, την επίλυση τύπων και την ικανότητα επίλυσης συστημάτων. Παράλληλα, απαιτούνται δεξιότητες χειρισμού γραφικών παραστάσεων όπως είναι ο υπολογισμός εμβαδού και κλίσης που θα οδηγήσουν σε ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων και δημιουργία νέων γραφικών παραστάσεων άλλων μεγεθών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Γενικότερα από τη σύγκριση των δυο Α.Π.Σ. προκύπτει ότι συστηματικά σε όλες τις τάξεις του γυμνασίου προηγείται η εφαρμογή δεξιοτήτων που σχετίζονται με τις συναρτήσεις στη φυσική από τη διδασκαλία και την κατάκτηση τους από τους μαθητές στα μαθηματικά. Η χρονική ασυμβατότητα κορυφώνεται στην Α΄ λυκείου στην οποία οι έννοιες των γραμμικών συναρτήσεων που θεωρούνται απαραίτητες για να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του κεφαλαίου της Κινηματικής στη Φυσική οι μαθητές, αν και έχουν διδαχθεί πολύ νωρίτερα (στα μαθηματικά Β΄ γυμνασίου) δεν μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες των μαθητών στην Φυσική, αφού έχουν διδαχθεί με απλό τρόπο σε παιδιά άλλης ηλικίας, με άλλο επίπεδο γνώσης και κατανόησης, διαφορετική παρουσίαση και χρήση των απαραίτητων εννοιών και μάλιστα αρκετό καιρό πριν. Ενώ, η εμβάθυνση που προσφέρεται από την Άλγεβρα της Α΄ λυκείου, αντί να προηγείται της Κινηματικής, γίνεται προς το τέλος της χρονιάς (εάν και εφόσον διδαχθεί λόγω έλλειψης χρόνου).

Αξιοσημείωτο είναι ότι βασικές έννοιες για τη φυσική όπως η επίλυση τύπων και ο τύπος εύρεσης της κλίσης μιας ευθείας, αν και υπάρχουν στα βιβλία των μαθηματικών, τελικά, δεν αποτελούν μέρος της διδακτέας ύλης. Επίσης, στη Β΄ και Γ΄ γυμνασίου, ενώ στα μαθηματικά σε αυτές τις τάξεις οι μαθητές εισάγονται στις πολλαπλές αναπαραστάσεις των συναρτήσεων, στη φυσική επικρατούν λίγες ασκήσεις αλγεβρικής επίλυσης τύπων, γεγονός που αποτελεί ασυνέχεια στη στοχοθεσία του Α.Π.Σ. φυσικής (στη φυσική της Α΄ γυμνασίου και της Α΄ λυκείου προκρίνονται στόχοι σχετικοί με τις συναρτήσεις, τη γραφική παράσταση και τη συμμεταβολή των μεγεθών, ενώ στη Β΄ και Γ΄ γυμνασίου, απουσιάζουν αντίστοιχοι στόχοι - με εξαίρεση τις εργαστηριακές ασκήσεις). Χάνεται, έτσι στο γυμνάσιο η ευκαιρία εμπέδωσης και εμβάθυνσης στη χρήση συναρτήσεων στη φυσική και οξύνεται η δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στη διαχείριση αντιστοίχων εννοιών στη Φυσική Α΄ λυκείου.

Από την ανάλυση των δραστηριοτήτων των μαθηματικών φαίνεται ότι δίνεται έμφαση στο διαδικαστικό χαρακτήρα των συναρτήσεων (Μαλλιάρικας και Πλαϊνιώτης, 2015) και όχι στην προσέγγιση της ως αντικείμενο που εξυπηρετείται από τις γραφικές παραστάσεις ή στην έννοια της συμμεταβολής. Συγκεκριμένα, οι περισσότερες δραστηριότητες απαιτούν αλγεβρική επίλυση ή κατασκευή γραφικής παράστασης, ενώ, απουσιάζουν οι δραστηριότητες που απαιτούν ερμηνεία γραφικής παράστασης και εξαγωγή συμπερασμάτων ή μελέτη συμμεταβολής. Ο πλαισιωμένος χαρακτήρας παρήχθη των μαθηματικών εννοιών που σχετίζεται με τη φυσική είναι πολύ περιορισμένος. Αντίθετα, στην κινηματική της Α΄ λυκείου κυριαρχεί ο πλαισιωμένος χαρακτήρας των ασκήσεων που απαιτεί μετάφραση από λεκτική σε αλγεβρική ή γραφική μορφή και η ερμηνεία και χρήση γραφικών παραστάσεων.

Οι σημαντικές ασυνέχειες και ασυμβατότητες μεταξύ των Α.Π.Σ. των Μαθηματικών και της Φυσικής, αλλά και των τρόπων που αυτά υλοποιούνται μέσα από τις σχολικές δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων οδηγούν στην εύλογη υπόθεση (που μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για περαιτέρω έρευνα), ότι μέρος της δυσχέρειας των μαθητών στην κινηματική της Α΄ λυκείου οφείλεται στις ασυνέχειες και τις ασυμβατότητες των Α.Π.Σ. των Μαθηματικών και της Φυσικής.

Προκειμένου να υπάρξει βελτίωση του εκπαιδευτικού αποτελέσματος προτείνεται: α) να υπάρξει χρονικός συντονισμός μεταξύ των Α.Π.Σ. των Μαθηματικών και της Φυσικής σχετικά με τις συναρτήσεις και τις εφαρμογές τους, ώστε να προηγείται η διδασκαλία των συναρτήσεων στα Μαθηματικά και β) να υπάρξει συντονισμός ως προς το περιεχόμενο και τους στόχους των δυο Α.Π.Σ. που θα εκφραστεί αναλόγως στις δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων. Συγκεκριμένα, στα Μαθηματικά πρέπει στη διδασκαλία των συναρτήσεων να δίνεται έμφαση όχι μόνο στη διαδικαστική γνώση αλλά και σε δραστηριότητες μετάβασης από μια αναπαράσταση σε άλλη και στη διασύνδεση τους (Γούδας, Σακονίδης, 2002) και να δίνονται κατάλληλες ευκαιρίες επίλυσης προβλημάτων τα οποία θα είναι ενταγμένα σε ένα λεκτικό πλαίσιο (Rebello et al, 2007), που θα σχετίζεται με τις εμπειρίες των μαθητών, όπως για παράδειγμα της Φυσικής. Αλλά και στη Φυσική πρέπει να ενισχυθούν οι ασκήσεις που είναι σχετικές με τις συναρτήσεις στο γυμνάσιο. Έτσι, θα ωφεληθεί η διδασκαλία της φυσικής, αφού οι ικανότητες των μαθητών στα μαθηματικά συμπορεύονται με τις ικανότητες τους στη φυσική (Kohl, 2001) αλλά και των μαθηματικών, αφού με τη φυσική τα μαθηματικά νοηματοδοτούνται καθώς προστίθενται περαιτέρω επίπεδα δομής και ερμηνείας των μαθηματικών εννοιών (Redish & Gupta, 2009) ενισχύοντας έτσι και τη βαθύτερη κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης (Karut, όπως αναφέρεται από Γραββάνη, 2006).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρεαδάκης, Σ., Κατσαργύρης, Β., Παπασταυρίδης, Σ., Πολύζος, Γ., Σβέρκος, Α., Αδαμόπουλος, Λ. & Δαμιανού, Χ. (1991). *Άλγεβρα και Στοιχεία Πιθανοτήτων, Α τάξης Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2013). *Φυσική Β΄ Γυμνασίου*. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος».
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2013). *Φυσική Γ΄ Γυμνασίου*. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος».
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2007). *Φυσική Β΄ Γυμνασίου. Τετράδιο Εργασιών*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων. Ανακτήθηκε Ιούνιος 29, 2016, από <http://ebooks.edu.gr/new/classcoursespdf.php?classcode=DSGYM-B>
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2007). *Φυσική Γ΄ Γυμνασίου. Τετράδιο Εργασιών*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων

- Διδακτικών Βιβλίων. Ανακτήθηκε Ιούνιος 29, 2016, από <http://ebooks.edu.gr/new/classcoursespdf.php?classcode=DSGYM-B>
- Αργυράκης, Δ., Βουργάνας, Π., Μεντής, Κ. Τσικοπούλου, Σ. & Χρυσοβέργης, Μ. (2007). *Μαθηματικά Γ Γυμνασίου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Βανδουλάκης, Ι., Καλλιγιάς, Χ., Μαρκάκης, Ν. & Φερεντίνος, Σ. (2007). *Μαθηματικά Α Γυμνασίου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Βλάμος, Π., Δρούτσας, Π., Πρέσβυς, Γ. & Ρεκούμης, Κ. (2007). *Μαθηματικά Β' Γυμνασίου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ. (2014). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' Γενικού Λυκείου*. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος».
- Γούδας Α., Σακονίδης Χ. (2002). Η κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης και των αναπαραστάσεών της από μαθητές γυμνασίου και λυκείου, *Πρακτικά του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, 12-15 Οκτωβρίου, 2001, Θεσσαλονίκη.
- Γραββάνη, Κ. (2006). *Αναπαραστάσεις συναρτήσεων και ο μετασχηματισμός τους από μαθητές λυκείου*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών - Πανεπιστήμιο Κύπρου. Ανακτήθηκε Ιούνιος 20, 2016, από http://www.math.uoa.gr/me/dipl/dipl_grabbani.pdf
- Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΦΕΚ 303B/13-03-2003, ΦΕΚ 304B/13-03-2003, Ανακτήθηκε Δεκέμβριος 9, 2015, από <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>).
- Eisenberg, T. (1992). On the Development of a Sence for Functions. In E.Dubinsky & G. Harel (Eds.), *The Consept of Function. Aspects of Epistemologyand Pedagogy*(pp. 153-174). The Mathematical Association of America.
- Hitt, F., (1998). Difficulties in the Articulation of Different Representations of Linked to the Concept of Functions. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(1), 79-103.
- Καλαβάσης, Φ. & Μούτσιος-Ρέντζος, Α. (2015). *Ανάμεσα στο Μέρος και στο Όλο. Αναστοχαστική Οικοδόμηση Μαθηματικών Εννοιών*. Αθήνα: Gutenberg.
- Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ουρ., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσιμίπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπογιάννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., Πολίτης, Σ. (2013). *Η Φυσική με Πειράματα. Α' Γυμνασίου*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος».
- Καρύδας, Χ., (2008). Μια έρευνα σε μαθητές της Α' Λυκείου για την κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης – Διδακτική παρέμβαση. Στο Α. Φυλάκης, (Επ.) *Πρακτικά 2η Μαθηματική Εβδομάδα, Μαθηματικές Προσεγγίσεις στην Επιστήμη, Τέχνη & Εκπαίδευση* (σελ.285-301). ΕΜΕ, Παράρτημα Κεντρικής Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Καφετζόπουλος, Γ., (2014). *Νοηματοδότηση της συνάρτησης ως συμμεταβολής με τη βοήθεια του ψηφιακού εργαλείου Casygorée*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών - Πανεπιστήμιο Κύπρου. Ανακτήθηκε Ιούνιος 20, 2016, από http://www.math.uoa.gr/me/dipl/dipl_Kafetzopoulos_Georgios_Ignatios.pdf

- Kohl, P. (2001). *Towards an understanding of how students use representations in physics problem solving*. B.S., Western Washington University.
- Μαλλιάρικας, Κ. & Παλαϊνιώτης, Θ. (2015). Ανάλυση των ασκήσεων του σχολικού βιβλίου Μαθηματικών της Γ' Γυμνασίου στην Ελλάδα ως προς το είδος και τον μετασχηματισμό της γνώσης που απαιτείται και ως προς με την μορφή τους. Στο *Πρακτικά του 32ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας: Η δύναμη των Μαθηματικών κινητήριοι μοχλός της επιστημονικής έρευνας και της εξελικτικής πορείας του πολιτισμού μας* (σελ.670-680).Αθήνα:Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία.
- Michelsen, C. (2005). Expanding the domain variables and functions in an interdisciplinary context between mathematics and physics. In Beckmann, A., Michelsen, C. & Sriraman, B. (Eds.), *Proceedings of the 1st International Symposium of Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences*. (pp.201-214). The University of Education, Schwäbisch Gmünd, Germany.
- Οδηγίες για τη Διδασκαλία των Θετικών Μαθημάτων του Ημερήσιου και Εσπερινού Γυμνασίου για το Σχ. έτος 2015 – 2016. Ανακτήθηκε Ιούνιος 29, 2016 από <http://edu.klimaka.gr/arxeio/leitourgia-sxoleio/gymnasio-odhgies-didaskalias-mathimatwn-a2.pdf>
- Ορφανός, Σ. (2010). Διάγνωση των εμποδίων στην κατανόηση των συναρτήσεων με τη βοήθεια δραστηριοτήτων μοντελοποίησης Κινηματική. *8^ο Διήμερο Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών. Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική και Σχολική Εκπαίδευση*. Αθήνα.
- Rebello, S., Cui, L., Bennett, A., Zollman, D., & Ozimek, D. (2007). Transfer of Learning in Problem Solving in the Context of Mathematics & Physics. In Jonassen, D. (Ed.), *Learning to Solve Complex Scientific Problems*. New York: Lawrence Erlbaum Associates. Ανακτήθηκε 20, 2016, από <https://web.phys.ksu.edu/papers/2006/TransferInProblemSolving-FullChapter-v32.pdf>
- Redish, E. F., & Gupta, A. (2009) Making meaning with math in physics: A semantic Analysis. In Raine, D., Hurkett, C., & Rogers, L. (Eds), *GIREP – EPEC & PHEC 2009 International Conference-Selected Contributions*.(pp.244-260).Leicester, UK.
- Schwartz, J., & Yerushalmy, M. (1992). Getting students to function in and with algebra. In G. Harel & E. Dubinsky (Red.), *The concept of function: Aspects of epistemology and pedagogy*. (pp. 261-289). Washington, DC: Mathematical Association of America.
- Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions: reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22 (1), 1-36.
- Χασάπης, Δ. (2000). *Διδακτική βασικών μαθηματικών εννοιών. Αριθμοί και αριθμητικές πράξεις*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κατανόηση στατιστικών εννοιών μέσω γραφημάτων από ενήλικες

Αριστούλα Κοντογιάννη¹ & Κωνσταντίνος Τάτσης²

¹Σχολείο Δεύτερης Ευκαιρίας Άρτας, desmath@gmail.com

²Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ktatsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σημασία των αυθεντικών δραστηριοτήτων (authentic tasks) στα Μαθηματικά έχει αναδειχθεί από πολλές έρευνες. Έχει, επίσης, τονιστεί η σημασία του να είναι οι πολίτες ενάριθμοι και στατιστικώς εγγράμματοι. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μία διδασκαλία βασικών στατιστικών εννοιών σε ενήλικες σε ένα Σχολείο Δεύτερης Ευκαιρίας. Επιπροσθέτως, παραθέτουμε κάποια αρχικά αποτελέσματα σχετικά με την κατανόηση των εκπαιδευομένων κατά την ανάγνωση και ερμηνεία γραφημάτων, τα οποία προερχόταν από τα Μ.Μ.Ε. και σχετιζόταν με την καθημερινότητα των εκπαιδευομένων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαίδευση ενηλίκων, αριθμητισμός, στατιστικός γραμματισμός, ερμηνεία γραφημάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία που έχει για τους μαθητές η ικανότητα αξιολόγησης των ποσοτικών πληροφοριών που δίνονται σε μία πληθώρα περιστάσεων της καθημερινότητάς τους έχει επισημανθεί σε διάφορες μελέτες (π.χ. Gal, 2002). Για παράδειγμα, μέσω των Μ.Μ.Ε. παρέχονται ποσοτικές πληροφορίες με τη μορφή πινάκων, γραφημάτων ή διαγραμμάτων που σε κάποιες περιπτώσεις είναι έγκυρες ενώ σε άλλες περιλαμβάνουν ανεπαρκή δεδομένα ή σοβαρές ελλείψεις με αποτέλεσμα να οδηγούν σε λανθασμένα συμπεράσματα (Kemp, 2009). Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί να αναμένεται να βοηθήσουν τους μαθητές να αποκτήσουν έναν επαρκή βαθμό κατανόησης αλλά και αμφισβήτησης αυτών των πληροφοριών. Για να επιτευχθεί αυτό, οι μαθητές θα πρέπει να καταστούν ενάριθμοι και στατιστικά εγγράμματοι. Πέρα όμως από τους μαθητές βασικό είναι να γίνουν όλοι οι ενήλικες, ακόμη και αυτοί που για διάφορους λόγους αποκλείστηκαν από το εκπαιδευτικό σύστημα και τώρα αποζητούν μία δεύτερη ευκαιρία σε αυτό, ενάριθμοι και στατιστικώς εγγράμματοι. Στηριζόμενοι στα παραπάνω σχεδιάσαμε και εφαρμόσαμε μία σειρά μαθημάτων με κύριο περιεχόμενο βασικές στατιστικές έννοιες σε ένα Σχολείο Δεύτερης Ευκαιρίας (Σ.Δ.Ε.). Παράλληλα, μέσω ερωτηματολογίου αξιολογήσαμε τις γνώσεις των ενήλικων εκπαιδευομένων για κάποιες από τις διδασκόμενες στατιστικές έννοιες και συγκεκριμένα για τα γραφήματα. Με την παρούσα εργασία παρουσιάζουμε την πορεία διδασκαλίας, τις δραστηριότητες που

σχεδιάσαμε για τα γραφήματα, καθώς και κάποια αρχικά αποτελέσματα για την κατανόηση των εκπαιδευομένων. Σχετικές έρευνες σε ενήλικες έχουν γίνει με υποψηφίους δασκάλους (Monteiro & Ainley, 2004) αλλά όχι με ενήλικες εκπαιδευομένους που δεν είχαν το ανάλογο γνωστικό υπόβαθρο όπως στην παρούσα περίπτωση.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Αριθμητισμός και στατιστικός γραμματισμός

Οι ενήλικες διδάσκονται Μαθηματικά είτε στο πλαίσιο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης είτε στο πλαίσιο δομών της εκπαίδευσης ενηλίκων (π.χ. στα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας), καθώς και δομών της δια βίου μάθησης (π.χ. στα Κέντρα Εκπαίδευσης Ενηλίκων). Ο κύριος σκοπός της διδασκαλίας των Μαθηματικών σε αυτές τις δομές είναι να γίνουν οι πολίτες αριθμητικώς εγγράμματοι. Ο αριθμητισμός προσδιορίζεται ως οι γνώσεις και οι ικανότητες που απαιτούνται για να χειρίζονται οι ενήλικες αποτελεσματικά τις μαθηματικές απαιτήσεις διάφορων καθημερινών καταστάσεων (Manly & Dave, 2001). Επομένως, ο αριθμητισμός αποτελείται από τις λειτουργικές μαθηματικές ικανότητες και την κατανόηση βασικών μαθηματικών εννοιών που όλοι οι άνθρωποι χρειάζεται να έχουν και παράλληλα, ως έννοια μεταβάλλεται ανάλογα με τις κοινωνικές αλλαγές και την ανάπτυξη της τεχνολογίας (Lindenskov & Wedege, 2001). Το να είναι κανείς ενάριθμος σημαίνει ότι θα πρέπει να έχει μία συγκεκριμένη συμπεριφορά, της οποίας οι διαστάσεις αφορούν τα ακόλουθα (Evans, 2014):

- Το πλαίσιο (που ασκείται η εν λόγω συμπεριφορά): στην καθημερινότητα, στην εργασία, μέσα στην κοινωνία και στην κοινότητα, σε χώρους διά βίου μάθησης.
- Την ανταπόκριση (ως προς την μαθηματική δραστηριότητα): αναγνώριση /οριοθέτηση/πρόσβαση (ως προς την πληροφορία), ενέργεια/χρήση, ερμηνεία/αξιολόγηση.
- Το μαθηματικό περιεχόμενο: ποσότητα και αριθμοί, διάσταση και χώρος, μοτίβα και σχέσεις, δεδομένα και πιθανότητες
- Τις αναπαραστάσεις (των μαθηματικών/στατιστικών πληροφοριών): π.χ. σε κείμενο, πίνακες και/ή σε γραφήματα.

Στην διάσταση του μαθηματικού περιεχομένου εμφανίζονται τα δεδομένα και οι πιθανότητες, η κατανόηση των οποίων συνδέεται με τον στατιστικό γραμματισμό. Ο συγκεκριμένος όρος υποδηλώνει την ικανότητα ερμηνείας στατιστικών πληροφοριών και όπου κρίνεται απαραίτητο τη μετάδοση αυτών μέσω του προφορικού ή γραπτού λόγου. Αν και ως έννοια είναι αρκετά αόριστη (Rumsey, 2002), εξαιτίας του διαφορετικού πλαισίου μέσα στο οποίο χρησιμοποιείται κάθε φορά, μπορεί να θεωρηθεί ότι συνδέεται με την ελάχιστη γνώση βασικών στατιστικών εννοιών και διαδικασιών. Επιπλέον, ο όρος στατιστικός γραμματισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή της γνώσης που χρειάζονται οι άνθρωποι για να κατανοούν και να παίρνουν αποφάσεις βασιζόμενοι στην ανάλυση στατιστικών πληροφοριών. Αποτελεί, επομένως, ανάγκη για όλους τους πολίτες (Gal, 2002), οι οποίοι καλούνται να ερμηνεύσουν στατιστικές πληροφορίες σε μια πληθώρα καθημερινών καταστάσεων.

Τα Σ.Δ.Ε. και ο αριθμητικός γραμματισμός

Η κύρια δομή της δια βίου μάθησης στην χώρα μας, στην οποία οι ενήλικες διδάσκονται Μαθηματικά είναι τα Σ.Δ.Ε. Τον κύριο άξονα της διδακτικής φιλοσοφίας τους συνιστά η παρεμβατική διερευνητική συμμετοχή και διδασκαλία, η δοκιμή, ο προβληματισμός, αλλά και η ενσωμάτωση του νέου υλικού στα ήδη υπάρχοντα γνωστικά και νοητικά σχήματα, τα οποία ο εκπαιδευόμενος μπορεί να μετασχηματίζει, να αναδομεί και να αναθεωρεί. Δεν υπάρχουν διδακτικά εγχειρίδια και ο ρόλος των εκπαιδευτικών διαφέρει από αυτόν των εκπαιδευτικών της τυπικής εκπαίδευσης, καθώς αυτοί καλούνται να γίνουν ερευνητές στην τάξη τους και από απλοί αναμεταδότες γνώσεων γίνονται συν-παραγωγοί γνώσης μαζί με τους εκπαιδευόμενους (Χοντολίδου, 2010).

Το πρόγραμμα σπουδών των ΣΔΕ δεν διαμορφώνεται από το σύλλογο διδασκόντων κάθε ΣΔΕ (όπως συνέβαινε μέχρι το 2008), αλλά συντάσσεται σε κεντρικό επίπεδο από την αρμόδια υπηρεσία Μελετών και Εκπαιδευτικού σχεδιασμού της Γενικής Γραμματεία Δια Βίου Μάθησης και υλοποιείται μετά από απόφαση του Γενικού Γραμματέα Εκπαίδευσης Ενηλίκων. Σε αυτό το πρόγραμμα σπουδών εντάσσεται ο αριθμητικός γραμματισμός (*Προδιαγραφές Σπουδών για τα Σχολεία Δεύτερης Ενκαιρίας*, 2010, σελ. 113-134). Επιπλέον, έχει δημιουργηθεί και μία αναθεωρημένη μορφή του (*Πρόγραμμα Σπουδών του Γραμματισμού των Μαθηματικών*, Λεμονίδης και Μαραβελάκης, 2013). Βασικός στόχος της διδασκαλίας του αριθμητικού γραμματισμού είναι οι εκπαιδευόμενοι να καταστούν ενάριθμοι, να αποκτήσουν, δηλαδή, πέρα από ένα βασικό επίπεδο γνώσεων μαθηματικών εννοιών, μία ευρεία αντίληψη για τα Μαθηματικά και την αξία που αυτά έχουν για την καθημερινότητά τους.

Το εκπαιδευτικό υλικό στη διδασκαλία της Στατιστικής στα Σ.Δ.Ε.

Οι έννοιες Στατιστικής που διδάσκονται στους δύο κύκλους σπουδών των ΣΔΕ εντάσσονται στην τροχιά «Δεδομένα, Στατιστική και Πιθανότητες» της οποίας βασικοί στόχοι είναι οι ενήλικες; (α) να συλλέγουν συστηματικά, να οργανώνουν και να περιγράφουν δεδομένα, (β) να κατασκευάζουν, να διαβάζουν πληροφορίες και δεδομένα και να χρησιμοποιούν τους πίνακες και τα γραφήματα και (γ) να ελέγχουν την εγκυρότητα και την αλήθεια συμπερασμάτων που βγαίνουν από την επεξεργασία δεδομένων. Ειδικότερα η ανάγνωση, η κατανόηση και η ικανότητα αμφισβήτησης των γραφημάτων που συναντώνται στα Μ.Μ.Ε., στο διαδίκτυο και στον έντυπο τύπο αποτελούν ικανότητες απαραίτητες για τον πολίτη της σύγχρονης κοινωνίας. Εφόσον, σύμφωνα με τον Arganì (2003) ζούμε σε έναν κόσμο όπου η πληροφορία μεταδίδεται κατά κύριο λόγο μέσω εικόνων αλλά και η τεχνολογία υποστηρίζει μία επικοινωνία κατά βάση οπτική. Βασική έκφραση αυτής της οπτικής επικοινωνίας αποτελούν τα γραφήματα, η ευρεία χρήση των οποίων προϋποθέτει ότι αυτά είναι ευκρινή ως προς τα μηνύματα που μεταδίδουν (Ainley, 2000). Προϋπόθεση η οποία δεν ικανοποιείται πάντα εφόσον παραπλανητικά (misleading) γραφήματα χρησιμοποιούνται κατά κόρον για την παραποίηση των μεταδιδόμενων πληροφοριών. Η χρήση των πραγματικών γραφημάτων (real life graphs), που ενδεχομένως μπορεί να είναι και παραπλανητικά, για την διδασκαλία της Στατιστικής αλλά και την αξιολόγηση των στατιστικών γνώσεων μαθητών ή/και υποψηφίων και εν

ενεργεία εκπαιδευτικών έχει τονιστεί από ερευνητές της στατιστικής εκπαίδευσης (π.χ. Watson & Chick, 2004).

ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η γνώση βασικών εννοιών Στατιστικής αφορά τον στατιστικό γραμματισμό και κατ' επέκταση την αποτελεσματική λειτουργία του ενήλικα μέσα στο κοινωνικό γίνεσθαι. Με αυτό σαν σημείο εκκίνησης και με βασική επιδίωξη τον αριθμητισμό και τον στατιστικό γραμματισμό των εκπαιδευομένων στο Σ.Δ.Ε. Άρτας σχεδιάσαμε μία σειρά μαθημάτων με βασικό θέμα την Στατιστική. Η επιλογή και διαμόρφωση του περιεχομένου διδασκαλίας στηρίχτηκε στον διαθέσιμο χρόνο, τις πρότερες γνώσεις των εκπαιδευομένων αλλά και τις ανάγκες τους. Για τη διδασκαλία σχεδιάστηκαν δραστηριότητες που βασίστηκαν σε στοιχεία που προτάθηκαν από τους Garfield & Ben-Zvi (2008) και οι οποίες κατά κύριο λόγο έπρεπε (α) να συνδέονται με την καθημερινή ζωή των εκπαιδευομένων (π.χ. γραφήματα από εφημερίδες, δεδομένα με νόημα για τους εκπαιδευόμενους), (β) να επικεντρώνονται στην ανάπτυξη της κατανόησης των στατιστικών εννοιών παρά στην στεία παρουσίαση αλγορίθμων και διαδικασιών και (γ) να προωθούν την ανάπτυξη μίας επιχειρηματολογίας που θα στηρίζεται σε στατιστικές έννοιες. Στη διδασκαλία συμπεριλαμβανόταν οι παραπάνω στατιστικές έννοιες μέσω φύλλων εργασίας που περιείχαν τις προαναφερόμενες δραστηριότητες. Για την ολοκλήρωση της διδασκαλίας χρειάστηκαν περίπου τέσσερις εβδομάδες το σχολικό έτος 2014-2015 με τον αριθμητικό γραμματισμό να διδάσκεται τρεις ώρες εβδομαδιαίως. Οι εκπαιδευόμενοι στο ΣΔΕ Άρτας φοιτούσαν στα δυο τμήματα του Α και στο ένα του Β κύκλου σπουδών. Η διδασκαλία έγινε και στους δύο κύκλους εφόσον την προηγούμενη χρονιά οι εκπαιδευόμενοι του Β κύκλου σπουδών δεν είχαν διδαχθεί έννοιες της Στατιστικής. Συνολικά ήταν 43 άτομα, στην πλειονότητα τους άνδρες (33) και η ηλικία τους κυμαινόταν από 25 έως 55 ετών. Όλοι ήταν απόφοιτοι Δημοτικού και οι περισσότεροι ήταν άνεργοι. Σε όλα τα τμήματα που έγινε η διδασκαλία οι εκπαιδευόμενοι είχαν διδαχθεί κλάσματα, ποσοστά και σχέσεις αναλογίας, γνώσεις που είναι απαραίτητες για την κατανόηση των εννοιών της Στατιστικής. Η διδασκαλία ήταν μαθητοκεντρική και στηρίχτηκε στις παρακάτω βασικές αρχές (Ginsburg, 2008):

- Οι εκπαιδευόμενοι να εκφράζουν την γνώμη τους για τη σημασία που έχει ό,τι κάνουν: τι, γιατί και πώς. Εξηγώντας την σκέψη τους οι εκπαιδευόμενοι κατανοούν σε βάθος τι ακριβώς κάνουν.
- Η επίλυση πραγματικών προβλημάτων θα πρέπει να στηρίζεται στην διαδικασία που ακολουθείται και δεν πρέπει να είναι αυτοσκοπός να δοθεί μια σωστή απάντηση. Η συζήτηση πρέπει να επικεντρώνεται σε εναλλακτικές τεχνικές και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε μίας. Οι εκπαιδευόμενοι χρειάζεται να μάθουν πώς να παίρνουν αποφάσεις που στηρίζονται σε αριθμητικά δεδομένα όταν οι αριθμοί «δεν βγαίνουν» ή όταν όλες οι πληροφορίες δεν είναι ευδιάκριτες. Για αυτό χρειάζεται να διαθέτουν στρατηγικές και εμπειρίες για όποτε χρειαστεί.
- Στόχος της διδασκαλίας θα πρέπει να είναι η σύνδεση όλων όσων ήδη γνωρίζουν αλλά και όσων πρόκειται να μάθουν. Για παράδειγμα, η διδασκαλία συγκεκριμένων

γραφημάτων συνδεόταν με τις γνώσεις των εκπαιδευομένων για τα ποσοστά και τα κλάσματα.

Παράλληλα η διδασκαλία μαγνητοφωνήθηκε με στόχο την αξιολόγηση των μαθητών. Κάποια από τα αποτελέσματα που προέκυψαν έχουν ήδη παρουσιαστεί (Κοντογιάννη & Τάτσης, 2015). Εξαιτίας του περιορισμένου χώρου θα αναφερθούμε μόνο σε ένα από τα μαθήματα που συνδεόταν με την διδασκαλία των γραφημάτων και συγκεκριμένα στο 6^ο «Αξιολόγηση γραφημάτων-Εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτά». Η επιλογή μας στηρίζεται στο γεγονός ότι την παρούσα σχολική χρονιά έγινε αναφορά στο εν λόγω μάθημα με στόχο την συμπλήρωση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την πρώτη εφαρμογή της διδασκαλίας αλλά και την επέκταση αυτών μέσω της χρήσης πραγματικών γραφημάτων από έρευνες που δημοσιεύτηκαν στο διαδίκτυο, σε εφημερίδες και σε περιοδικά.

Στο συγκεκριμένο μάθημα, το οποίο διδάχτηκε την προηγούμενη σχολική χρονιά, συμπεριλαμβανόταν κατά βάση παραπλανητικά γραφήματα. Αυτή η επιλογή στηρίχτηκε στο γεγονός ότι αυτά αποτελούν ιδανικό μέσο για την διδασκαλία της ερμηνείας των γραφημάτων αλλά ταυτόχρονα μπορούν να αποτελέσουν και την βάση για την αξιολόγηση της κατανόησης των μαθητών (Monteiro & Ainley, 2007). Κάποιες από τις σχετικές δραστηριότητες έχουν ήδη παρουσιαστεί (Κοντογιάννη & Τάτσης, 2015).

Επιπροσθέτως, η ερμηνεία γραφημάτων δεν είναι αποτέλεσμα μόνο του γνωστικού υπόβαθρου (Lima, 1998 όπως αναφέρεται από τους Queiroz κ.α., 2015) αλλά αποτελεί μια σύνθετη πράξη στην οποία ο εκάστοτε αναγνώστης εμπλέκει στοιχεία της διάθεσης όπως είναι τα πιστεύω του ή συναισθηματικά στοιχεία (Gal, 2002). Στηριζόμενοι σε αυτή την παραδοχή, κατασκευάσαμε ένα ερωτηματολόγιο με 10 ερωτήσεις-δραστηριότητες. Χρησιμοποιήσαμε γραφήματα που απεικονίζουν δεδομένα από καταστάσεις της καθημερινότητας-πραγματικής ζωής και προερχόταν από τον έντυπο τύπο ή το διαδίκτυο καθώς έχει τονιστεί η σημασία τους για την διδασκαλία της Στατιστικής (Watson, 2004). Αν και η θεματολογία όλων των γραφημάτων αφορά καταστάσεις της καθημερινότητας κάποια από αυτά έθιγαν πιο «ευαίσθητα» θέματα της κοινωνίας (π.χ. μετανάστευση λόγω της οικονομικής κρίσης ή συναισθηματική κατάσταση των Ελλήνων). Όσον αφορά τον διαχωρισμό των γραφημάτων ως προς το είδος τους αυτά ήταν ραβδογράμματα (απλά, stacked) και κυκλικά διαγράμματα. Η επιλογή αυτή στηρίχτηκε στο ότι (α) αυτά τα είδη γραφημάτων είναι πιο διαδεδομένα στα Μ.Μ.Ε., και (β) είχαν διδαχθεί την κατασκευή, ανάγνωση και ερμηνεία τους οι εκπαιδευόμενοι την προηγούμενη χρονιά.

Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των εκπαιδευομένων σε κάθε δραστηριότητα-ερώτηση χρησιμοποιήθηκε η ταξινόμηση που προτείνεται από τους Friel κ.α. (2001) σε συνδυασμό με στοιχεία από την έρευνα των Monteiro & Ainley (2004) σχετικά με την κριτική στάση κατά την ανάγνωση και ερμηνεία γραφημάτων. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Friel et al. (2001) οι αναγνώστες των γραφημάτων κατά την ερμηνεία τους θα πρέπει να:

(α) *διαβάζουν τα δεδομένα*: να έχουν δηλαδή την ικανότητα εντοπισμού των αριθμητικών πληροφοριών που δίνονται στο γράφημα,

(β) *διαβάζουν μεταξύ των δεδομένων*: να έχουν την ικανότητα σύγκρισης δύο ή περισσότερων σημείων του γραφήματος. Αυτό απαιτεί την σύνδεση των κατασκευαστικών στοιχείων του γραφήματος με τους αριθμούς στα οποία αυτά αντιστοιχούν.

(γ) *διαβάζουν πέρα από τα δεδομένα*: να έχουν την ικανότητα επέκτασης, πρόβλεψης και εξαγωγής συμπερασμάτων. Σε αυτόν τον άξονα περιλαμβάνεται και η ικανότητα επέκτασης, πρόβλεψης ή εξαγωγής των συμπερασμάτων για την απάντηση ερωτήσεων των οποίων οι απαντήσεις δεν προκύπτουν άμεσα από το γράφημα.

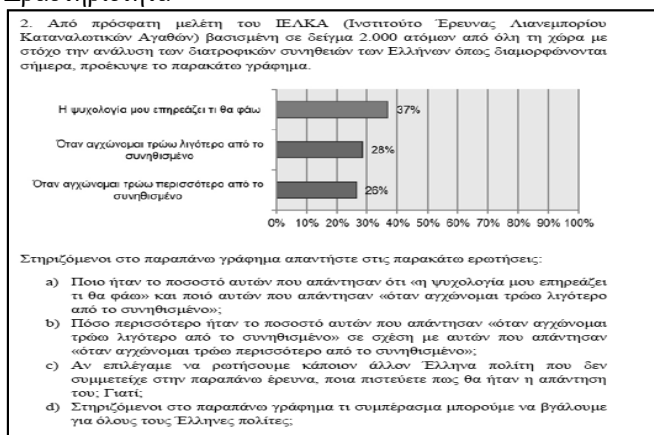
Η κριτική στάση ως έννοια αναφέρεται στην χρήση των πρότερων γνώσεων, πεποιθήσεων και εμπειριών αλλά και την εξισορρόπηση μεταξύ τους κατά την ερμηνεία των γραφημάτων. Για να επιτευχθεί όμως αυτή η διαδικασία κρίνεται απαραίτητο το γράφημα να έχει νόημα για τον αναγνώστη έτσι ώστε να επιτευχθεί η αποπλαισιοποίηση της γνώσης και των εμπειριών του, συγκρίνοντας τα με τα δεδομένα του γραφήματος (Queiroz κ.α., 2015).

Το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε στους εκπαιδευόμενους και συμπληρώθηκε κατά τη διάρκεια δύο διδακτικών ωρών. Στη συνέχεια έγινε μία διδακτική παρέμβαση διάρκειας μίας διδακτικής ώρας στην οποία συζητήθηκαν οι απαντήσεις που είχαν δοθεί. Οι εκπαιδευόμενοι ανήκαν όλοι στον Β κύκλο σπουδών (30 συνολικά) και είχαν διδαχθεί την προηγούμενη χρονιά τα προαναφερόμενα μαθήματα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Λόγω περιορισμένου χώρου θα αναφερθούμε μόνο σε δύο από τις δραστηριότητες του ερωτηματολογίου που διανεμίμαμε και σε κάποια αρχικά αποτελέσματα που προέκυψαν.

Εικόνα 1: 1^η Δραστηριότητα



Το γράφημα της συγκεκριμένης δραστηριότητας προερχόταν από το διαδικτυο (<http://www.ielka.gr/?p=2004>) και επιλέχθηκε καθώς αφορούσε ένα θέμα της

καθημερινότητας των συμμετεχόντων. Για την απάντηση στο πρώτο υποερώτημα έπρεπε οι εκπαιδευόμενοι να διαβάσουν τα δεδομένα, για το δεύτερο υποερώτημα να διαβάσουν μεταξύ των δεδομένων ενώ για τα δυο τελευταία υποερωτήματα οι εκπαιδευόμενοι έπρεπε να διαβάσουν πέρα από τα δεδομένα. Επιπλέον, για να απαντήσουν σωστά στο 3^ο υποερώτημα έπρεπε να λάβουν υπόψη το μικρό δείγμα στο οποίο βασιζόταν το γράφημα σε σχέση με όλο τον πληθυσμό στον οποίο αναφερόταν.

Στα δυο πρώτα υποερωτήματα στην πλειονότητά τους οι εκπαιδευόμενοι απάντησαν σωστά. Ήταν επομένως σε θέση να εντοπίσουν τις αριθμητικές πληροφορίες που δίνονται με το γράφημα και να τις επικοινωνήσουν αυτούσιες. Επίσης, μπόρεσαν να συγκρίνουν μεταξύ δυο διαφορετικών στοιχείων του γραφήματος, στην περίπτωση μας στις δυο ράβδους που αφορούσε το δεύτερο υποερωτήμα. Η απόδοση των εκπαιδευομένων στα δυο επόμενα υποερωτήματα δεν ήταν τόσο καλή. Στην πλειονότητά τους απάντησαν στηριζόμενοι αμιγώς σε στοιχεία που δινόταν στο γράφημα, μη λαμβάνοντας υπόψη ότι τα δύο τελευταία υποερωτήματα αναφερόταν σε όλο τον πληθυσμό και όχι στο επιμέρους δείγμα:

Απάντηση 1: c) 37% ...λόγω ακρίβειας επηρεάζει την ψυχολογία του τι θα φάω...d)

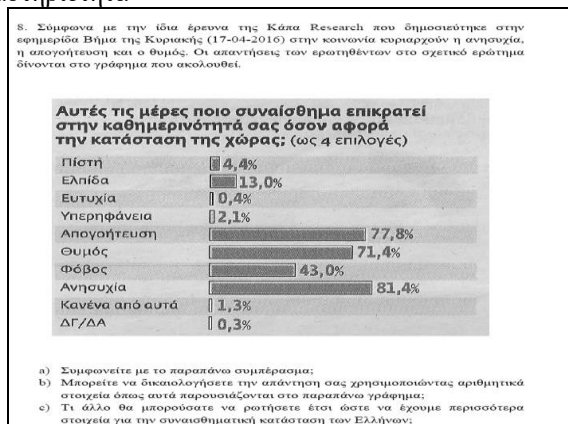
Ότι η ψυχολογία έχει σοβαρό λόγο στον τρόπο σκέψης για το τι και πόσο τρώμε.

Απάντηση 2: c) Όταν αγχώνομαι τρώω περισσότερο από το συνηθισμένο. d) Η ψυχολογία μου επηρεάζει τι θα φάω.

Μόνο ένας από τους εκπαιδευομένους απάντησε διαφορετικά ως εξής:

Απάντηση 3: c) Πιστεύω ότι θα μπορούσε να είναι και ότι δεν επηρεάζει η ψυχολογία μου το τι θα φάω. d) Σύμφωνα με το γράφημα το συμπέρασμα που μπορούμε να βγάλουμε για το δείγμα των 2000 ατόμων είναι ότι η ψυχική υγεία επηρεάζει το σύνολο.

Στην απάντηση είναι εμφανές ότι δεν στηρίζεται στο γράφημα για να γενικεύσει σε όλο τον πληθυσμό και ότι τονίζει ότι πρόκειται για ένα γράφημα που στηρίζεται μόνο στο συγκεκριμένο δείγμα. Επομένως, είναι σε θέση να διαβάσει πέρα από τα δεδομένα.

Εικόνα 2: 2^η Δραστηριότητα

Το γράφημα της δεύτερης δραστηριότητας προερχόταν από μία έρευνα της Κapa Research που δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα *Βήμα της Κυριακής* (17-04-2016). Τα υποερωτήματα που συνόδευαν το γράφημα κατασκευάστηκαν με σκοπό την αξιολόγηση της κριτικής στάσης των εκπαιδευομένων. Θεωρήσαμε ότι τα δεδομένα στα οποία στηρίχτηκε αυτό το γράφημα θα κινητοποιούσαν τους εκπαιδευόμενους στις απαντήσεις τους να μην συμπεριλάβουν μόνο αναφορές στα τεχνικά χαρακτηριστικά του γραφήματος αλλά να εμπλέξουν και τις προσωπικές τους πεποιθήσεις.

Στις απαντήσεις των περισσότερων δεν περιλαμβανόταν αριθμητικά στοιχεία από το γράφημα αλλά υπερίσχυαν οι προσωπικές τους απόψεις:

Απάντηση 4: β) Γιατί στις μέρες μας οι καιροί είναι δύσκολοι και καταπιεστικοί. γ)

Αν δεν υπήρχε κρίση στην χώρα ποια θα ήταν τα συναισθήματα τους;

Απάντηση 5: β) Γιατί δεν ξέρουμε τι θα μας βρει την επόμενη μέρα. γ) Απολύτως τίποτα. Όλα είναι ψεύτικα και δουλεύουμε για άλλους.

Απάντηση 6: β) Στη χώρα μας δεν λειτουργεί τίποτα σωστά τα τελευταία χρόνια και ο λαός μας δεν αντέχει άλλο πια και η συναισθηματική κατάσταση μας έχει πέσει κατακόρυφα στα αρνητικά. γ) Τι προτιμάμε να κάνουμε ατομικά και μαζικά για να αισθανθούμε καλύτερα συναισθηματικά σαν Έλληνες;

Οι εκπαιδευόμενοι βάσιαν τις απαντήσεις τους στο πλαίσιο στο οποίο αναφερόταν το γράφημα (βλ. Monteiro, 2005), στηριζόμενοι λιγότερο στις στατιστικές τους γνώσεις τους και περισσότερο στις προσωπικές τους απόψεις. Επομένως δεν επιτεύχθηκε η εξισορρόπηση μεταξύ των πρότερων γνώσεων, των πεποιθήσεων και των εμπειριών κατά την ερμηνεία των γραφημάτων. Στις απαντήσεις που έδωσαν οι εκπαιδευόμενοι υπερίσχυαν οι πεποιθήσεις και οι εμπειρίες τους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την παρούσα εργασία παρουσιάσαμε στοιχεία από μία πρόταση διδασκαλίας της Στατιστικής στο Σ.Δ.Ε. της Άρτας, που υλοποιήθηκε την προηγούμενη σχολική χρονιά. Επιπλέον, παραθέσαμε κάποια από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την αξιολόγηση των γνώσεων των εκπαιδευομένων για αυτές και συγκεκριμένα για την κατανόηση των γραφημάτων. Η αξιολόγηση αυτή έλαβε χώρα την φετινή σχολική χρονιά και οι εκπαιδευόμενοι που συμμετείχαν σε αυτή είχαν παρακολουθήσει την προαναφερόμενη διδασκαλία. Γενικά, υπάρχει ένα έλλειμμα όσον αφορά την έρευνα για την διδασκαλία των Μαθηματικών σε ενήλικες και την αξιολόγηση των γνώσεων τους (Κοντογιάννη και Τάτσης, 2015).

Χρησιμοποιήσαμε δραστηριότητες-ερωτήσεις που περιλάμβαναν γραφήματα από τα Μ.Μ.Ε., με θέματα τα οποία συνδεόταν με την καθημερινότητα των εκπαιδευομένων. Στόχος μας ήταν να κατασκευάσουμε ερευνητικές καταστάσεις στις οποίες οι εκπαιδευόμενοι θα χρησιμοποιούσαν τις προσωπικές τους απόψεις και στις οποίες το γνωστικό τους υπόβαθρο δεν θα αποτελούσε τροχοπέδη κατά την ερμηνεία των δεδομένων στα γραφήματα.

Οι εκπαιδευόμενοι ήταν σε θέση να διαβάζουν τα δεδομένα και να διαβάζουν μεταξύ των δεδομένων. Δεδομένου ότι εντόπιζαν τις αριθμητικές πληροφορίες που δινόταν στο γράφημα και μπορούσαν να συγκρίνουν μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων του γραφήματος. Σχετικά με την ικανότητα τους να διαβάζουν πέρα από τα δεδομένα οι εκπαιδευόμενοι, στην πλειονότητα τους, δεν μπόρεσαν να αποδώσουν σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο.

Στις απαντήσεις που έδωσαν οι εκπαιδευόμενοι υπερίσχυαν οι προσωπικές τους απόψεις σε αντίθεση με τις γνώσεις τους για τα γραφήματα. Η κριτική τους στάση δεν ήταν τόσο ανεπτυγμένη εφόσον δεν επετεύχθη η εξισορρόπηση μεταξύ των γνώσεων, των πεποιθήσεων και των εμπειριών τους κατά την ερμηνεία των γραφημάτων. Ωστόσο, επιβεβαιώθηκε το συμπέρασμα των Gal (2002) και Monteiro & Ainley (2004) ότι στο πλαίσιο του στατιστικού γραμματισμού, και κατ' επέκταση του αριθμητισμού, δεν εμπλέκονται μόνο οι γνώσεις αλλά και οι πεποιθήσεις των ενηλίκων.

Όπως αναφέραμε, για την σωστή λειτουργία τους ως πολίτες και μέλη του κοινωνικού συνόλου, οι ενήλικες πρέπει να είναι ενήμεροι ότι το υλικό στο οποίο βασίζονται αυτές οι πληροφορίες είναι σκόπιμα επιλεγμένο με σκοπό αυτοί να υιοθετούν συγκεκριμένες απόψεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ainley, J. (2000). Constructing purposeful mathematical activity in primary classrooms. In C. Tikly and A. Wolf (eds.), *The Maths We Need Now: Demands, deficits and remedies* (pp. 138-153). London: Institute of Education, University of London.
- Arcavi, A. (2003). The role of visual representation in the learning of mathematics, *Educational Studies in Mathematics*, 52(3), 215-241.
- Evans, J. (2014). New PIAAC results: Care is needed in reading reports of international surveys. *Adults Learning Mathematics: An International Journal*, 9(1), 37-52

- Friel S. N., Curcio F. R., & Bright G. W. (2001). Making Sense of Graphs: Critical Factors Influencing Comprehension and Instructional Implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32, 124-158.
- Gal, I. (2002). Adult statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70, 1-25.
- Garfield, J. B., & Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice*. New York: Springer.
- Ginsburg, L. (2008). Designing Instruction with the Components of Numeracy in Mind. *Focus on Basics: Connecting Research and Practice*. 9 (A), 14-20.
- Kemp, M. (2009). Numbers in the Media. In C. Hurst, M. Kemp, B. Kissane, L. Sparrow & T. Spencer (eds.) *Mathematics: It's mine. Proceedings of the 22nd biennial conference of the Australian Association of Mathematics Teachers Inc.* (pp. 122-124).
- Lindenskov, L., & Wedege, T. (2001). *Numeracy as an analytical tool in mathematics education and research*. Roskilde, Denmark: Centre for Research in Learning Mathematics, Roskilde University.
- Manly, M. & Dave, T. (2001). Numeracy in the Adult Literacy and Lifeskills Project. In G. FitzSimons, J. O'Donoghue, and D. Coben (eds.), *Adult and Lifelong Education in Mathematics*. Melbourne, Australia: Language Australia.
- Monteiro, C. (2005). *Investigating critical sense in the interpretation of media graphs*. Unpublished Ph.D Thesis, Institute of Education, University of Warwick.
- Monteiro, C., & Ainley, J. (2004). Exploring the complexity of the interpretation of the media graphs. *Research in Mathematics Education*, 6(1), 115-128
- Monteiro, C., & Ainley, J. (2007). Investigating the interpretation of media graphs among student teachers. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 2(3), 188-207.
- Queiroz, T. N., Monteiro, C., Carvalho, L., Francois, K. (2015). Affective exhibition during interpretation of statistical data. In K. Krainer, N. Vondrova (eds.) *Proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education Prague*, (pp.746-753). Czech Republic.
- Rumsey, D. J. (2002). Discussion: Statistical Literacy: Implications for Teaching, Research, and Practice. *International Statistical Review*, 70(1), 32-36.
- Watson, J. M. (2004). Quantitative literacy in the media: An arena for problem solving. *The Australian Mathematics Teacher*, 60(1), 34-40.
- Watson, J. M., Chick, H. L. (2004). What is unusual? The case of a media graph. *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. 2. (pp. 207-214).
- Κόκκοβα, Ε. (2015). *Το προφίλ των εκπαιδευτικών των Σχολείων Δεύτερης Ευκαιρίας Νομού Θεσσαλονίκης και η σύνδεσή του με τις Θεωρίες Εκπαίδευσης Ενηλίκων*. Μεταπτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Τμήμα Εκπαιδευτικής και Κοινωνικής Πολιτικής, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Ειδικευση Δια Βίου Μάθησης.

- Κοντογιάννη Α., Τάτσης Κ. (2015). Κατανόηση Γραφημάτων από Ενήλικες σε Σχολείο Δεύτερης Ευκαιρίας. Δ. Δεσλή, Ι. Παπαδόπουλος, Μ. Τζεκάκη (επιμ.). *Πρακτικά του 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της ΕΝ.Ε.ΔΙ.Μ: Μαθηματικά ΜΕ διάκριση και ΧΩΡΙΣ διακρίσεις*. Θεσσαλονίκη: ΕΝΕΔΙΜ. (σελ. 519-528)
- Λεμονίδης, Χ. & Μαραβελάκης, Π.Ε. (2013). *Πρόγραμμα Σπουδών του Γραμματισμού των Μαθηματικών*.
- Χοντολίδου, Ε. (2010). Το πρόγραμμα σπουδών του Σχολείου Δεύτερης Ευκαιρίας, στο Προδιαγραφές Σπουδών για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας, (2010 2^η έκδ.) Αθήνα: ΓΓΕΕ, ΙΔΕΚΕ, (σελ. 75-80).

Συνδυαστικές Δραστηριότητες Μαθηματικών και Μελέτης Περιβάλλοντος στη Β΄ τάξη του Δημοτικού σχολείου που αναδεικνύουν αναστοχαστικό συλλογισμό.

Ευάγγελος Μώκος¹, Ναταλία Μαυρίδου² & Βικτώρια Μπόνταρ³

¹ Διευθυντής 50ου Δημοτικού Σχολείου Αθηνών, Διδάκτορας Πανεπιστημίου Αιγαίου,
emokos@rhodes.aegean.gr

² Εκπαιδευτικός, Διδάκτορας Πανεπιστημίου Τόμσκ Ρωσίας, i.n.mavridou@gmail.com

³ Καθηγήτρια, North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia,
viktori-bondar@yandex.ru

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εισήγηση αυτή παρουσιάζεται τόσο ο σχεδιασμός όσο και η υλοποίηση δραστηριοτήτων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών (Μελέτης Περιβάλλοντος) σε παιδιά της Β΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου, με σκοπό να αναδειχτούν τόσο οι συγκλίνουσες διαδρομές των δύο αυτών πεδίων, όσο και ο Αναστοχαστικός συλλογισμός των μαθητών της ηλικίας αυτής. Δόθηκαν δραστηριότητες που αναφέρονταν στην μέτρηση του χρόνου, μία ενότητα που υπάρχει στο εγχειρίδιο των Μαθηματικών και στο εγχειρίδιο της Μελέτης Περιβάλλοντος της Β΄ Τάξης. Η ανάδειξη των γνώσεων των μαθητών έγινε μέσα από την πληροφόρηση που παρείχαν οι εκπαιδευτικοί των τμημάτων που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι δραστηριότητες δόθηκαν, σε ομάδες των δύο μαθητών (μαθητής/τρια με καλή απόδοση στα μαθηματικά με μαθητή/τρια με λιγότερη καλή επίδοση στα μαθηματικά). Η συλλογή των δεδομένων για την καταγραφή της μαθησιακής διαδικασίας έγινε μέσω βιντεοσκόπησης. Οι μαθητές ανταποκρίθηκαν με επιτυχία στις δραστηριότητες και ανέπτυξαν αναστοχαστικό συλλογισμό.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αναστοχαστικός συλλογισμός, δραστηριότητες, μεταγνώση, μέτρηση χρόνου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τελευταίο διάστημα η μεταγνώση (αναστοχαστικός συλλογισμός) έχει γίνει ένα από τα κύρια πεδία της γνωστικής αναπτυξιακής έρευνας. Η ερευνητική δραστηριότητα ξεκίνησε με τον John Flavell, που θεωρείται ο «πατέρας» του πεδίου αυτού ενώ στη συνέχεια ένας σημαντικός αριθμός θεωρητικών και εμπειρικών ερευνών

που ασχολούνται με τη μεταγνώση, μπορούν να καταγραφούν (Papaleontiou, 2008). Ο John Flavell το 1976 πρόσφερε έναν πρώτο κοινά αποδεκτό ορισμό για τη μεταγνώση: «είναι η γνώση που αφορά τις γνωστικές διαδικασίες του υποκειμένου καθώς επίσης και τα προϊόντα της γνώσης αυτής» (σ. 232). Μετά από περίπου μια δεκαετία οι Paris και Winograd (1990), υποστήριξαν ότι οι περισσότεροι ερευνητές δίνουν έμφαση σε δύο όψεις της μεταγνώσης, την *γνώση της γνώσης* (knowledge of cognition) και τον *έλεγχο* (control) της γνώσης (McCormick, 2003).

Στη μαθηματική εκπαίδευση, ο Schoenfeld (1987), με τις έρευνές του, βρήκε ότι η μεταγνώση (αναστοχαστικός συλλογισμός) μπορεί να βοηθήσει τη μαθηματική μάθηση των μαθητών συλλογικά ή εξατομικευμένα, μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να συνδέσουν μεταξύ τους διαφορετικά μαθηματικά πεδία, καθώς επίσης και ότι η μεταγνώση ενισχύει την ιδέα της συνεργατικής μαθησιακής διαδικασίας.

Η ραγδαία και συνεχής αύξηση της γνώσης και της πληροφορίας δημιουργεί την ανάγκη διασύνδεσης ανάμεσα στα διάφορα επιστημονικά πεδία. Στα πλαίσια της ποιοτικής αναβάθμισης της εκπαίδευσης στη χώρα μας συντάχθηκε το 2001 το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) για το δημοτικό σχολείο, το οποίο προβάλλει τη διαθεματική προσέγγιση ως διδακτική μεθοδολογία για την κατάκτηση της γνώσης (ΑΠΣ., ΔΕΠΣ, 2002).

Το 2011 δόθηκαν για πιλοτική εφαρμογή σε 99 σχολεία της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης τα «Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και οδηγοί για τον εκπαιδευτικό». Σύμφωνα με αυτά τα νέα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών και όσον αφορά τα μαθηματικά στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, ένας από τους στόχους μάθησης στα μαθηματικά είναι η ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης, η οποία μπορεί να ιδωθεί με βάση τις τρεις παρακάτω συνιστώσες της:

- Δημιουργική σκέψη: Ανοιχτός νους, περιέργεια.
- Αναστοχαστική σκέψη: Μεταγνώση (ρύθμιση και αυτοέλεγχος νοητικής και φυσικής δράσης)
- Κριτική σκέψη: Προσπάθεια κατανόησης της κατάστασης, ανάπτυξη στρατηγικής δράσης/μεθόδου και επιφυλακτικότητα.

Οι υλοποίηση των στόχων στα μαθηματικά σύμφωνα με τα νέα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών επιχειρείται να διασφαλιστεί μέσα από τέσσερις βασικές διεργασίες:

- α) του μαθηματικού συλλογισμού,
- β) της δημιουργίας συνδέσεων/δεσμών,
- γ) της επικοινωνίας μέσω της χρήσης εργαλείων,
- δ) της μεταγνωστικής ενημερότητας.

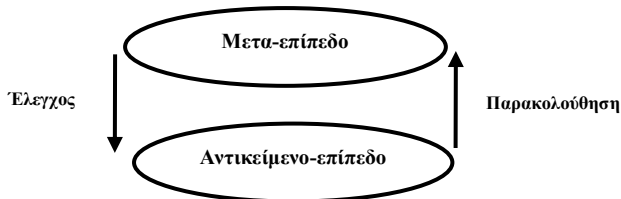
Οι στρατηγικές που περιγράφονται (ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ), μας θυμίζουν έντονα τη μεταγνώση (αναστοχαστικό συλλογισμό), ενώ πάλι σε άλλα αναλυτικά προγράμματα αναφέρεται ξεκάθαρα η λέξη μεταγνώση (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011). Στα πλαίσια της Διαθεματικής προσέγγισης μιας μαθηματικής έννοιας και της οριζόντιας μελέτης της μέσα από διαφορετικά γνωστικά πεδία, υπάρχει ακόμη μια αμφιβολία σχετικά με την ορθή μελέτη και αλληλεπίδραση των εννοιών μεταξύ τους.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η μεταγνώση είναι μια έννοια που δύσκολα μπορεί να γίνει κατανοητή μέσα από τη θεωρητική προσέγγισή της. Πολλοί ερευνητές του πεδίου αυτού (Flavell, 1981; Veenman et al. 2006) θεωρούν την έννοια αυτή αρκετά ασαφή (fuzzy) και πολλές φορές είναι αρκετά δύσκολο να εστιαστούμε πάνω σε έννοιες και σκέψεις που έχουν σχέση με τη μεταγνώση, τα συστατικά της, τη λειτουργία της, τη μέτρησή της. Ωστόσο, το πέρασμα από μια αντίληψη αποκλειστικά εξατομικευμένης μαθησιακής πορείας, από την ψευδαίσθηση της ύπαρξης αυτόνομης γνωστικής πορείας προς τη γνώση, στην αντίληψη ότι η μαθησιακή πορεία είναι μια πορεία αλληλεπιδράσεων και σταδιακών εξισορροπήσεων μεταξύ πέντε κυρίως δυναμικών συστημάτων: του υποκειμένου, της κοινωνίας, της οικογένειας, του σχολείου και του γνωσιολογικού οικοδομήματος, έδωσε μια νέα θέση στο ρόλο της μεταγνώσης (Καλαβάσης, 2007).

Η θεωρία των Nelson και Narens το 1990, μπόρεσε να οργανώσει σχεδόν ολόκληρη την υπάρχουσα έρευνα πάνω στη μεταγνώση (Van Overschelde, 2008). Τρία κρίσιμα χαρακτηριστικά απαιτούνται κατά τους Nelson και Narens για να έχουμε ένα μεταγνωστικό σύστημα: Το πρώτο είναι ο διαχωρισμός των γνωστικών διαδικασιών σε δύο ή περισσότερα σχετιζόμενα επίπεδα. Σύμφωνα σχήμα έχουμε το μετά-επίπεδο (meta-level) και το αντικείμενο-επίπεδο (object-level). Το δεύτερο κρίσιμο χαρακτηριστικό ενός μεταγνωστικού συστήματος είναι το είδος της σχέσης που καθορίζεται από τη ροή των πληροφοριών. Αυτή η ροή διακρίνεται ανάμεσα σε αυτό που ονομάζεται «έλεγχος» (control) και «παρακολούθηση» (monitoring) (Metcalf and Shimamura, 1994). Το τρίτο κρίσιμο χαρακτηριστικό του μεταγνωστικού μοντέλου του Nelson και Narens είναι ότι το μετά-επίπεδο περιέχει: α) ένα δυναμικό μοντέλο της τρέχουσας κατάστασης (Nelson & Narens, 1990, 1994), β) έναν μεταγνωστικό στόχο, ή στόχο κατάσταση και γ) γνώσεις και στρατηγικές για το πώς το μετά-επίπεδο μπορεί να αλλάξει ή να ελέγξει το αντικείμενο –επίπεδο, με στόχο να επιτύχει το σκοπό του μετά-επιπέδου (Nelson, 1999). Συνδυάζοντας τα τρία αυτά χαρακτηριστικά, το μεταγνωστικό μοντέλο αποτελεί ένα σύνολο από ανώτερου επιπέδου μεταγνωστικές διαδικασίες που παρακολουθούν και ελέγχουν χαμηλού επιπέδου γνωστικές διαδικασίες σε μια προσπάθεια να επιτευχθεί ένας στόχος (σχ. 1).

Σχήμα 1: Μια βασική αναπαράσταση του μεταγνωστικού μοντέλου των Nelson και Narens (Nelson & Narens, 1990, 1994)



Μελέτες που έχουν γίνει έδειξαν ότι η ενιαιοποίηση των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών έχει θετικό αντίκτυπο στη στάση των μαθητών και στο ενδιαφέρον τους τόσο απέναντι στο σχολείο όσο και απέναντι στο ενισχυμένο μάθημα (Meyer et al, 2009). Η ενιαιοποίηση, αναφέρεται στην εσωτερική συνοχή και την ομαλή ροή τόσο εντός των ενοτήτων και μεταξύ των ενοτήτων του αυτού μαθήματος που διδάσκεται σε διαφορετικές τάξεις όσο και στις αλληλοδιάδοχες βαθμίδες εκπαίδευσης (Ματσαγγούρας, 2002). Τα Μαθηματικά και οι Θετικές Επιστήμες αποτελούν κομμάτια του ίδιου παιγνιδιού και είναι αδύνατο να θεωρήσουμε το ένα δίχως την ύπαρξη του άλλου. Οι στόχοι από την εκπαίδευση των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών είναι να βοηθήσουν τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τη γλώσσα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών για να οικοδομήσουν και να ερμηνεύσουν το νόημα (Czerniak et al., 1999).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να αναδείξει τον αναστοχαστικό συλλογισμό μαθητών της Β΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου μέσα από δραστηριότητες που παρουσιάζουν μία έννοια που συναντάται σε δύο διαφορετικά γνωστικά πεδία, τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες και πιο συγκεκριμένα στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος. Η προσέγγισή μας προσπαθεί να αναδείξει αν ο σχεδιασμός ενισχυμένων δραστηριοτήτων μπορεί να φέρει στην επιφάνεια τον αναστοχαστικό συλλογισμό μαθητών 7 χρονών, μέσα από ένα συνεργατικό μαθησιακό πλαίσιο. Και πιο συγκεκριμένα:

- Αναδείχτηκαν αναστοχαστικοί συλλογισμοί των μαθητών της Β΄ τάξης μέσα σε ένα συνεργατικό πλαίσιο, ασχολούμενοι με συνδυαστικές δραστηριότητες μαθηματικών και φυσικών επιστημών (Μελέτης Περιβάλλοντος);

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα ήταν η «φωναχτή σκέψη» από την πλευρά των μαθητών (Μώκος, 2012), σύμφωνα με την οποία οι μαθητές καλούνται να φανερώσουν τη σκέψη τους, την αιτιολόγησή τους καθώς ασχολούνται με διάφορες δραστηριότητες, ενώ ο ερευνητής χρησιμοποίησε ερωτήματα από το ερωτηματολόγιο μεταγνωστικής ενημερότητας (Metacognitive Awareness Index, των Schraw and Dennison, 1994), όπως αυτό τροποποιήθηκε από τους Mokos and Kafoussi (2013). Τα δεδομένα συλλέχτηκαν μέσα από βιντεοσκόπηση. Στην έρευνα συμμετείχαν 42 μαθητές της Β΄ τάξης ενός τυπικού ελληνικού σχολείου και ειδικότερα 17 αγόρια και 25 κορίτσια, ηλικίας 7 ετών. Οι μαθητές δούλεψαν επάνω στις δραστηριότητες σε ομάδες των δύο ατόμων. Οι ομάδες αποτελούνταν από ένα μαθητή/τρια με καλή επίδοση στα μαθηματικά και ένα μαθητή/τρια με λιγότερο καλή επίδοση στα μαθηματικά, σύμφωνα πάντοτε με την αξιολόγηση των επιδόσεων των μαθητών από τους δύο εκπαιδευτικούς των τμημάτων της Β΄ τάξης.

Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν με βάση μία έννοια όπως αυτή παρουσιάζεται μέσα από τα δύο διαφορετικά γνωστικά πεδία, των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών, δηλαδή συνδυάστηκαν οι γνωστικοί στόχοι των δύο επιστημονικών πεδίων, προκειμένου να ενισχυθεί η κατανόηση ισότιμα. Σχεδιάστηκαν δύο μαθησιακές δραστηριότητες. Η πρώτη δραστηριότητα βασίστηκε στα κεφάλαια 32 και 47-48 του

σχολικού εγχειριδίου των μαθηματικών της Β΄ τάξης, σε συνδυασμό με το κεφάλαιο 4.1 και 4.3 του σχολικού εγχειριδίου της Μελέτης Περιβάλλοντος της Β΄ τάξης και αναφέρεται στο να μπορούν οι μαθητές να κατανοήσουν ότι ο χρόνος κυλά, ότι οι χρονικές αλλαγές μπορεί να είναι μεγάλες ή μικρές, αλλά και ότι μερικά φαινόμενα είναι περιοδικά δηλαδή να επαναλαμβάνονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Στους μαθητές δόθηκαν εικόνες από γενέθλια άλλων παιδιών, εικόνες που δείχνουν την εναλλαγή των εποχών, αλλά και εικόνες που δείχνουν την γη να περιφέρεται γύρω από τον ήλιο και να παρουσιάζεται και με αυτόν τον τρόπο η εναλλαγή των εποχών. Ταυτόχρονα ο ερευνητής ρωτούσε τους μαθητές ερωτήματα από το τροποποιημένο ερωτηματολόγιο MAI (Mokos and Kafoussi, 2013), ενώ οι μαθητές έλεγαν «φωναχτά» τη σκέψη τους, τις αντιρρήσεις μεταξύ τους ενώ η αλληλεπίδρασή και όλη αυτή η δραστηριότητα βιντεοσκοπούνταν.

Η δεύτερη δραστηριότητα ήταν ένα μαθηματικό πρόβλημα επάνω στην έννοια του χρόνου, κατά το οποίο οι μαθητές ρωτιούνταν να πούνε ποια θα είναι η ηλικία ενός παιδιού δέκα χρονών μετά από α) 365 ημέρες και β) μετά από 18 μήνες. Οι μαθητές έλυσαν συνεργατικά το πρόβλημα με τον ερευνητή να τους παροτρύνει να λένε «φωναχτά» τη σκέψη τους, αλλά και με το να τους ρωτάει μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα από το τροποποιημένο ερωτηματολόγιο MAI (Mokos and Kafoussi, 2013). Στην παρούσα φάση δε μας ενδιέφερε αν οι μαθητές έλυσαν σωστά το πρόβλημα.

Μερικά μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έθεσε ο ερευνητής στους μαθητές ήταν τα εξής (τα ερωτήματα δόθηκαν σε μια πιο απλοϊκή γλώσσα, κοντά στη γλώσσα που χρησιμοποιεί ο μαθητής) :

1. Όταν βρίσκεις σημαντικά «πράγματα» κόβεις ταχύτητα;
2. Όταν μπερδεύεσαι σταματάς και ξαναδιαβάζεις αυτό που σε δυσκολεύει;
3. Σκέφτεσαι πολλούς τρόπους για να λύσεις ένα πρόβλημα και διαλέγεις τον καλύτερο, τον πιο εύκολο;
4. Στο τέλος αφού έχεις λύσει το πρόβλημα ή την άσκηση κάνεις μια επανάληψη για αυτό που έμαθες;
5. Χρησιμοποιείς τις τεχνικές για τις πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, πολ/σμό) που έμαθες αυτόματα, χωρίς να το σκεφτείς;
6. Στο τέλος καταλαβαίνεις αν έχεις καταλάβει αυτό που έκανες;

Το 1^ο ερώτημα αναφέρεται στις Στρατηγικές Διαχείρισης Πληροφοριών, το 2^ο στις στρατηγικές Διόρθωσης, το 3^ο στις στρατηγικές Σχεδιασμού, το 4^ο στις στρατηγικές Αξιολόγησης, το 5^ο στις στρατηγικές Διαδικαστικής Γνώσης, το 6^ο στις στρατηγικές Δηλωτικής Γνώσης, στα πεδία δηλαδή που ελέγχονται από τα ερωτήματα αυτά μέσα στο ερωτηματολόγιο MAI καθώς και στο τροποποιημένο ερωτηματολόγιο MAI.

Πρέπει να σημειώσουμε το γεγονός ότι ο ερευνητής χρησιμοποιούσε τα μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα τη στιγμή που οι δύο μαθητές της ομάδας προσπαθούσαν να λύσουν το πρόβλημα ή τη στιγμή κατά την οποία ασχολούνταν με τη δραστηριότητα. Δηλαδή είχαμε μία προσπάθεια on line ανίχνευσης των μεταγνωστικών – αναστοχαστικού συλλογισμού δραστηριοτήτων των μαθητών της Β΄ τάξης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μελετώντας τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ερευνητή κατά την ενασχόληση των μαθητών με τις δραστηριότητες που δόθηκαν, παρατηρήσαμε ότι, όλοι σχεδόν οι μαθητές είχαν κατανοήσει τις έννοιες του χρόνου, του μήνα, της εβδομάδας, της ημέρας, της ώρας καθώς και της περιοδικότητας ενός φυσικού φαινομένου. Επιπλέον οι μαθητές εμφάνισαν αναστοχαστικό συλλογισμό μετά τα μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έθετε ο ερευνητής στους μαθητές κατά τη 1^η δραστηριότητα και αφορούσε στο συνδυασμό γνώσεων από τα γνωστικά πεδία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (πιν. 1)

Πίνακας 1: Αναστοχαστικός συλλογισμός μαθητών Β' τάξης στην 1^η Δραστηριότητα

		1 ^η Δραστηριότητα		
Μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα		Αγόρτα	Κορίτσια	Σύνολο
1	Όταν βρίσκεις σημαντικά «πράγματα» κόβεις ταχύτητα;	14	18	32
2	Όταν μπερδεύεσαι σταματάς και ξαναδιαβάζεις αυτό που σε δυσκολεύει;	12	24	36
3	Σκέφτεσαι πολλούς τρόπους για να λύσεις ένα πρόβλημα και διαλέγεις τον καλύτερο, τον πιο εύκολο;	9	12	21
4	Στο τέλος αφού έχεις λύσει το πρόβλημα ή την άσκηση κάνεις μια επανάληψη για αυτό που έμαθες;	7	16	23
5	Χρησιμοποιείς τις τεχνικές για τις πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, πολ/σμό) που έμαθες αυτόματα, χωρίς να το σκεφτείς;	16	23	39
6	Στο τέλος καταλαβαίνεις αν έχεις καταλάβει αυτό που έκανες;	10	18	28

Περισσότεροι μαθητές φαίνεται πως εκδήλωσαν αναστοχαστικού συλλογισμού δραστηριότητα σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έχουν σχέση με τις στρατηγικές Δηλωτικής Γνώσης (39 μαθητές συνολικά). Κατόπιν σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έχουν σχέση με τις στρατηγικές Διόρθωσης (36 μαθητές) ενώ 32 μαθητές εκδήλωσαν δραστηριότητα αναστοχαστικού συλλογισμού σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έχουν σχέση με τις στρατηγικές Διαχείρισης Πληροφοριών. Τέλος 28 μαθητές 23 και 21 σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έχουν σχέση με τις στρατηγικές Δηλωτικής γνώσης, Αξιολόγησης και Σχεδιασμού αντίστοιχα.

Στον πίνακα 2 βλέπουμε τους μαθητές που εμφάνισαν αναστοχαστικό συλλογισμό μετά τα μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έθετε ο ερευνητής στους μαθητές κατά τη 2^η δραστηριότητα και αφορούσε στην επίλυση ενός προβλήματος που συνδυάζε γνώσεις από τα γνωστικά πεδία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.

Πίνακας 2: Αναστοχαστικός συλλογισμός μαθητών Β' τάξης στη 2^η Δραστηριότητα

		2 ^η Δραστηριότητα		
Μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα		Αγόρια	Κορίτσια	Σύνολο
1	Όταν βρίσκεις σημαντικά «πράγματα» κόβεις ταχύτητα;	11	16	27
2	Όταν μπερδεύεσαι σταματάς και ξαναδιαβάζεις αυτό που σε δυσκολεύει;	14	25	39
3	Σκέφτεσαι πολλούς τρόπους για να λύσεις ένα πρόβλημα και διαλέγεις τον καλύτερο, τον πιο εύκολο;	8	10	18
4	Στο τέλος αφού έχεις λύσει το πρόβλημα ή την άσκηση κάνεις μια επανάληψη για αυτό που έμαθες;	7	12	19
5	Χρησιμοποιείς τις τεχνικές για τις πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, πολ/σμό) που έμαθες αυτόματα, χωρίς να το σκεφτείς;	14	18	32
6	Στο τέλος καταλαβαίνεις αν έχεις καταλάβει αυτό που έκανες;	8	9	17

Περισσότεροι μαθητές φαίνεται πως εκδήλωσαν αναστοχαστικού συλλογισμού δραστηριότητα σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έχουν σχέση με τις στρατηγικές Διόρθωσης (39 μαθητές συνολικά). Κατόπιν σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έχουν σχέση με τις στρατηγικές Δηλωτικής Γνώσης (32 μαθητές) ενώ 27 μαθητές εκδήλωσαν δραστηριότητα αναστοχαστικού συλλογισμού σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έχουν σχέση με τις στρατηγικές Διαχείρισης Πληροφοριών. Τέλος 19 μαθητές 18 και 17 σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα που έχουν σχέση με τις στρατηγικές Αξιολόγησης, Σχεδιασμού και Δηλωτικής γνώσης, αντίστοιχα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της Β' τάξης σε μεταγνωστικού τύπου ερωτήματα, όταν ασχολούνται με δραστηριότητες που συνενώνουν τα γνωστικά πεδία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, έδειξε ότι οι μαθητές της συγκεκριμένης ηλικίας φαίνεται πως αναπτύσσουν αναστοχαστικό συλλογισμό που βασίζεται κυρίως στην εμφάνιση μεταγνωστικών στρατηγικών που αναφέρονται στη Δηλωτική Γνώση και στις δύο δραστηριότητες που δόθηκαν. Φαίνεται πως οι μαθητές έχουν αναπτύξει τη χρήση αλγόριθμων για τις πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμού) και τις εφαρμόζουν αυτόματα για τη λύση των προβλημάτων, αλλά και στην ενασχόλησή τους με κάποια δραστηριότητα. Επίσης η ανάπτυξη στρατηγικών Δηλωτικής Γνώσης στην 1^η δραστηριότητα φανερώνει πως οι μαθητές της ηλικίας αυτής έχουν αναπτύξει αλγόριθμους και τεχνικές που χρησιμοποιούνται αυτόματα για να κατανοήσουν και ερμηνεύσουν τα φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με την έννοια του χρόνου. Επίσης οι στρατηγικές Διόρθωσης φαίνεται ότι κυριαρχούν στον αναστοχαστικό συλλογισμό των μαθητών της ηλικίας αυτής. Αυτό ίσως να συμβαίνει γιατί η συνεργασία σε μικρές ομάδες των δύο, διευκολύνει τον συλλογισμό των μαθητών, τους βοηθά να επεμβαίνει ο ένας μαθητής επάνω στη σκέψη και το συλλογισμό του άλλου, με αποτέλεσμα να καταλαβαίνουν τα λάθη τους και να προβαίνουν σε πράξεις μεταγνωστικού ελέγχου.

Σύμφωνα με το μεταγνωστικό μοντέλο των Nelson και Narens (1990), οι μαθητές της ηλικίας της Β΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου προσπαθούν να διαχειριστούν όσο το δυνατό καλύτερα τις πληροφορίες που τους δίνονται, να ελέγξουν το Αντικείμενο-επίπεδο, έτσι ώστε να επέμβουν στο Μετα-επίπεδο μέσω της Δηλωτικής γνώσης και των στρατηγικών Διόρθωσης για να τροποποιήσουν το ατελές μοντέλο του Αντικείμενου επιπέδου που βρίσκεται εκεί. Με τον τρόπο αυτό οι κατάλληλες πράξεις Μεταγνωστικού Ελέγχου (Διαχείριση Πληροφοριών, Διόρθωση, Αξιολόγηση), αλλά και Μεταγνωστικής Παρακολούθησης (Δηλωτική γνώση), προωθούν τη μάθηση, πάντα μέσα σε ένα συνεργατικό μοντέλο, εμφανίζοντας συγχρόνως αναστοχαστικό συλλογισμό. Βέβαια η παρούσα έρευνα είναι ένα μικρό κομμάτι μιας ευρύτερης που αναφέρεται όχι μόνο στον αναστοχαστικό συλλογισμό, μέσω δραστηριοτήτων που συνδυάζουν τα γνωστικά πεδία των μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών, αλλά και στα μεταγνωστικά αισθήματα που εμφανίζουν μαθητές της ηλικίας αυτής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΠΣ., ΔΕΠΠΣ. (2002). Υπουργείο Παιδείας Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων.
- Czerniak, C., Weber, W., Sandmann, A., & Ahern, J. (1999). A Literature Review of Science and Mathematics Integration. *School Science and Mathematics*, 99 (8), 421-430.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231–235). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Flavell, J. H. (1981). Cognitive monitoring. In W. P. Dickson (Ed.), *Children's oral communication skills* (pp. 35–60). New York: Academic Press.
- Καλαβάσης, Φ., (2007). Ορισμένες αρχικές επισημάνσεις για την έννοια του Σχεδιασμού Εκπαιδευτικών Μονάδων, *Θέματα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού*.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). Διεπιστημονικότητα, διαθεματικότητα και ενιαιοποίηση στα νέα Προγράμματα Σπουδών: Τρόποι οργάνωσης της σχολικής γνώσης. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 7, 19- 36.
- McCormick, C. B. (2003). Metacognition and learning. In J. Wiley & Sons (Eds.), *Handbook of Psychology*, pp 35 – 57, Hoboken, New Jersey.
- Meier, S., Nicol, M., Cobbs, G. (1998). Potential Benefits and Barriers to Integration. *School Science and Mathematics*, 98(8), 438-447.
- Metcalf, J., Shimamura, A. P. (1994). *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Mokos, E., Kafoussi, S. (2013). Elementary students' spontaneous metacognitive functions in different types of mathematical problems. *Journal of Research in Mathematics Education*, 2 (2), 242-267. doi:10.4471/redimat.2013.29
- Μώκος, Ε., (2012). Διερεύνηση Μεταγνωστικών λειτουργιών κατά την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων σε μαθητές ηλικίας 10–11 ετών. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος 2012.
- Nelson, T. O. (1999). Cognition versus metacognition. In R. J. Sternberg (Ed.), *The nature of cognition*, pp. 625–641. Cambridge, MA: MIT Press.

- Nelson, T. O., Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. *The Psychology of Learning and Motivation*, 26, 125–141.
- Nelson, T. O., Narens, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing*, pp. 1–25. Cambridge, MA: MIT Press.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011). *Νέο Σχολείο (Σχολείο 21^{ου} αιώνα) – Νέο πρόγραμμα σπουδών στους άξονες 1,2,3 – Οριζόντια Πράξη*.
- Papaleontiou – Louca, E. (2008). *Metacognition and Theory of Mind*, Cambridge Scholars Publishing, Newcastle, ISBN (10): 1-84718-578-9.
- Paris, S. G., & Winograd, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. In B. Jones & L. Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction*, pp. 15– 51. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schoenfeld, A. H. (1987). A theory of teaching and its applications. *The Montana Mathematics Enthusiast*, Monograph 3 pp.33-38.
- Veenman, M., Bernadette H. A. M., Van Hout-Wolters, Afflerbach P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations, *Metacognition Learning*, 1, 3 – 14.
- Van Overschelde, J. P. (2008). Metacognition: Knowing About Knowing. In J. Dunlosky and R. Bjork (Eds.), *Handbook of Metamemory and Memory*, pp. 47-71. Psychology Press, Taylor and Francis Group, New York.

Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά

Επιστημονική εγκυρότητα εικονογραφημένων βιβλίων με γεωμετρικά σχήματα

Αντωνία Μαθά¹ & Χρυσάνθη Σκουμπουρδή²

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, psempv15020@aegean.gr

² Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kara@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με δεδομένο ότι η επιστημονική εγκυρότητα είναι μία από τις απαραίτητες αρχές σχεδιασμού και ανάπτυξης εκπαιδευτικών υλικών και άρα και αξιολόγησής τους, στη συγκεκριμένη εργασία αναλύονται, ως προς αυτήν την παράμετρο, πέντε παιδικά εικονογραφημένα βιβλία μαθηματικής λογοτεχνίας, τα οποία αποσκοπούν στην εκμάθηση των γεωμετρικών σχημάτων. Η ανάλυση των εικονογραφημένων βιβλίων έλαβε χώρα σε δύο επίπεδα: α. ανάλυση επιφάνειας και β. ανάλυση βάθους. Από τις αναλύσεις διερευνήθηκαν και καταγράφηκαν τα σχηματικά και εννοιολογικά στοιχεία που περιλαμβάνονται στα εικονογραφημένα για τα σχήματα, τόσο στην εικονογράφιση, όσο και στην περιγραφική παρουσίαση των σχημάτων. Η έρευνα φώτισε την ανομοιομορφία στην μαθηματική εγκυρότητα των βιβλίων, ενώ επίσης ανέδειξε και παραδείγματα με επιστημονική παρουσία στο χώρο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μαθηματική λογοτεχνία, εικονογραφημένα βιβλία, γεωμετρικά σχήματα, επιστημονική εγκυρότητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Την τελευταία δεκαετία, τα θετικά αποτελέσματα της χρήσης εικονογραφημένων βιβλίων για την υποστήριξη της διδασκαλίας και της μάθησης των μαθηματικών αναδεικνύεται όλο και περισσότερο στα ερευνητικά αποτελέσματα (Anderson et al. 2004; Casey et al. 2008; Elia et al. 2010; Lesh & Larson, 2006; van den Heuvel- Panhuizen & Elia, 2012; van den Heuvel- Panhuizen & van den Boogaard 2008) και προτείνεται να καταλαμβάνουν σημαντικότερη θέση στην εκπαιδευτική πραγματικότητα των μικρών παιδιών (Van den Heuvel-Panhuizen, Elia & Robitzsch, 2014). Η χρήση των εικονογραφημένων βιβλίων για τη διδασκαλία των μαθηματικών, και συγκεκριμένα για γεωμετρικές έννοιες, έχει πρόσφατα εισαχθεί στον ερευνητικό ορίζοντα, με τα τελευταία αποτελέσματα να παρουσιάζουν τον ιδιαίτερο ρόλο του εικονογραφημένου στην διέγερση της μαθηματικής σκέψης για τη γεωμετρία. Οι χωρικές έννοιες, τα γεωμετρικά σχήματα, τα στερεά, οι τομές και τα αναπτύγματά τους, είναι μερικά από τα παραδείγματα που

διαβιβάζονται μέσω αυτών. Υπογραμμίζεται επίσης, η αποτελεσματικότητα της μάθησης μέσω εργαλείων, όπως τα βιβλία, σε ελεύθερες δραστηριότητες μη τυπικής διδασκαλίας και η δύναμη αυτών στην προσέλευση της προσοχής της ομάδας (Van den Heuvel-Panhuizen, Van den Boogaard & Doig, 2009).

Στον τομέα της λογοτεχνίας ωστόσο, υπήρχε έντονη διχογνωμία ως προς τη «μαθηματική λογοτεχνία» ως αυτόνομου λογοτεχνικού είδους ή μη. Τα τελευταία χρόνια, όμως, κυριαρχεί η άποψη του Μιχαηλίδη (2007) πως κάθε βιβλίο το οποίο δίνει στα μαθηματικά πρωταρχικό ρόλο που επηρεάζει την πλοκή ή τους ήρωες, θεωρείται μαθηματική λογοτεχνία.

Στον τομέα της διδακτικής των μαθηματικών, εφόσον το εικονογραφημένο βιβλίο αποτελεί υποστηρικτικό μέσο διδασκαλίας και μάθησης πρέπει να αξιολογείται ως προς την επιστημονική του εγκυρότητα. Η επιστημονική εγκυρότητα ορίζεται σύμφωνα με τον βαθμό της ισχύος και του εύρους του δεσμού ανάμεσα στο υλικό και τη μαθητική έννοια στόχο και τον βαθμό της προσβασιμότητας του υλικού, δηλαδή τον βαθμό που το υλικό είναι προσιτό και εύκολο στη χρήση από τους μαθητές (Stacey & Helme, 2001).

Στον ελλαδικό χώρο μια πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι τα ελληνικά εικονογραφημένα βιβλία περιορίζονται στην παρουσίαση των βασικότερων σχημάτων με λανθασμένη ορολογία και με συγκεκριμένη μορφή. Τονίστηκε η σημασία της χρήσης ορθής ορολογίας εκ μέρους τόσο του εκπαιδευτικού, όσο και του υπάρχοντος υλικού για τη δόμηση των πρώτων αντιλήψεων σε επιστημονική βάση. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε ότι ο εκπαιδευτικός μπορεί να αναδιαμορφώσει την υπάρχουσα αντίληψη των μαθητών και να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαφορά του επίπεδου φύσηγεωμετρικού σχήματος από τα απτά αντικείμενα με όγκο· μια συχνή παρανόηση που εμφανίζουν τα παιδιά προσχολικής ηλικίας (Skoumpourdi & Mprakoroulou, 2011).

Αφορμής δοθείσης από το συμπέρασμα των προηγούμενων ερευνητών, στη συγκεκριμένη εργασία αναλύονται εικονογραφημένα βιβλία για τα γεωμετρικά σχήματα ως προς την επιστημονική τους εγκυρότητα, μέσα από την διερεύνηση και καταγραφή των σχηματικών και εννοιολογικών στοιχείων που περιλαμβάνονται σε αυτά. Οι Fischbein & Mariotti (1997) διαχωρίζουν την έννοια του γεωμετρικού σχήματος σε σχηματική και εννοιολογική. Η πρώτη αναφέρεται στο σχήμα ως εικονική αναπαράσταση στον χώρο με όλα τα στοιχεία που συνδέονται με τη μορφή και τη διάστασή του, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στο σχήμα ως μια έννοια που χαρακτηρίζεται από ιδιότητες, περιορισμούς και σχέσεις. Αν θεωρήσουμε ως δεδομένο ότι τα γεωμετρικά σχήματα, λόγω της διπλής τους φύσης, γίνονται πιο εύκολα κατανοητά στα μικρά παιδιά όταν κατά τη διδασκαλία, μέσα από πλαίσια που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και έχουν νόημα για τα παιδιά: α. τούς παρουσιάζεται ποικιλία σχημάτων, β. χρησιμοποιούνται ποικίλα παραδείγματα και αντιπαραδείγματα του σχήματος, γ. πραγματοποιείται συζήτηση σχετικά με το σχήμα και τα χαρακτηριστικά του (Clements & Sarama, 2007), στη συγκεκριμένη εργασία θα αξιολογηθεί σε ποιο βαθμό δύναται να καλυφθούν τα κριτήρια αυτά από εικονογραφημένα βιβλία.

ΔΕΙΓΜΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η επιλογή των βιβλίων προς ανάλυση βασίστηκε σε τρία κριτήρια: 1. να είναι ελληνικά, 2. να απευθύνονται σε παιδιά 4-7 ετών και 3. να ανήκουν στη μαθηματική λογοτεχνία. Σύμφωνα με αυτά τα κριτήρια επιλέχθηκαν πέντε βιβλία: «Η Μυρτώ ταξιδεύει στις πολιτείες με τα σχήματα» (Πετρίδου-Φωτοπούλου, 1998), «Περιπέτεια στο Μουσείο Σχηματοτέχνης. Ιστορία για σχηματοφάγους Μάγους Ι» (Δεληκανάκη, 2009), «Οι περιπέτειες του αστυνόμου Σαΐνη. Τα σχήματα¹», «Ένα σχήμα σε... έργα τέχνης²» και «Μια βόλτα στο πάρκο»³.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η ανάλυση των εικονογραφημένων έγινε σε δύο επίπεδα (Καλαβάσης & Σκουμπουρδή, 2001; Σκουμπουρδή, 2012): 1. ανάλυση επιφάνειας και 2. ανάλυση βάθους. Από την ανάλυση επιφάνειας καταγράφηκαν και παρουσιάζονται στοιχεία που γίνονται άμεσα αντιληπτά, όπως τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και η επιφανειακή τους δομή. Πιο συγκεκριμένα, τα βιβλία αναλύθηκαν ως προς τα παρακειμενικά τους στοιχεία (εξώφυλλο, οπισθόφυλλο, σαλόني), την κατηγορία στην οποία ανήκουν (εμπορικό, χειροποίητο), την ισορροπία ανάμεσα στην έκταση της εικόνας σε σχέση με το κείμενο και το θέμα που γίνεται αντιληπτό ότι πραγματεύονται σύμφωνα με τα στοιχεία εκτός κειμένου. Από την ανάλυση βάθους καταγράφονται στοιχεία τα οποία δεν είναι άμεσα αντιληπτά και αφορούν στην εσωτερική δομή τους, όπως το αντικείμενο υπό διαπραγμάτευση και το πλαίσιο στο οποίο παρουσιάζονται οι κύριες έννοιες. Επίσης διερευνήθηκαν και καταγράφηκαν τα σχηματικά και εννοιολογικά στοιχεία που περιλαμβάνονται στα εικονογραφημένα για τα σχήματα με αναφορά στα εξωτερικά, αλλά και στα ενδοκειμενικά χαρακτηριστικά των βιβλίων, τόσο ως προς την εικονογράφιση, όσο και ως προς την περιγραφική παρουσίαση των σχημάτων.

Ως προς την εννοιολογική φύση των σχημάτων εξετάστηκε αν αναφέρονται στο κείμενο στοιχεία από τον μαθηματικό ορισμό των σχημάτων, ιδιότητές τους, καθώς και άλλα χαρακτηριστικά των σχημάτων (μέγεθος, φορά τοποθέτησης κ.λπ.). Ως προς τη σχηματική τους φύση εξετάστηκε αν παρουσιάζονται ποικίλα σχήματα, αν αναπαρίστανται με την πρότυπη μορφή τους, αν εμφανίζονται ποικίλα είδη κάθε σχήματος και αν παρουσιάζονται αντιπαραδείγματα σχημάτων.

Ο τρόπος ανάλυσης των βιβλίων πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Αρχικά, τα βιβλία εξετάστηκαν χωρίς να γίνει ανάγνωση του κειμένου και χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν η πρότερη γνώση του περιεχομένου τους. Καταγράφηκαν σε πίνακες τα εξωτερικά χαρακτηριστικά τους και έγινε η ταξινόμησή τους βάσει της κυριαρχίας εικόνας ή κειμένου. Στη δεύτερη φάση, έγινε η ανάγνωση του κειμένου και εξετάστηκαν εν

1 Σχεδιασμένο σε συνεργασία με φοιτήτριες (Σκουμπουρδή, 2012).

2 Σχεδιασμένο σε συνεργασία με τη μεταπτυχιακή φοιτήτρια Μαρία Καλαφατά, στο πλαίσιο διπλωματικής εργασίας που αφορούσε στην αναγνώριση των διαφορετικών αναπαραστάσεων του τριγώνου από νήπια (Καλαφατά & Σκουμπουρδή, 2016).

3 Σχεδιασμένο σε συνεργασία με τη φοιτήτρια Ιφιγένεια Μπακοπούλου, στο πλαίσιο πτυχιακής εργασίας (Skoumpourdi & Mpakopoulou, 2011).

συντομία τα λογοτεχνικά τους στοιχεία, ενώ έμφαση δόθηκε στη μαθηματική περιγραφή των σχημάτων. Καταγράφηκαν σε πίνακες η σχηματική και εννοιολογική φύση τους και στη συνέχεια έγινε μια σύγκριση και ταξινόμηση των βιβλίων ως προς την πληρότητα τους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ανάλυση επιφάνειας

Στο πρώτο επίπεδο ανάλυσης, εξετάσαμε τα βιβλία ως προς τα εξωτερικά χαρακτηριστικά τους. Λόγω της προέλευσής τους, η εικονογράφηση δεν έχει την ίδια μορφή σε όλα τα βιβλία. Τα δύο από τα πέντε βιβλία έχουν την πρότυπη/εμπορική μορφή και εικονογράφηση από επαγγελματίες, ενώ τα υπόλοιπα τρία είναι χειροποίητα με εικονογράφηση η οποία δημιουργήθηκε είτε με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή είτε με προσωπικές δεξιότητες. Όλα τα βιβλία είναι δισδιάστατα (Πίνακας 1).

Η εικονογράφηση στο βιβλίο «Ένα σχήμα σε...έργα τέχνης», κυριαρχεί σε έκταση και ακολουθεί πιστά το κείμενο. Είναι λιτή, σχεδιασμένη με ξυλομπογιά και αφορά μόνο στους πίνακες που αναφέρονται στο κείμενο.

Κυρίαρχη είναι η εικονογράφηση και στο βιβλίο «Μια βόλτα στο πάρκο», χειροποίητη με ξυλομπογιές, όμως ταυτόχρονα χρησιμοποιούνται αντικείμενα που προκαλούν την αφή και η τεχνική του στένσιλ. Η εικονογράφηση εστιάζει σε αντικείμενα της καθημερινότητας και σε πολλές περιπτώσεις στοχεύει να προκαλέσει ερωτήματα στον αναγνώστη, χωρίς το κείμενο να δίνει πληροφορίες για τη λύση τους.

Στο βιβλίο «Οι περιπέτειες του αστυνόμου Σαΐνη» η εικονογράφηση, η οποία συνοδεύει κάθε κομμάτι του κειμένου, έχει δημιουργηθεί αποκλειστικά μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Υπάρχουν λάθη στις διαστάσεις, εικόνες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και προεπιλεγμένη χρωματική παρουσίαση. Εξαιρέση αποτελούν οι σελίδες που θέλουν να βάλουν τον αναγνώστη σε διερευνητική διάθεση.

Στο βιβλίο «Περιπέτεια στο Μουσείο Σχηματοτέχνης» το κείμενο και η εικόνα βρίσκονται σε ισορροπία. Η εικονογράφηση, του συγκεκριμένου βιβλίου, έχει διττή μορφή. Αρχικά παρουσιάζει τους πίνακες ζωγραφικής αυτούσιους ή χωρίς τα κομμάτια που έχουν κλαπεί, και στη συνέχεια παρουσιάζει τα κλεμμένα σχήματα κατασκευασμένα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι το μόνο βιβλίο που δίνει πληροφορίες, στο παράρτημα, για τεχνουργήματα των οποίων η εικόνα παρουσιάζεται μέσα στο κείμενο.

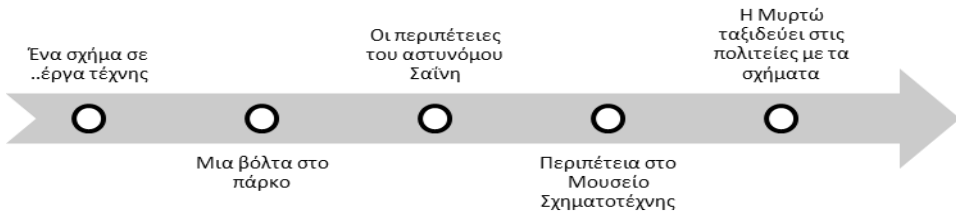
Τέλος, στο βιβλίο «Η Μυρτώ ταξιδεύει στις πολιτείες με τα σχήματα» το κείμενο έχει κυρίαρχο χαρακτήρα, ενώ η εικονογράφηση αποτελεί ένα συνοδευτικό κομμάτι που θα μπορούσε και να παραλείπεται. Οι πίνακες της εικονογράφησης έχουν την υπογραφή του εικονογράφου ο οποίος ακολουθεί μια συγκεκριμένη τεχνική σε όλη την έκταση του βιβλίου.

Πίνακας 1: Ανάλυση επιφάνειας: εξωτερικά χαρακτηριστικά εικονογραφημένων

	Περιπέτεια στο Μουσείο Σχηματοτέχ νης	Ένα σχήμα... σε έργα τέχνης	Οι περιπέτειες του αστυνόμου Σαΐνη	Η Μυρτώ ταξιδεύει στις πολιτείες με τα σχήματα	Μια βόλτα στο πάρκο
Τεχνικά χαρακτη- ριστικά	Εμπορικό	Χειρο- ποίητο	Χειρο- ποίητο	Εμπορικό	Χειρο- ποίητο
Κυριαρχία κειμένου ή εικόνας	Κείμενο και εικόνα	Εικόνα	Κείμενο και εικόνα	Κείμενο	Εικόνα
Αντικεί- μενο υπό διαπραγ- μάτευση	Στερεά και επίπεδα	Επίπεδα σχήματα	Στερεά και επίπεδα	Στερεά και επίπεδα	Στερεά και επίπεδα

Τοποθετώντας τα βιβλία από αυτά που η εικόνα είναι κυρίαρχη προς αυτά που το κείμενο επιβάλλεται στην εικόνα, δημιουργείται η κατάταξη (Διαγράμματα 1α & 1β):

Διάγραμμα 1α: Κατάταξη εικονογραφημένων βιβλίων ως προς το σχετικό μέγεθος εικόνας-κειμένου



Διάγραμμα 1β: Παρουσίαση σελίδων από τα βιβλία στην αντίστοιχη κατάταξη



Ανάλυση βάθους

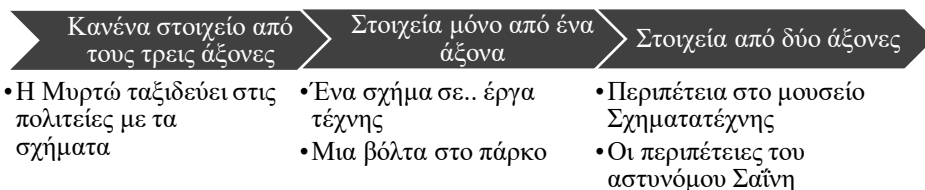
Σε ένα δεύτερο επίπεδο, αναλύθηκε η εσωτερική δομή των βιβλίων. Τα βιβλία «Περιπέτεια στο Μουσείο Σχηματοτέχνης» και «Οι περιπέτειες του αστυνόμου Σαΐνη» εμπεριέχουν στοιχεία περιπέτειας, το βιβλίο «Η Μυρτώ ταξιδεύει στις πολιτείες με τα σχήματα» είναι ένα διήγημα με παρατακτική δομή, ενώ τα βιβλία «Βόλτα στο πάρκο» και «Ένα σχήμα σε... έργα τέχνης» είναι διηγήματα με ανοιχτό τέλος που προκαλούν τη σκέψη του αναγνώστη και του προσδίδουν ενεργό ρόλο στη διαμόρφωση της ιστορίας (Πίνακας 2).

Εννοιολογική Φύση

Προκειμένου να ελέγξουμε την εννοιολογική φύση των σχημάτων και τον βαθμό στον οποίο τα βιβλία την παρουσιάζουν, ορίσαμε τρεις άξονες εννοιολογικής πληρότητας (Διάγραμμα 2). Αυτοί είναι α) η παρουσία στοιχείων από τον μαθηματικό ορισμό των σχημάτων, β) η αναφορά στις ιδιότητες των σχημάτων και γ) η παρουσίαση άλλων χαρακτηριστικών συνδεόμενων με τα σχήματα.

Η εννοιολογική φύση των σχημάτων δεν παρουσιάζεται πλήρως σε κανένα από τα παραπάνω βιβλία ή ακόμα και απουσιάζει πλήρως από αυτά. Σε κανένα βιβλίο δεν παρουσιάζεται ταυτόχρονα ο ορισμός, οι ιδιότητες και άλλα χαρακτηριστικά όλων των σχημάτων στα οποία γίνεται αναφορά μέσα στο κείμενο. Τοποθετώντας τα βιβλία ιεραρχικά από αυτά με τη λιγότερη αναφορά προς αυτά με τη μεγαλύτερη δημιουργούνται τρία επίπεδα πληρότητας.

Διάγραμμα 2: Κατάταξη εικονογραφημένων βιβλίων ως προς την εννοιολογική πληρότητα



Στο πρώτο επίπεδο ανήκει το βιβλίο «Η Μυρτώ ταξιδεύει στις πολιτείες με τα σχήματα» όπου δεν γίνεται καμία αναφορά στους ορισμούς, στις ιδιότητες ή σε ανεξάρτητα στοιχεία που αφορούν στα σχήματα.

Στο δεύτερο επίπεδο ανήκει το βιβλίο «Ένα σχήμα σε... έργα τέχνης» όπου αναφέρονται μόνο στοιχεία από τον ορισμό του τριγώνου (οι τρεις πλευρές και οι 3 γωνίες του) και το βιβλίο «Μια βόλτα στο πάρκο» όπου αναφέρεται μόνο η ιδιότητα των στερεών σχημάτων να αφήνουν αποτυπώματα ως ίχνη.

Στο τρίτο επίπεδο ανήκουν τα βιβλία που παρουσιάζουν δύο από τους τρεις άξονες που ορίζουν την εννοιολογική πληρότητα. Αυτά είναι το βιβλίο «Περιπέτεια στο Μουσείο Σχηματοτέχνης» όπου παρουσιάζονται στοιχεία από τους ορισμούς των σχημάτων (σχήματα με τρεις, τέσσερις ή πέντε πλευρές) και το εργαλείο δημιουργίας των

κύκλων, και το βιβλίο «Οι περιπέτειες του αστυνόμου Σαΐνη» όπου εκεί παρουσιάζονται στοιχεία από τον ορισμό της πυραμίδας όπως επίσης οι έννοιες της καμπυλότητας, της κύλισης και του ίχνους.

Σχηματική Φύση

Η σχηματική φύση των σχημάτων παρουσιάζει ποικιλομορφία στα πέντε βιβλία που αναλύθηκαν. Τα επίπεδα σχήματα που εμπεριέχονται σε όλα τα βιβλία είναι ο κύκλος, το τρίγωνο και το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Το τετράγωνο, υπάρχει στα τέσσερα βιβλία εκτός από το «Μια βόλτα στο πάρκο». Τέλος, ο ρόμβος υπάρχει στο βιβλίο «Ένα σχήμα σε.. έργα τέχνης» και τα πολύγωνα στο βιβλίο «Περιπέτεια στο Μουσείο Σχηματοτέχνης».

Τα στερεά σχήματα είτε παρουσιάζονται ως μια ξεχωριστή ομάδα, χωρίς να αποδίδεται ωστόσο η ειδοποιός διαφορά τους με τα επίπεδα σχήματα, είτε εμπεριέχονται με τα επίπεδα σχήματα χωρίς κάποια μορφής ομαδοποίηση, σε όλα τα υπόλοιπα βιβλία. Εξαιρέση αποτελεί το βιβλίο «Ένα σχήμα σε έργα τέχνης» που παρουσιάζει αποκλειστικά επίπεδα σχήματα.

Πιο συγκεκριμένα στο βιβλίο «Η Μυρτώ ταξιδεύει στις πολιτείες με τα σχήματα» σε κάθε πολιτεία εμπλέκονται εικονογραφικά τα επίπεδα σχήματα με τα στερεά. Τα στερεά παρουσιάζονται ως αναπαραστάσεις των επιπέδων στον χώρο, όπως για παράδειγμα ο Τριγωνούλης αποτυπώνεται εικονογραφικά ως άνθρωπος πυραμίδα. Όμως οι διαστάσεις τους είναι ανακριβείς και όσα επίπεδα σχήματα παρουσιάζονται στο βιβλίο είναι ζωγραφισμένα με χρώμα στο εσωτερικό τους, γεγονός που τους προσδίδει την ιδιότητα της επιφάνειας. Χρησιμοποιούνται αντικείμενα της καθημερινότητας ως παραδείγματα σχημάτων, γεγονός που προσδίδει στα σχήματα λανθασμένη μορφή και διαστάσεις. Στο βιβλίο παρουσιάζεται επίσης ως σχήμα το αυγοειδές, κάτι το οποίο μπορούμε να θεωρήσουμε ως αντιπαράδειγμα του κύκλου. Για κανένα άλλο σχήμα δεν δίνονται παραλλαγές ή αντιπαράδειγματα, ενώ οι προσωποποιήσεις των σχημάτων παραμένουν σταθερές για όσα σχήματα υποδηλώνουν ανθρώπινες μορφές.

Στο βιβλίο «Οι Περιπέτειες του αστυνόμου Σαΐνη» κυριαρχεί η παρουσία των γεωμετρικών στερεών και τα επίπεδα σχήματα παρουσιάζονται μόνο ως ίχνη αυτών. Η σφαίρα παρομοιάζεται με τον πλανήτη Κρόνο, γεγονός που της προσδίδει επιπλέον χαρακτηριστικά, ενώ παρουσιάζεται και με μη σταθερές ιδιότητες (άλλοτε αφήνει ίχνη και άλλοτε όχι). Οι κυκλικοί δίσκοι αναπαρίστανται ως ίχνη αντικειμένων, ασχέτως της αρχικής θέσης αυτών, αντιβαίνοντας στη γνώση από την καθημερινή εμπειρία. Οι κύβοι έχουν λανθασμένες διαστάσεις (το ύψος μεγαλύτερο του πλάτους) και οι βάσεις τους είναι πάντα προς τα κάτω. Το τετράγωνο ως τετραγωνική επιφάνεια αντιπροσωπεύει το ίχνος του κύβου, όχι πάντα με ακριβείς διαστάσεις. Ο κύλινδρος παρουσιάζεται είτε κατακόρυφα, είτε οριζόντια και είναι το μόνο στερεό που παρουσιάζει προσθαφαιρέσεις στοιχείων προσωποποίησης. Η ταύτιση του με αντικείμενο της καθημερινότητας (κουτί από πογιά) του προσθέτει ένα επιπλέον στοιχείο στη μορφή. Η πυραμίδα διατηρεί σταθερά τη μορφή της με τη βάση προς τα κάτω. Το τρίγωνο εμφανίζεται ως ίχνος της πυραμίδας, κάτι το οποίο θα μπορούσε να είναι αληθές εάν η πυραμίδα ήταν τριέδρο. Ωστόσο δεν γίνεται κάποια αντίστοιχη αναφορά. Περιστασιακά και χωρίς αναφορά σε αυτά, εμφανίζονται τα ορθογώνια παραλληλόγραμμα ως επιφάνειες, αλλά και το πρίσμα

και το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο στο οπισθόφυλλο του βιβλίου (σε όλες τις περιπτώσεις με τις βάσεις προς τα κάτω). Οι παραλλαγές που εμφανίζονται στο βιβλίο είναι μόνο ως προς το μέγεθος των σχημάτων, ενώ στα τρίγωνα εμφανίζονται ως παραλλαγές μόνο εικονογραφικά κάποια ισόπλευρα και ισοσκελή τρίγωνα. Τέλος, η αναπαράσταση σφαίρας μέσα σε σφαίρα, μπορεί να θεωρηθεί ως αντιπαράδειγμα.

Στο βιβλίο «Μια βόλτα στο πάρκο» το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, ο κύκλος και το τρίγωνο ως δισδιάστατες επιφάνειες αντιπροσωπεύουν ίχνη γεωμετρικών στερεών, χωρίς να δίνεται σαφής απάντηση ποιων, αφήνοντας τον αναγνώστη να προβληματιστεί. Αντικείμενα από την καθημερινότητα παρουσιάζονται για να προβληματίσουν και να παρομοιαστούν με τα γεωμετρικά στερεά, κάτι που όπως αναφέρθηκε και για άλλο βιβλίο, προσδίδει επιπλέον χαρακτηριστικά στη μορφή τους. Σε όλη την έκταση του βιβλίου τα επίπεδα και τα στερεά σχήματα παρουσιάζονται με την πρότυπη μορφή τους.

Πίνακας 2: Ανάλυση βάθους: εσωτερικά χαρακτηριστικά εικονογραφημένων

		Περιπέτεια στο Μουσείο Σχηματο- τέχνης	Ένα σχήμα..σε έργα τέχνης	Οι περιπέ- τειες του Σαΐνη	Η Μυρτώ ταξιδεύει στις πολιτείες με τα σχήματα	Μια βόλτα στο πάρκο
Εννοιολογική Φύση	Στοιχεία από ορισμό	✓	✓	✓	✗	✗
	Ιδιότητες	✗	✗	✗	✗	✓
	Άλλα χαρακτηριστικά	✓	✗	✓	✗	✗
Σχηματική Φύση	Ποικιλία σχημάτων	✓	✓	✓	✓	✗
	Ποικιλία τρόπων αναπαράστασης	✓	✓	✗	✗	✗
	Ποικιλία ειδών	✓	✓	✗	✗	✗
	Αντιπαράδειγματα	1	✓	1	✗	✗

Το βιβλίο «Περιπέτεια στο Μουσείο Σχηματοτέχνης» χρησιμοποιεί τα σχήματα ως μέρη έργων τέχνης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα γεωμετρικά σχήματα να παρουσιάζονται τότε με ανακριβή μορφή, όταν είναι μέρη του πίνακα ζωγραφικής και τότε με ακριβή μορφή, όταν αποτελούν ψηφιακή δημιουργία. Τα σχήματα διατηρούν τον προσανατολισμό που είχαν από τους πίνακες ζωγραφικής και με τον ίδιο τρόπο επαναλαμβάνονται μέχρι το τέλος. Επίσης, το εξάγωνο διατηρεί και τις διχοτόμους του, όπως είναι αποτυπωμένο στον πίνακα. Τα κυριότερα σχήματα στα οποία εστιάζει το βιβλίο είναι ο κύκλος, το τρίγωνο, το τετράγωνο και το εξάγωνο, ενώ παρουσιάζονται το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο και το πεντάγωνο ως μέρη του τάγκραμ και του παζλ του Αρχιμήδη αντίστοιχα. Τα γεωμετρικά στερεά εμφανίζονται σε συγκεκριμένο σημείο,

ομαδοποιημένα και περιγράφονται ως κατασκευάσματα από σχήματα. Στο συγκεκριμένο βιβλίο γίνονται έντονα αντιληπτές οι παραλλαγές που εμφανίζουν τα τρίγωνα. Τέλος, το μοναδικό αντιπαράδειγμα που γίνεται αντιληπτό στο βιβλίο αναφέρεται στο τρίγωνο και είναι ένα εσωτερικό σχήμα στο πεντάγωνο από το πάζλ του Αρχιμήδη.

Το τελευταίο βιβλίο, «Ένα σχήμα σε...έργα τέχνης» είναι το μόνο που χρησιμοποιεί αποκλειστικά επίπεδα γεωμετρικά σχήματα. Όλα είναι τμήματα πινάκων ζωγραφικής. Εμφανίζονται αρχικά διατεταγμένα είτε κατακόρυφα, είτε οριζόντια και όσο η ιστορία εξελίσσεται, παρουσιάζονται σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Επίσης, το βιβλίο ξεκινά με πολλά γεωμετρικά σχήματα, για να καταλήξει σε πολλά αντιπαράδειγματα σχημάτων, όπως διακεκομμένο τρίγωνο, «ανοιχτά» σχήματα, ημικύκλια, σχήματα σαν παραλληλόγραμμο αλλά με κυκλικές πλευρές. Στο συγκεκριμένο βιβλίο, κυριαρχεί η εικόνα σχημάτων μέσα σε σχήματα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μορφών και σχεδίων από συνθέσεις σχημάτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επιστημονική εγκυρότητα ενός εκπαιδευτικού υλικού, ως αντικειμενική θεώρηση ανεξάρτητη του πλαισίου χρήσης, είναι ο ένας από τους δύο παράγοντες που χαρακτηρίζουν τη διαφάνειά του (Stacey, Helme, Archer & Condon, 2001) και άρα ένας από τους βασικούς παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό και στην αξιολόγησή του. Η ανάλυση των εικονογραφημένων βιβλίων για τα σχήματα έδειξε ότι δεν υπάρχει σε όλα τα βιβλία ισχυρός δεσμός με τη μαθηματική έννοια στόχο, ακόμα και αν πρόκειται για βιβλία του εμπορίου. Υπήρχαν όμως και βιβλία τα οποία ήταν επιστημονικά έγκυρα και επιπλέον παρουσίαζαν ποικιλία σχημάτων, ποικιλία παραδειγμάτων και αντιπαράδειγμάτων του σχήματος (όπως το βιβλίο «Ένα σχήμα σε... έργα τέχνης») μέσα σε ενδιαφέροντα πλαίσια που δύνανται να διεγείρουν μαθηματική συζήτηση για τα σχήματα και τα χαρακτηριστικά τους.

Όσον αφορά στην εννοιολογική φύση των σχημάτων φάνηκε ότι όσο αυξάνεται το κείμενο, αυξάνονται και οι κειμενικές αναφορές σε αυτήν. Επίσης, η σχηματική φύση των σχημάτων αναδύθηκε, περισσότερο από τα βιβλία στα οποία η εικόνα είναι κυρίαρχη, χωρίς βεβαίως οι παραπάνω παρατηρήσεις να αποτελούν κανόνα.

Ενδιαφέρον θα παρουσίαζαν οι απόψεις των συγγραφέων και των εικονογράφων ώστε να αναδυθούν τυχόν παρερμηνείες, ή και δυσκολίες από την πλευρά του δημιουργού. Επιπρόσθετα, η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της επιστημονικής εγκυρότητας των εικονογραφημένων βιβλίων για τα σχήματα μπορεί να εμπλουτιστεί με την ανάλυση μεγαλύτερου αριθμού εικονογραφημένων για ποικίλες μαθηματικές έννοιες. Τέλος, ο ρόλος του εικονογραφημένου βιβλίου στη διδασκαλία μαθηματικών από εκπαιδευτικούς διαφορετικής εκπαιδευτικής φιλοσοφίας (εκπαιδευτικοί που ακολουθούν μεθόδους συγκεκριμένων παιδαγωγών ή δάσκαλοι που υποστηρίζουν συγκεκριμένη θεωρία μάθησης) είναι ένας ακόμα τομέας υπό διερεύνηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, A., Anderson, J., & Shapiro, J. (2004). Mathematical discourse in shared storybook reading. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(1), 5-33. Ανακτήθηκε 12 Σεπτεμβρίου, 2016, από https://www.jstor.org/stable/30034801?seq=1#findtn-page_scan_tab_contents
- Casey, B., Erkut, S., Ceder, I., & Mercer Young, J. (2008). Use of a story telling context to improve girls' and boys' geometry skills in kindergarten. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 29(1), 29-48. Ανακτήθηκε 12 Σεπτεμβρίου, 2016, από <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0193397307001256>
- Clements, D., & Sarama, J. (2007). Early childhood mathematics learning. In F. Lester (Ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning a Project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 461-555). Information Age Publishing, USA.
- Elia, I., van den Heuvel- Panhuizen, M., & Georgiou, A. (2010). The role of picture books on children's cognitive engagement with mathematics. *European Early Childhood Education Research Journal*, 18(3), 125-147.
- Fischbein, E., & Mariotti, M.A. (1997). Defining in classroom activities. *Educational Studies in Mathematics*. 34(3), 219- 248. doi: 10.1023/A:1002985109323
- Lesh, R., & Larson, C. (2006). The Power of Stories in Mathematics Learning & Problem Solving. *Presentation in Symbolic Cognition Symposium January 3-9*. The White House of Wilmington.
- Μιχαηλίδης, Τ. (2007). *Από τον Αισχύλο στους μεταμοντέρνους: μαθηματική λογοτεχνία*. Ανακτήθηκε στις 13 Σεπτεμβρίου, 2016, από http://thalesandfriends.org/wp-content/uploads/2012/03/aeschylus_metamodern.pdf
- Skoumpourdi, C., & Μπακοπούλου, Ι. (2011). "The prints": a picture book for pre-formal geometry. *Early Childhood Education Journal*, 39(3), 197-206.
- Stacey, K., Helme, S., Archer, S., & Condon, C. (2001). The effect of epistemic fidelity and accessibility on teaching with physical materials: A comparison of two models for teaching decimal numeration. *Educational Studies in Mathematics*, 47(2), 199-221.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., & van den Boogaard, S. (2008). Picture books as an impetus for kindergartners' mathematical thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, 10(4), 341-373.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., Van den Boogaard, S., & Doig, B. (2009). Picture books stimulate the learning of mathematics. *Australian Journal of Early Childhood*, 34(2), 30-39.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Elia, I. (2012). Developing a framework for the evaluation of picturebooks that support kindergartners' learning of mathematics. *Research in Mathematics Education*, 14(1), 17-47.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., Elia, I., & Robitzsch, A. (2014). Effects of reading picture books on kindergartners' mathematics performance. *Educational Psychology*, 36(2), 323-346.

Επίλυση προβλήματος συνδυασμού από μαθητές 7-8 ετών

Εμμανουέλα Σκανδαλάκη¹ & Χρυσάνθη Σκουμπουρδή²

¹ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, meskandal@yahoo.gr

² Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kara@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ερευνητικό αντικείμενο της εργασίας μας αποτελεί η διερεύνηση της ικανότητας 94 μαθητών 7-8 ετών στην επιλογή και εκτέλεση της πράξης για την επίλυση δύο προβλημάτων συνδυασμού χωρίς, αλλά και με την παρουσία πληροφοριακής αναπαράστασης αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι περισσότεροι μαθητές επιχείρησαν να λύσουν το πρόβλημα όταν αυτό συνοδευόταν από πληροφοριακή αναπαράσταση και στην περίπτωση αυτή το έλυσαν, στην πλειοψηφία τους, είτε με τη χρήση του αλγόριθμου είτε νοητικά, διατυπώνοντας γραπτά τον συλλογισμό τους. Επιπλέον, οι πληροφοριακές αναπαραστάσεις που επέλεξαν τα περισσότερα παιδιά ήταν το σκίτσο και ο πίνακας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: σκίτσο, πίνακας, ρεαλιστική, αναπαράσταση

Θεωρητικό πλαίσιο

Τα λεκτικά προβλήματα παρουσιάζουν παραδοσιακά σημαντική δυσκολία στους μαθητές. Οι δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές στην επίλυση των προβλημάτων αφορά συχνά στη δυσχέρεια κατανόησης της λεκτικής διατύπωσης του προβλήματος (Hegarty, Mayer & Green, 1992), αλλά και της δομής του προβλήματος (Griffin, 2009).

Τα προβλήματα προσθετικού τύπου ανάλογα με τη δομή τους, αλλά και το περιεχόμενό τους ποικίλουν στον βαθμό δυσκολίας που δημιουργούν (Schumacher & Fuchs, 2012). Τα προβλήματα, ανάλογα με τον αριθμό πράξεων που απαιτεί η επίλυσή τους, διακρίνονται σε απλά («one step problems») και σε σύνθετα («two ή multiple step problems»). Τα απλά προβλήματα αποτελούν βασικό κορμό της μαθηματικής εκπαίδευσης. Ερευνητές της Διδακτικής των Μαθηματικών ταξινομούν τα απλά προβλήματα βάσει της δομής τους και της υπόθεσης που εμπεριέχουν σε προβλήματα αλλαγής, συνδυασμού και σύγκρισης (Riley, Greeno, & Heller, 1983).

Τα προβλήματα συνδυασμού στα οποία ζητείται το άθροισμα, θεωρούνται λιγότερο δύσκολα σε σχέση με τα προβλήματα αλλαγής, σύγκρισης και εξισορρόπησης στις περιπτώσεις που εμπεριέχουν αφαίρεση. Ο βαθμός δυσκολίας του προβλήματος μπορεί να αυξηθεί εάν ζητούμενη είναι η μία από τις δύο συνδυαζόμενες ποσότητες ή να μειωθεί εάν ζητείται το άθροισμα. Τα προβλήματα συνδυασμού αφορούν σε στατικές

σχέσεις μεταξύ ποσοτήτων, όπου υπάρχουν δύο ποσότητες που δεν αλλάζουν (Riley et al, 1983). Ο Riley και οι συνεργάτες του (1983:184) επεσήμαναν ότι οι μαθητές της Β/βάθμιας Εκπαίδευσης εστιάζουν στη σύνταξη των πληροφοριών που δίνονται και την άμεση μετατροπή τους σε εξισώσεις, με την επίλυση των οποίων θα οδηγηθούν στο ζητούμενο.

Οι Thevenot και Oakhill (2005) διεξήγαγαν έρευνα σε 106 ενήλικες, οι οποίοι προσπάθησαν να λύσουν προβλήματα συνδυασμού, στον υπολογιστή, με τριψήφιους αριθμούς υπολογίζοντας νοερά το αποτέλεσμα και επιλέγοντας το σωστό ανάμεσα σε πιθανές λύσεις που παρουσιάζονταν στην οθόνη. Το ζητούμενο της έρευνας εστιάζονταν στο ποια θα έπρεπε να είναι η θέση της ερώτησης, στην αρχή ή στο τέλος του προβλήματος, για να διευκολύνει τον μαθητή στον νοερό υπολογισμό της απάντησης. Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν πως η ερώτηση στην αρχή του προβλήματος μειώνει το φορτίο της μνήμης εργασίας.

Οι Vilenius – Tuohimaa, Aunola και Nurmi (2008) επιχείρησαν σε έρευνά τους, σε 225 μαθητές 9-10 ετών στην Φινλανδία, να συσχετίσουν την ικανότητα κατανόησης κειμένου με την επίδοση στην επίλυση προβλήματος. Οι ερευνητές για τη μέτρηση της ικανότητας κατανόησης κειμένου χρησιμοποίησαν το εργαλείο της Lindemann (2000, όπως αναφέρεται από Vilenius- Tuohimaa, et al., 2008) το οποίο περιλάμβανε ερωτήσεις που διερευνούσαν τέσσερις τομείς του κειμένου: δομή, κατανόηση φράσεων, συμπέρασμα-ερμηνεία και κύρια ιδέα-σκοπό. Οι μαθητές κλήθηκαν να λύσουν προβλήματα που λύνονταν με μία ή περισσότερες πράξεις, προβλήματα συνδυασμού, αλλαγής, σύγκρισης και επικέντρωσης. Οι ερευνητές, εστιάζοντας στο πρόβλημα συνδυασμού, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η κατάκτηση της ικανότητας τεχνικής ανάγνωσης συνδέεται με ερωτήσεις τριών τύπων: ερωτήσεις δομής, ερμηνείας και σκοπού. Οι ερωτήσεις δομής αναφέρονται στη σύνδεση των στοιχείων του προβλήματος. Οι ερωτήσεις συμπερασμάτων-ερμηνείας αφορούν στα προβλήματα που περιλαμβάνουν τη συσχέτιση πληροφοριών του κειμένου ως προς το παρελθόν και το παρόν. Τέλος, οι ερωτήσεις κύριας ιδέας-σκοπού περιλαμβάνουν την εξαγωγή των κύριων ιδεών.

Στον αντίποδα των λεκτικών προβλημάτων βρίσκονται τα προβλήματα που συνοδεύονται από αναπαραστάσεις. Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας επισημαίνει πως η αξιοποίηση των πληροφοριακών αναπαραστάσεων, μιας από τις τέσσερις κατηγορίες αναπαράστασης των Ηλία, Χρυσάνθου και Φιλίππου (2003) που αξιοποίησαν την ταξινόμηση των εικόνων στην επεξεργασία λογοτεχνικού κειμένου των Carney και Levin (2002), μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της αναγνωστικής ικανότητας και κατανόησης του μαθητή και άρα στην επίλυση προβλήματος. Ερευνητές έχουν διερευνήσει την επίδραση των πληροφοριακών αναπαραστάσεων στην επίλυση απλού προβλήματος. Για παράδειγμα, οι Elia και Gagatsis (2006) διενήργησαν δύο διδακτικά πειράματα και μελέτησαν εάν η επίδοση 245 μαθητών 6-9 ετών σε προβλήματα αλλαγής θα βελτιωθεί μετά τη διαμεσολάβηση πληροφοριακών αναπαραστάσεων και αριθμογραμμής. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως αυτά τα είδη αναπαραστάσεων συνέβαλαν στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών στην επίλυση προβλήματος. Ακόμα, οι Elia, Gagatsis και Demetriou (2007) ερεύνησαν την επίδραση

διαφορετικών ειδών αναπαράστασης, όπως λεκτική περιγραφή, διακοσμητικές εικόνες, πληροφοριακές εικόνες και αριθμογραμμή στην επίλυση προβλημάτων αλλαγής σε 1447 μαθητές 6-9 ετών. Οι ερευνητές κατέληξαν πως οι πληροφοριακές αναπαραστάσεις δεν διευκολύνουν σε όλες τις περιπτώσεις τους μαθητές. Η Χρυσοστόμου (2013) σε έρευνά της σε μαθητές 8 ετών διαπίστωσε πως οι πληροφοριακές αναπαραστάσεις βοήθησαν τους μαθητές να εντοπίσουν τις περιττές πληροφορίες σε προβλήματα αλλαγής.

Οι Fagnant και Vlassis (2013) σε έρευνά τους σε 146 μαθητές τετάρτης τάξης στο Λουξεμβούργο μελέτησαν συγκριτικά την επίδραση σχηματικών αναπαραστάσεων, όπως του διαγράμματος και της ζωγραφιάς στην επίδοση των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων αλλαγής και συνδυασμού, πολλαπλασιαστικού τύπου. Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις φάσεις: στην α' φάση οι μαθητές έλυσαν τέσσερα προβλήματα, δύο αλλαγής και δύο συνδυασμού, πολλαπλασιαστικού τύπου, χωρίς ιδιαίτερες οδηγίες, στη β' φάση δόθηκαν στους μαθητές τέσσερα προβλήματα παρόμοιας δομής με εκείνα της α' φάσης τα οποία συνοδεύονταν από κάποια σχηματική αναπαράσταση και στην γ' φάση ζητήθηκε από τους μαθητές να λύσουν τέσσερα προβλήματα (παρόμοια με της α' και της β' φάσης) δημιουργώντας κάποια σχηματική αναπαράσταση που οι ίδιοι θα επέλεγαν. Οι σχηματικές αναπαραστάσεις, που χρησιμοποιήθηκαν στη δεύτερη φάση είχαν παραχθεί από τους μαθητές σε κάποια άλλη χρονική στιγμή για τις ανάγκες ενός ελεύθερου project, αλλά οι πληροφορίες που έφερε η σχηματική αναπαράσταση δεν ήταν απαραίτητες για τη λύση του προβλήματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι σχηματικές αναπαραστάσεις είχαν θετική επιρροή στη συνολική επίδοση των μαθητών και πως ένας σημαντικός αριθμός μαθητών κατάφερε να επαναχρησιμοποιήσει τις σχηματικές αναπαραστάσεις για να λύσει τα νέα προβλήματα. Οι δημιουργίες των μαθητών στην γ' φάση έδωσαν ελαφρύ προβάδισμα στο διάγραμμα έναντι της ζωγραφιάς στα προβλήματα συνδυασμού, αλλά και οι λύσεις στη β' φάση ήταν πιο αποτελεσματικές όταν το πρόβλημα συνδυασμού συνοδευόταν από διάγραμμα matrix.

Επιπλέον, οι Skandalaki και Skoumpourdi (2016) διερεύνησαν την επίδραση των πληροφοριακών αναπαραστάσεων στην επίδοση 94 μαθητών ηλικίας 7-8 ετών στην επίλυση σύνθετου προβλήματος και κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι μαθητές συναντούν δυσκολία στην επιλογή των κατάλληλων πράξεων για την επίλυση σύνθετου προβλήματος με πληροφοριακή αναπαράσταση. Παράλληλα, επισημάνθηκαν λιγότερα λάθη εκτέλεσης αλγόριθμου στο πρόβλημα που συνοδευόταν από πληροφοριακή αναπαράσταση σε σχέση με το πρόβλημα που δεν συνοδευόταν. Τέλος, θετική συμβολή είχε η πληροφοριακή αναπαράσταση και στη σημαντική μείωση των ημιτελών λύσεων.

Ακόμα, ενώ έχει μελετηθεί η επίδραση του σκίτσου (Elia & Gagatsis, 2006; Elia, Gagatsis & Demetriou, 2007) και του διαγράμματος (Fagnant & Vlassis, 2013) στην επίδοση των μαθητών στην επίλυση προβλήματος από τη βιβλιογραφία δεν έχει συμβεί το ίδιο με τις πραγματικές αναπαραστάσεις, οι οποίες αποτυπώνουν την πραγματικότητα φωτογραφικά. Η ρεαλιστική αναπαράσταση διαθέτει το μικρότερο βαθμό αφαίρεσης από τα τρία είδη πληροφοριακών αναπαραστάσεων.

Παρόλο που έχουν γίνει έρευνες για τη χρήση πληροφοριακών αναπαραστάσεων σε διάφορα είδη προβλημάτων, όπως αλλαγής και σύνθετα, δεν έχουν γίνει για

προβλήματα συνδυασμού. Με αυτό το δεδομένο και με βάση τους παραπάνω προβληματισμούς πραγματοποιήθηκε έρευνα με σκοπό να διερευνηθεί η ικανότητα των μαθητών 7-8 ετών στην επιλογή και εκτέλεση των πράξεων για την επίλυση δύο προβλημάτων συνδυασμού με και χωρίς την υποστήριξη πληροφοριακών αναπαραστάσεων, αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν τα εξής:

- Πώς επηρεάζει η παρουσία πληροφοριακής αναπαράστασης την επίδοση των μαθητών στο πρόβλημα συνδυασμού;
- Ποιο είδος πληροφοριακής αναπαράστασης, το σκίτσο, τον πίνακα ή τη ρεαλιστική αναπαράσταση, προτιμούν οι μαθητές για να υποστηριχθούν στην επίλυση προβλήματος συνδυασμού;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Η έρευνα, η οποία είναι μέρος ευρύτερης μελέτης που αφορά στη διερεύνηση της επίδρασης των πληροφοριακών αναπαραστάσεων στην επίλυση προβλήματος, πραγματοποιήθηκε σε τρία δημόσια Δημοτικά Σχολεία σε μεσοαστική περιοχή της Αθήνας, στη Β΄ τάξη κατά το σχολικό έτος 2014-15 σε χρονικό διάστημα τριών ημερών. Τα σχολεία που συμμετείχαν στην έρευνα θα αποκαλούνται Α, Β και Γ στη διάρκεια της εργασίας μας. Στην έρευνα συμμετείχαν 94 μαθητές ποικίλων μαθησιακών επιπέδων.

Εργαλεία της έρευνας

Για την επίτευξη των στόχων της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν δύο προβλήματα συνδυασμού, τα οποία λύνονταν με τις ίδιες πράξεις και είχαν παρόμοια δομή στη διατύπωση, αφού και τα δύο προβλήματα έθεταν την ερώτηση στην τελευταία πρόταση. Απλά, το δεύτερο πρόβλημα, ενώ εισήγαγε την ερώτηση στην τελευταία πρόταση, συμπεριλάμβανε μια δευτερεύουσα υποθετική πρόταση με ένα σημαντικό δεδομένο για τη λύση του προβλήματος. Τα προβλήματα αυτά μπορούν να χαρακτηριστούν ως «λανθάνοντα συνδυασμού», καθώς είχαν ένα πρώτο σιωπηλό βήμα κι ένα δεύτερο στο οποίο έπρεπε να συσχετιστούν οι δοθείσες πληροφορίες για να αθροιστούν οι δύο ποσότητες. Το πρώτο πρόβλημα συνδυασμού ήταν λεκτικό και ανέφερε: «Η Κική διάβασε το Σάββατο 76 σελίδες από το βιβλίο της. Την Κυριακή διάβασε τόσες σελίδες όσες και το Σάββατο. Πόσες σελίδες διάβασε το Σαββατοκύριακο;». Το δεύτερο πρόβλημα συνδυασμού συνοδευόταν από τρία είδη πληροφοριακής αναπαράστασης: σκίτσο, πίνακα και ρεαλιστική αναπαράσταση από τις οποίες το κάθε παιδί έπρεπε να διαλέξει μία αναπαράσταση. Το ζητούμενο του προβλήματος ήταν να βρουν οι μαθητές το συνολικό κόστος της στολής ποδοσφαίρου. Το πρόβλημα ανέφερε: «Ο Βασίλης θέλει να αγοράσει μία στολή ποδοσφαίρου για να παίξει στον αγώνα την Κυριακή. Πόσα ευρώ πρέπει να πληρώσει συνολικά αν η μπλούζα κοστίζει όσο και το σορτσάκι; Διάλεξε το πλαίσιο που σε βοηθά περισσότερο για να απαντήσεις;». Στο σκίτσο και στη ρεαλιστική αναπαράσταση αναπαρίστανται η μπλούζα και το σορτ και αναγράφεται η τιμή του σορτ 38€. Στον πίνακα αναγράφεται η τιμή του σορτ.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο πρόβλημα συνδυασμού χωρίς τη βοήθεια αναπαραστάσεων εντοπίστηκαν συγκεκριμένοι τύποι λαθών που πραγματοποιήσαν οι μαθητές:

- Επιλογή λάθος πράξης: Οι μαθητές δεν κατανόησαν τα δεδομένα του προβλήματος με αποτέλεσμα να αφαιρέσουν τις σελίδες που διάβασε η Κική το Σάββατο από εκείνες που διάβασε την Κυριακή.
- Λάθος εκτέλεση πράξης: Οι μαθητές συνάντησαν δυσκολία στην εκτέλεση της πρόσθεσης με υπέρβαση δεκάδας.

Πίνακας 1: Τύποι λαθών στην επίλυση του προβλήματος συνδυασμού χωρίς αναπαραστάσεις

ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ ΧΩΡΙΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ				
	A	B	Γ	ΣΥΝΟΛΟ
Επιλογή λάθος πράξης	2%	1%	2%	5%
Λάθος εκτέλεση πράξης	5%	4%	2%	11,7%
Δεν το έλυσαν	11,7%	9,5%	6%	27%

Στον πίνακα 1 αποτυπώνονται οι τύποι λαθών που καταγράφηκαν ανά σχολική μονάδα. Σημαντικός ήταν ο αριθμός των μαθητών οι οποίοι δεν επιχείρησαν να λύσουν το πρόβλημα (26/94). Επιπλέον, εντοπίζεται η δυσκολία που συνάντησαν κάποιοι μαθητές την εκτέλεση του αλγόριθμου της πρόσθεσης με υπέρβαση δεκάδας (11/94), αλλά και η λανθασμένη επιλογή πράξης από κάποιους μαθητές (5/94).

Οι μαθητές που έλυσαν σωστά το πρόβλημα συνδυασμού χρησιμοποίησαν τέσσερις στρατηγικές: κάθετη πρόσθεση, οριζόντια πρόσθεση, κάθετο πολλαπλασιασμό και λεκτική διατύπωση (γραπτή επεξήγηση συλλογισμού).

Πίνακας 2: Στρατηγικές λύσης του προβλήματος συνδυασμού χωρίς αναπαραστάσεις

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ				
	A	B	Γ	ΣΥΝΟΛΟ
Κάθετη πρόσθεση	10%	11%	19%	41%
Οριζόντια πρόσθεση	5%	2%	2%	9%
Κάθετο πολλ/σμό		1%		1%
Λεκτική διατύπωση	1%	1%	1%	3%

Στον πίνακα 2 αποτυπώνονται οι στρατηγικές λύσης προβλήματος ανά σχολείο. Γίνεται φανερό ότι οι μαθητές στην πλειοψηφία τους επέλεξαν να λύσουν το πρόβλημα με κάθετη πρόσθεση (39/94). Ένας μόνο μαθητής το έλυσε με πολλαπλασιασμό και

ελάχιστοι με οριζόντια πρόσθεση¹ (9/94). Από τον πίνακα 1 και τον πίνακα 2 φαίνεται ότι όσοι περίπου μαθητές έλυσαν σωστά το πρόβλημα, άλλοι τόσσοι το έλυσαν λάθος για τα σχολεία Α και Β, ενώ στο σχολείο Γ ήταν διπλάσιοι οι μαθητές που το έλυσαν σωστά σε σχέση με αυτούς που το έλυσαν λάθος.

Οι μαθητές που επέλεξαν να απαντήσουν λεκτικά στο πρόβλημα συνδυασμού, ένας από κάθε σχολείο, εκτέλεσαν νοητικά την πράξη και έγραψαν την τελική απάντηση: «Διάβασε 152 σελίδες» ή «Το Σάββατοκύριακο διάβασε 152 σελίδες» ή και τον συλλογισμό τους: «Η Κική το Σάββατο διάβασε 76 σελίδες από το βιβλίο της και την Κυριακή άλλες 76 σελίδες. Το Σάββατοκύριακο διάβασε 152 σελίδες.»

Μετά την επίλυση του προβλήματος συνδυασμού χωρίς αναπαράστασεις δόθηκε στους συμμετέχοντες στην έρευνα μαθητές να λύσουν ένα πρόβλημα συνδυασμού με τη βοήθεια πληροφοριακής αναπαράστασης. Οι μαθητές κλήθηκαν να επιλέξουν ανάμεσα σε: σκίτσο, ρεαλιστική αναπαράσταση και πίνακα και φάνηκε να προκρίνουν τον πίνακα (42/94) και το σκίτσο (40/94) για την επίλυση του προβλήματος συνδυασμού στην πλειοψηφία τους (Πίν. 3).

Πίνακας 3: Προτιμήσεις αναπαράστασης στο πρόβλημα συνδυασμού

ΠΡΟΤΙΜΗΣΕΙΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ				
	Α	Β	Γ	ΣΥΝΟΛΟ
ΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ	7%	4%	1%	12%
ΣΚΙΤΣΟ	17%	11%	13%	42%
ΠΙΝΑΚΑΣ	11%	13%	19%	44%

Ο πίνακας 3 προβάλλει την μικρή αριθμητική διαφορά προτίμησης των μαθητών στην επιλογή του πίνακα σε σχέση με το σκίτσο. Στον αντίποδα, παρατηρείται πως οι μαθητές δεν ήταν εξοικειωμένοι με τις ρεαλιστικές αναπαράστασεις από τα σχολικά εγχειρίδια και πιθανόν για αυτόν τον λόγο δεν επέλεξαν να υποστηριχθούν από αυτό το είδος αναπαράστασης.

Σε συνέντευξη που δόθηκε από τους μαθητές για την αιτία προτίμησης ενός συγκεκριμένου είδους αναπαράστασης, αντί για τα υπόλοιπα δύο, τονίστηκε πως προτιμούν τον πίνακα γιατί περιέχει συνοπτικά τα δεδομένα του προβλήματος. Για παράδειγμα, οι μαθητές που προτίμησαν τον πίνακα έδωσαν απαντήσεις όπως «ναι, το προτίμησα, γιατί μπορώ να δω τα στοιχεία του προβλήματος μαζεμένα». Οι μαθητές που προτίμησαν το σκίτσο και τη ρεαλιστική αναπαράσταση απάντησαν υποκειμενικά. Για παράδειγμα ένας μαθητής είπε: «Διάλεξα αυτό, γιατί μου άρεσε η στολή».

Στο πρόβλημα συνδυασμού με τη βοήθεια πληροφοριακών αναπαράστασεων οι μαθητές εμφάνισαν τους ίδιους τύπους λαθών με το πρόβλημα συνδυασμού χωρίς

¹ Η οριζόντια πρόσθεση αναφέρεται στη βιβλιογραφία είτε σαν νοερός υπολογισμός (Thompson, 1994), είτε σαν εφαρμογή κανόνα (Karantzis, 2010). Ωστόσο, οι απαντήσεις των μαθητών δεν διευκρινίζουν επακριβώς ποιο από τα δύο συμβαίνει.

αναπαραστάσεις. Τα λάθη που παρουσιάστηκαν ήταν: λάθος εκτέλεση πράξης και λάθος επιλογή πράξης όπου οι μαθητές δεν κατανόησαν τα δεδομένα του προβλήματος με αποτέλεσμα να αφαιρέσουν την τιμή του σορτς από την τιμή της μπλούζας με μηδενικό αποτέλεσμα.

Πίνακας 4: Τύποι λαθών στην επίλυση προβλήματος συνδυασμού με πληροφοριακή αναπαράσταση

	ΕΙΔΗ ΛΑΘΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ									
	ΣΚΙΤΣΟ			ΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ			ΠΙΝΑΚΑΣ			ΣΥΝΟΛΟ
	A	B	Γ	A	B	Γ	A	B	Γ	
Λάθος επιλογή πράξης		1%		2%	1%					4%
Λάθος εκτέλεση αλγόριθμου		4%	1%	2%		1%	7%	2%		17%
Δεν επιχείρησαν να λύσουν	A:5%	B:1%		A:1%	B:1%		A:1%	Γ:2%		11%

Ο πίνακας 4 δείχνει ότι, στον πίνακα και στο σκίτσο, ως πληροφοριακές αναπαραστάσεις, αν και συγκεντρώθηκαν οι περισσότερες προτιμήσεις των μαθητών καταγράφηκαν και τα περισσότερα λάθη. Επίσης φάνηκε ότι, οι μαθητές σημείωσαν περισσότερα λάθη εκτέλεσης της πράξης στο πρόβλημα συνδυασμού με αναπαραστάσεις, παρά του ότι είχε μικρότερους αριθμούς, το οποίο πιθανόν να οφείλεται και στο γεγονός ότι η ερώτηση δεν βρισκόταν στο τέλος της τελευταίας πρότασης. Επιπλέον, οι μαθητές που επέλεξαν λάθος πράξη, παρόλο που τοποθέτησαν τον αριθμό (τιμή) που έφερε το σορτς και στην μπλούζα, αφαίρεσαν τις δύο τιμές αντί να τις προσθέσουν.

Οι μαθητές που έλυσαν σωστά το πρόβλημα συνδυασμού όταν αυτό συνοδευόταν από πληροφοριακές αναπαραστάσεις χρησιμοποίησαν ακριβώς τις ίδιες στρατηγικές που είχαν χρησιμοποιήσει για το πρόβλημα χωρίς τις αναπαραστάσεις.

Πίνακας 5: Στρατηγικές λύσης του προβλήματος συνδυασμού με πληροφοριακές αναπαραστάσεις

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ										
	ΣΚΙΤΣΟ			ΡΕΑΛΙΣΤΙΚΗ			ΠΙΝΑΚΑΣ			ΣΥΝΟΛΟ
	A	B	Γ	A	B	Γ	A	B	Γ	
Κάθετη πρόσθεση	5%	7%	10%		2%		3%	6%	15%	48%
Οριζόντια πρόσθεση					1%		1%	1%		3%
Πολ/σμός								1%		1%
Λεκτ. διατύπ.	1%	1%	1%	1%	1%		4%	3%	1%	13%

Ο πίνακας 5 αποτυπώνει ότι οι μαθητές προτίμησαν την ασφάλεια της κάθετης πρόσθεσης για να λύσουν το πρόβλημα συνδυασμού, όπως και στο πρόβλημα χωρίς τις αναπαραστάσεις (46/94). Η προτίμηση των μαθητών στον κάθετο αλγόριθμο μπορεί να αποδοθεί στη διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται μέσα στην τάξη από τις εκπαιδευτικούς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι περισσότεροι μαθητές, επιχείρησαν να επεξηγήσουν γραπτώς τον συλλογισμό τους στο πρόβλημα συνδυασμού με αναπαραστάσεις (13/94) από ότι στο πρόβλημα χωρίς αναπαραστάσεις (3/94).

Οι μαθητές στην πλειοψηφία τους, έγραψαν πάνω στην πληροφοριακή αναπαράσταση την τιμή της μπλούζας και όπως είπε ένας μαθητής που εξήγησε γραπτώς το σκεπτικό του στη συνέντευξη: «όταν διάβασα στο πρόβλημα αν η μπλούζα κοστίζει όσο και το σορτσάκι έγραψα 38 κάτω από τη μπλούζα ... διάβασα στο πρόβλημα: πόσα ευρώ πρέπει να πληρώσει συνολικά και σκέφτηκα $38+38$ ($30+30=60$, $8+8=16$, $60+16=76$)» (ειπώθηκε λεκτικά).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκτίμηση της δυσκολίας που παρουσιάζει ένα πρόβλημα συνδυασμού στους μαθητές έχει απασχολήσει τη Διδακτική των Μαθηματικών, είτε σχετικά με την απαιτούμενη πράξη (Riley et al., 1983), είτε με τη θέση που έχει η ερώτηση στο πρόβλημα (Thevenot & Oakhill, 2005). Αν και τα προβλήματα θεωρούνταν εύκολα, επειδή λύνονταν με πρόσθεση, ωστόσο ένα μέρος των συμμετεχόντων μαθητών δεν κατόρθωσε να τα λύσει.

Τα προβλήματα συνδυασμού που τέθηκαν στους μαθητές προϋπέθεταν την αντίληψη του «σιωπηρού» βήματος, δηλαδή να συμπληρωθεί στην εξίσωση η άγνωστη μεταβλητή, που θα αποτελούσε την απαραίτητη προϋπόθεση για να βρεθεί το άθροισμα. Ο Riley και οι συνεργάτες του (1983) διαπίστωσαν πως οι μαθητές της Β/θμιας Εκπαίδευσης μπορούν, ενώ διαβάζουν το πρόβλημα να συμπληρώνουν τις εξισώσεις. Οι συμμετέχοντες στην έρευνά μας μαθητές ακολούθησαν παρόμοια στρατηγική, άλλες φορές σιωπηρά, συμπληρώνοντας το ερωτηματικό, κι άλλες φορές πιο αναλυτικά.

Στο πρόβλημα χωρίς αναπαραστάσεις οι συμμετέχοντες μαθητές συνάντησαν δυσκολία, γιατί δεν μπορούσαν να αποκωδικοποιήσουν την εκφώνηση του προβλήματος με αποτέλεσμα είτε να μην επιχειρούν να το λύσουν είτε να επιλέγουν λάθος πράξη. Έτσι, εκτός από τη δυσκολία που είχαν στην εκτέλεση του αλγόριθμου επιβαρύνθηκαν με την ερμηνεία της διατύπωσης του προβλήματος. Ο Vilenius-Tuohimaa και οι συνεργάτες του (2008) τεκμηρίωσαν την άμεση σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην αναγνωστική ικανότητα και την επίλυση μαθηματικού προβλήματος. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι οι μαθητές που επέλεξαν λάθος πράξη και αφαίρεσαν την τιμή της μπλούζας από την τιμή του σορτ και βρήκαν πως το σετ έχει μηδενική τιμή δεν ήταν τεχνικοί αναγνώστες, γιατί δεν αποκωδικοποίησαν την κύρια ιδέα του προβλήματος.

Στα προβλήματα με αναπαραστάσεις οι μαθητές συνάντησαν μικρότερες δυσκολίες, γιατί οι αναπαραστάσεις συνετέλεσαν αφενός στο να προσπαθήσουν περισσότεροι μαθητές να λύσουν το πρόβλημα και αφετέρου στο να επιλέξουν λιγότεροι μαθητές λάθος πράξη. Οι μαθητές πρόκριναν την ασφάλεια του κάθετου αλγόριθμου στην πλειοψηφία τους για να λύσουν το πρόβλημα. Αρκετοί ερευνητές τεκμηρίωσαν τη θετική επίδραση των πληροφοριακών αναπαραστάσεων στην επίλυση του απλού προβλήματος (Elia & Gagatsis, 2006; Elia, Gagatsis & Demetriou, 2007). Ωστόσο, οι έρευνές τους εστίασαν στην επίλυση του προβλήματος αλλαγής, ενώ δεν έχουν πραγματοποιηθεί αντίστοιχες έρευνες σε προβλήματα συνδυασμού. Η παρουσία των αναπαραστάσεων στο πρόβλημα συνέβαλε στην οργάνωση της σκέψης των μαθητών, υπογραμμίζοντας την ανάγκη τοποθέτησης μίας τιμής στην μπλούζα και συνέτεινε έτσι στην αποκωδικοποίηση της εκφώνησης του προβλήματος.

Οι μαθητές κλήθηκαν να επιλέξουν ανάμεσα σε διαφορετικά είδη πληροφοριακής αναπαράστασης: σκίτσο, ρεαλιστική αναπαράσταση και πίνακα, και προτίμησαν, ισάριθμα σχεδόν, να λύσουν το πρόβλημα συνδυασμού με πίνακα και σκίτσο. Η παρουσία των πληροφοριακών αναπαραστάσεων φάνηκε να διευκολύνει τους μαθητές και επιβεβαίωσε τα αποτελέσματα της βιβλιογραφίας (Fagnant & Vlassis, 2013). Οι μαθητές προτίμησαν αναπαράσταση πιο οικεία προς αυτούς από τα σχολικά εγχειρίδια, όπως είναι το σκίτσο και ο πίνακας, παρά τη ρεαλιστική αναπαράσταση με την οποία δεν ήταν εξοικειωμένοι.

Η σύγχρονη μαθηματική εκπαίδευση ενέχει πολλές προκλήσεις. Η βελτιστοποίηση της δεξιότητας της αποκωδικοποίησης της εκφώνησης των προβλημάτων αποτελεί μία από αυτές. Η αξιοποίηση διαφορετικών ειδών αναπαράστασης μπορεί να συντελέσει προς αυτή την κατεύθυνση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Carney, R.N., & Levin, J.R. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5-26.
- Elia, I., & Gagatsis, A. (2006). The effect of different modes of representation on problem solving: two experimental programs. In J. Novotná, H. Moraová, M. Krátká & N. Stehlíková (Eds.), *Proceedings 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 3, pp. 25-32. Prague: PME.

- Elia, I., Gagatsis, A., & Demetriou, A. (2007). The Effects of Different Modes of Representation on the Solution of One-step Additive Problems. *Learning and Instruction, 17*(6), 658-672.
- Fagnant, A., & Vlassis, J. (2013). Schematic representations in arithmetical problem solving: Analysis of their impact on grade 4 students. *Educational Studies on Mathematics, 84*(1), 149 – 168.
- Griffin, P. (2009). What makes a rich task? *Mathematics Teaching, 212*, 32-34.
- Hegarty, M., Mayer, R.E., & Green, C.E. (1992). Comprehension of arithmetic word problems: evidence from students' eye fixations. *Journal of Educational Psychology, 84*(1), 76–84.
- Ηλία, Ι., Χρυσάνθου, Α., & Φιλίππου, Γ. (2003). Ο ρόλος της εικόνας στην επίλυση μαθηματικού προβλήματος. *2ο Συνέδριο για τα Μαθηματικά στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση "ΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ"*, 11-13 Απριλίου 2003, ΕΚΠΑ-Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Karantzis, I. (2010). Mental arithmetic calculation in the addition and subtraction of two-digit numbers: The case of third and fourth grade elementary school pupils. *International Journal for Mathematics in Education, HMS, 3*,3-24.
- Riley, M.S., Greeno, J.G., & Heller, J.H. (1983). Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In H.P. Ginsburg, (Ed.), *The development of mathematical thinking* (pp. 153–196). San Diego, CA: Academic Press.
- Schumacher, F.R., & Fuchs, S.L. (2012). Does Understanding Relational Terminology Mediate Effects of Intervention on Compare Word Problems? *Journal of Experimental Child Psychology, 111*(4), 607-628.
- Skandalaki, E., & Skoumpourdi, C. (2016). Two-step problem solution by 7-8 year-old students. In *CME'16 Inquiry based mathematical education*, Wrocław Poland, July 18-21, 2016.
- Thevenot, C., & Oakhill, J. (2005). The strategic use of alternative representations in arithmetic word problem solving. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 58*(7), 1311–1323.
- Thompson, I. (1994). Young children's idiosyncratic written algorithms for addition. *Educational Studies in Mathematics, 26*(4), 323 -345.
- Vilenius-Tuohimaa, P.M., Aunola, K., & Nurmi, J.E. (2008). The association between mathematical word problems and reading comprehension. *Educational Psychology, 28*(4), 409–426.
- Χρυσοστόμου, Α. (2013). Προβλήματα Αλλαγής με Περιττές Πληροφορίες, με Λεκτική Αναπαράσταση και Πληροφοριακή Εικόνα: Ο ρόλος της Αναπαράστασης και της Δομής του Διδακτικού Συμβολαίου. Στο Α. Γαγάτση & Α. Φιλίππου (Επιμ.), *Πρακτικά 15^{ου} Παγκύπριου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας και Επιστήμης* (σσ. 31-47). Αγρός: Κύπρος.

Οργάνωση δεδομένων και παρουσίαση πληροφοριών από παιδιά Δ΄ Δημοτικού

Αικατερίνη Βασιλά¹ & Δέσποινα Δεσλή²

¹ Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., basilakaterina@yahoo.gr

² Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., ddeqli@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με σκοπό τη διερεύνηση των ικανοτήτων μαθητών εννέα ετών να οργανώνουν και να παρουσιάζουν δεδομένα και πληροφορίες καθώς και να κατασκευάζουν πίνακα συχνοτήτων και ραβδόγραμμα ερμηνεύοντας τα στοιχεία που παρουσιάζονται σε αυτά, πραγματοποιήθηκε έρευνα σε μία τάξη Δ΄ δημοτικού. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι τα παιδιά της συγκεκριμένης τάξης, στην πλειοψηφία τους, δυσκολεύτηκαν στην κατασκευή πίνακα και ραβδόγραμματος. Η βοήθεια που τους προσφέρθηκε με το συμπληρωμένο μέρος του πίνακα και του ραβδόγραμματος, αν και λειτούργησε θετικά, δεν αξιοποιήθηκε από τους συμμετέχοντες με τον κατάλληλο τρόπο. Σημαντικές ήταν οι αδυναμίες τους κατά την ερμηνεία των δεδομένων που τους παρουσιάστηκαν.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: οργάνωση δεδομένων, πίνακας συχνοτήτων, ραβδόγραμμα, ερμηνεία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Στατιστική αποτελεί μέρος των αναλυτικών προγραμμάτων για τα μαθηματικά στο δημοτικό σχολείο τόσο στο διεθνή όσο και στον ελληνικό χώρο, με διαφοροποιήσεις στην ηλικία κατά την οποία τα παιδιά εισάγονται στη διδασκαλία της αλλά και στον τρόπο προσέγγισής της. Γενικά, η διδασκαλία της στατιστικής στο δημοτικό σχολείο αφορά στην κατανόηση των βασικών εννοιών της περιγραφικής στατιστικής, όπως συχνότητες, μέσος όρος, ποσοστά, και στην οργάνωση των πληροφοριών με τη μορφή πινάκων και γραφικών παραστάσεων.

Με σκοπό τη διδασκαλία των εννοιών ανάλυσης δεδομένων και των τρόπων οργάνωσής τους ώστε να έχουν νόημα για τους μαθητές, η διδασκαλία της στατιστικής όλο και περισσότερο βασίζεται στο σενάριο με το οποίο πλαισιώνονται οι ρεαλιστικές δραστηριότητες δημιουργώντας έτσι κίνητρο σε αυτούς να ασχοληθούν με τη στατιστική (Wild, Pfannkuch, Regan, & Horton, 2011). Αποτέλεσμα αυτής της τάσης είναι το ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον των ερευνητών για τη μελέτη του ρόλου που διαδραματίζει το πλαίσιο¹ στην ανάπτυξη του στατιστικού συλλογισμού των παιδιών (Makar, & Ben-Zvi,

¹ Ως πλαίσιο ορίζεται κάθε κατάσταση πραγματικού κόσμου από τον οποίο τα δεδομένα συλλέγονται ή για τον οποίο τα δεδομένα αφορούν (Gal, 2002; Pfannkuch, 2011; Langrall, 2010).

2011). Αυτοί οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η χρήση ρεαλιστικών προβλημάτων ή καταστάσεων εμπλέκει περισσότερο τους μαθητές στη διαδικασία μάθησης, καθώς βλέπουν πώς όσα διδάσκονται μέσα στην τάξη εφαρμόζονται και έξω από αυτήν (ASA, 2005), αποθαρρύνει τη χρήση περισσότερο τυποποιημένων προσεγγίσεων στη διδασκαλία της στατιστικής (Konold, & Higgins, 2003) και βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν μία 'περισσότερο ώριμη στατιστική κατανόηση' (Swartz, Goldman, Vye, & Barron, 1998, σελ.234).

Πέρα όμως από τη δυνατότητα που προσφέρουν τα προβλήματα και οι καταστάσεις με πλαίσιο για άμεση σύνδεσή τους με την εφαρμογή στην καθημερινή ζωή, ενισχύεται η εννοιολογική κατανόηση των παιδιών και βελτιώνεται η ικανότητά τους για ερμηνεία των αποτελεσμάτων (Zieffler, Garfield, delMas, & Reading, 2008; Konold, & Higgins, 2003). Ωστόσο, υπάρχουν και ενδείξεις ότι το πλαίσιο ενδεχομένως αποσπά την προσοχή των παιδιών (π.χ. Watson, & Moritz, 2000) ή τα οδηγεί να εκφράσουν τις δικές τους προσωπικές απόψεις κατά την ερμηνεία δεδομένων (Lampen, 2010). Ο ρόλος του πλαισίου κρίνεται πολύ σημαντικός, κυρίως όταν επηρεάζει την ικανότητα των παιδιών για ερμηνεία δεδομένων. Στην παρούσα εργασία έχει υιοθετηθεί η άποψη για την ευεργετική επίδραση των προβλημάτων με πλαίσιο στην ικανότητα ερμηνείας των παιδιών.

Η ανάλυση και η ερμηνεία των δεδομένων συχνά δυσκολεύει τους μαθητές, ιδιαίτερα όταν καλούνται να χειριστούν δεδομένα χρησιμοποιώντας τεχνικές που έχουν ήδη μάθει στο σχολείο. Για παράδειγμα, οι Ben-Zvi και Arcavi (2001) βρήκαν ότι 13-χρονοι μαθητές έτειναν να αντιλαμβάνονται τα δεδομένα ως μία σειρά από μεμονωμένες περιπτώσεις και γι' αυτό επικεντρώνονται μόνο σε αυτές χωρίς να αναγνωρίζουν το σύνολο που έχει χαρακτηριστικά τα οποία δεν είναι ορατά σε καμία από τις μεμονωμένες περιπτώσεις. Αναφορικά με τις γραφικές παραστάσεις, η ικανότητα των παιδιών για την ερμηνεία των στοιχείων που παρουσιάζονται σε αυτές και την εξαγωγή συμπερασμάτων εμφανίζεται αρκετά περιορισμένη. Οι μαθητές συχνά αδυνατούν να αντιληφθούν τις θεμελιώδεις έννοιες και τις λειτουργίες μια γραφικής παράστασης, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση χάσματος ανάμεσα σε αυτό που ένας εκπαιδευτικός πιστεύει ότι οι μαθητές αντιλήφθηκαν και σε εκείνο που οι μαθητές πραγματικά αντιλήφθηκαν (Garfield, & Ben-Zvi, 2007, Χριστοδούλου, & Γαγάτσης, 2014). Δυσκολεύονται, επίσης, να αντιληφθούν σε ποια σημεία της γραφικής παράστασης χρειάζεται να εστιάσουν την προσοχή τους ή πώς να «διαβάσουν» ένα γράφημα (van Dyke, & White, 2004). Τέτοιες δυσκολίες φαίνεται να διαρκούν και εκτείνονται σε πολλές βαθμίδες της εκπαίδευσης των παιδιών (Wainer, 1992).

Η κατανόηση των γραφικών παραστάσεων δεν περιλαμβάνει μόνο την ικανότητα ερμηνείας τους αλλά και την ικανότητα κατασκευής τους η οποία φαίνεται να διαφοροποιείται. Οι μαθητές δυσκολεύονται να κατασκευάσουν γραφικές παραστάσεις κυρίως γιατί έχουν ισχυρές παρανοήσεις για αυτές (π.χ., δυσκολίες στην αναγνώριση των αξόνων, του ύψους κ.λ.π.) και θεωρούν τη γραφική παράσταση ως κυριολεκτική εικόνα της κατάστασης τα στοιχεία της οποίας μεταφέρουν (βλ. Leinhardt, Zaslavsky, & Stein, 1990, για συνολική παρουσίαση των δυσκολιών των παιδιών). Τέτοιες δυσκολίες συχνά

οφείλονται στην αρνητική ευελιξία μετάβασης από τη μία αναπαράσταση σε άλλη (Χριστοδούλου, & Γαγάτσης, 2014). Για παράδειγμα, η Αναστασιάδου (2007) βρήκε ότι μαθητές των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου δυσκολεύονται να προσδιορίσουν με επιτυχία τη μετάβαση αναπαράστασης πίνακα από λεκτική σε διαγραμματική μορφή, όπως και τη μετάβαση από γραφική σε λεκτική. Παρόλο που τα τελευταία χρόνια γίνονται ερευνητικές προσπάθειες για την ένταξη των κατάλληλων τεχνολογικών εργαλείων που θα βοηθήσουν τους μαθητές –κυρίως μεγαλύτερων τάξεων– να βελτιώσουν την ικανότητά τους για ερμηνεία και κατασκευή γραφικών παραστάσεων (π.χ., Fitzallen, & Watson, 2011, Zieffler et al., 2008), φαίνεται ότι οι ερμηνευτικές ικανότητες των παιδιών εξακολουθούν να υπερτερούν έναντι των κατασκευαστικών ικανότητων τους.

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας ήταν να διερευνήσει την ικανότητα παιδιών Δ' τάξης να οργανώνουν και να παρουσιάζουν δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με θέμα προερχόμενο από την καθημερινή ζωή καθώς και να κατασκευάζουν πίνακα συχνότητας και ραβδόγραμμα ερμηνεύοντας τα στοιχεία που παρουσιάζονται σε αυτά. Πιο συγκεκριμένα, επιχειρείται, μέσα από τη μελέτη αυτών των ικανοτήτων, η διερεύνηση των πρώτων γνώσεων των παιδιών –πριν από την τυπική ενασχόλησή τους με έννοιες στατιστικής– σχετικά με τον τρόπο συλλογής των δεδομένων με ερωτηματολόγιο και την καταγραφή των πληροφοριών που προκύπτουν, την αποκωδικοποίηση των πληροφοριών που δίνονται μέσω πίνακα και ραβδογράμματος καθώς και τη χρησιμότητα της οργάνωσης των πληροφοριών για την καλύτερη επεξεργασία τους.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμμετέχοντες. Συνολικά 47 παιδιά (με μέσο όρο ηλικίας τα 9 χρόνια και 5 μήνες) συμμετείχαν στην έρευνα, όλα προερχόμενα από δύο τμήματα της Δ' τάξης δημοτικού ενός δημοτικού σχολείου στην Αθήνα. Οι συμμετέχοντες, από τους οποίους τα 26 ήταν αγόρια και τα 21 κορίτσια, κάλυπταν μία ποικιλία από κοινωνικο-οικονομικά και μορφωτικά επίπεδα.

Σχεδιασμός. Αρχικά, στους συμμετέχοντες παρουσιάστηκε γραπτά μια δραστηριότητα που αφορούσε τα στοιχεία μιας έρευνας που είχε πραγματοποιηθεί σε παιδιά με θέμα την ημερήσια κατανάλωση φρούτων. Η δραστηριότητα αυτή ήταν βασισμένη σε δραστηριότητα από το Τετράδιο Εργασιών των Μαθηματικών της Δ' τάξης (σελ. 16-17), εντασσόταν στη γνωστική περιοχή της Στατιστικής και ήταν προσαρμοσμένη σύμφωνα με τους σκοπούς της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα, δόθηκαν στους συμμετέχοντες τα ερευνητικά δεδομένα με τη μορφή δώδεκα συμπληρωμένων ερωτηματολογίων με το ακόλουθο σενάριο: 'Ο Πέτρος έκανε μία μικρή έρευνα δίνοντας σε δώδεκα φίλους του να απαντήσουν πόσα φρούτα τρώνε καθημερινά'. Οι απαντήσεις των φίλων του ήταν οι εξής:

Γιώργιος	Δέσποινα	Νίκος
Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> 	Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> 	Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/>
Γιάννης	Μαρίτσα	Σοφία
Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> 	Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> 	Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/>
Θανάσης	Κώστας	Άρης
Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> 	Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> 	Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/>
Βασίλης	Αλέξανδρος	Ελένη
Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> 	Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> 	Κάθε μέρα τρώω: <ul style="list-style-type: none"> • Λιγότερο από 2 φρούτα <input type="checkbox"/> • Ακριβώς 2 φρούτα <input checked="" type="checkbox"/> • Περισσότερα από 2 φρούτα <input type="checkbox"/>

Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες: α) να δηλώσουν αν υπάρχουν τρόποι οργάνωσης και παρουσίασης των πληροφοριών και να κατασκευάσουν πίνακα συχνοτήτων και ραβδόγραμμα στα οποία υπήρχε ένα μέρος συμπληρωμένο (βλ. Εικόνα 1), και β) να απαντήσουν σε τρεις ερωτήσεις που αφορούσαν την ερμηνεία και κατανόηση των αποτελεσμάτων (π.χ., ‘πόσα παιδιά τρώνε περισσότερα από δύο φρούτα;’).

Μετά το πέρας της γραπτής συμπλήρωσης των ερωτήσεων της δραστηριότητας, ακολούθησε συνέντευξη σε όλους τους συμμετέχοντες με σκοπό την περαιτέρω καταγραφή του τρόπου με τον οποίο δούλεψαν τόσο στην κατασκευή του πίνακα και του ραβδογράμματος όσο και την ερμηνεία των δεδομένων.

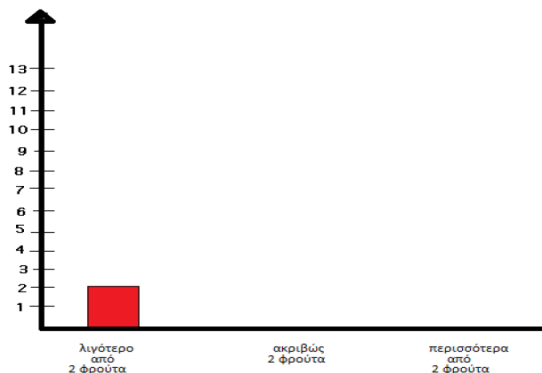
Εικόνα 1: Έργο κατασκευής πίνακα συχνοτήτων και ραβδογράμματος

Βοηθήμε τον Πέτρο να οργανώσει τα στοιχεία που συγκέντρωσε:

Α) σε πίνακα:

Αριθμός φρούτων	Πλήθος παιδιών	
Λιγότερα από 2 φρούτα	||	2
Ακριβώς 2 φρούτα		
Περισσότερα από 2 φρούτα		

Β) σε ραβδόγραμμα :



Διαδικασία. Η γραπτή δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε από κάθε παιδί ατομικά κατά τη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας, τον Μάρτιο του 2016. Δεν δόθηκε καμία διευκρίνιση στους συμμετέχοντες, προκειμένου να μην επηρεαστούν οι απαντήσεις τους, ενώ υπήρξε η διαβεβαίωση ότι η δραστηριότητα δεν αποτελεί μέρος αξιολόγησής τους. Στη συγκεκριμένη τάξη, σύμφωνα με το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα για τα Μαθηματικά του δημοτικού σχολείου (ΔΕΠΠΣ, 2003), εισάγονται για πρώτη φορά έννοιες της Στατιστικής των οποίων η διδασκαλία συνεχίζεται και στις επόμενες τάξεις του δημοτικού. Συγκεκριμένα, οι μαθητές της Δ' τάξης του δημοτικού θα πρέπει να μπορούν να συλλέγουν, να οργανώνουν και να παρουσιάζουν ερευνητικά δεδομένα και να κάνουν χρήση και ερμηνεία πινάκων, ραβδογραμμάτων και εικονογραμμάτων.

Η προφορική συνέντευξη πραγματοποιήθηκε ατομικά για κάθε παιδί αμέσως μετά την ολοκλήρωση της γραπτής δραστηριότητας και διήρκεσε περίπου 10 λεπτά.

Για την επεξεργασία των δεδομένων και την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

α. Οργάνωση και παρουσίαση πληροφοριών

Στην ερώτηση αν υπάρχει κάποιος τρόπος να οργανώσουμε τις απαντήσεις των φίλων του Πέτρου, λιγότερα από τα μισά παιδιά (23 παιδιά, 48,94%) ήταν σε θέση να προτείνουν κάποιο είδος καταγραφής και οργάνωσης των συγκεντρωμένων στοιχείων. Τα παιδιά αυτά υποστήριζαν ότι μπορούν να χρησιμοποιήσουν την κατηγοριοποίηση που υπάρχει στο ερωτηματολόγιο, δηλαδή, το διαχωρισμό που υπάρχει στην κατανάλωση των φρούτων (λιγότερο, ακριβώς και περισσότερο από 2 φρούτα) καταμετρώντας μία-μία τις κατηγορίες απαντήσεων και στη συνέχεια να παρουσιάσουν τα στοιχεία αυτά σε πίνακα ή σε διάγραμμα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα παιδιά περιορίστηκαν στα πλαίσια κατηγοριοποίησης των δεδομένων του ερωτηματολογίου και πέρα από αυτό δεν υπήρχε ούτε ένα παιδί που να πρότεινε διαφορετικό τρόπο οργάνωσης και ταξινόμησης. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν να οργανώσουν τις απαντήσεις με βάση το φύλο των ερωτηθέντων (αγόρια, κορίτσια).

Όταν οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να βοηθήσουν τον Πέτρο να οργανώσει τα στοιχεία που συγκέντρωσε σε έναν πίνακα συχνοτήτων στον οποίο δινόταν το πρώτο στοιχείο ως παράδειγμα, εμφανής ήταν η δυσκολία τους. Συγκεκριμένα, το 61,7% των παιδιών κατάφεραν να οργανώσουν σωστά τα δεδομένα σε έναν πίνακα, κυρίως χρησιμοποιώντας το παράδειγμα που τους δόθηκε, το οποίο φάνηκε να λειτουργεί βοηθητικά για τη συμπλήρωση του πίνακα. Όσοι συμμετέχοντες δεν συμπλήρωσαν σωστά τον πίνακα, δεν έδωσαν καμία προσοχή στο συμπληρωμένο μέρος του πίνακα. Πιο συγκεκριμένα, έδιναν λανθασμένο αριθμό στη στήλη “πλήθος παιδιών” (βλ. Εικόνα 1), με αποτέλεσμα το σύνολο των παιδιών να είναι άλλες φορές μεγαλύτερο από το σύνολο των παιδιών που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο και άλλες φορές μικρότερο. Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, όταν τους ζητήθηκε να εξηγήσουν πώς αυτό συνέβαινε, συνήθως απαντούσαν ότι έτσι έβγαινε το αποτέλεσμα της πρόσθεσης που έκαναν. Από επόμενες διερευνητικές ερωτήσεις, φάνηκε ότι αυτό οφειλόταν στη μη σωστή παρατήρηση και καταμέτρηση των δεδομένων αλλά και στην απουσία επαλήθευσης του αριθμού των παιδιών που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο.

Για την κατασκευή του ραβδογράμματος, και πάλι δόθηκε το ραβδόγραμμα στο οποίο είχε σχεδιαστεί το πρώτο στοιχείο από τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια και τα παιδιά κλήθηκαν να σχεδιάσουν τα άλλα δεδομένα με βάση τα στοιχεία που είχαν βρει από τον πίνακα των συχνοτήτων. Μόλις το 44,68% των συμμετεχόντων κατασκεύασαν με επιτυχία το ραβδόγραμμα, υποστηρίζοντας και πάλι ότι τους βοήθησε πολύ το παράδειγμα που τους είχε δοθεί. Τα περισσότερα από τα παιδιά που δεν είχαν σχεδιάσει σωστά το ραβδόγραμμα δεν είχαν παρατηρήσει τις τιμές που δίνονταν στον κατακόρυφο άξονα y . Σχεδίαζαν την καθεμία ράβδο ευθυγραμμισμένη σε τυχαίο και λανθασμένο αριθμό του άξονα y . Αξίζει να αναφερθεί, επίσης, ότι υπήρχαν κυρίως δύο ομάδες παιδιών που έκαναν λάθη στον σχεδιασμό του ραβδογράμματος. Η μία ομάδα ήταν τα παιδιά που, ενώ συμπλήρωσαν τον πίνακα συχνοτήτων σωστά, δεν παρατήρησαν το παράδειγμα που τους είχε δοθεί στο ραβδόγραμμα, με αποτέλεσμα να σχεδιάσουν δύο ίδιες ράβδους αλλά σε λανθασμένο αριθμό του κατακόρυφου άξονα y . Στην άλλη ομάδα τα παιδιά

κατασκεύασαν λανθασμένα τον πίνακα συχνοτήτων και κατ' επέκταση και το ραβδόγραμμα. Σίγουρα όσοι συμπλήρωσαν σωστά το ραβδόγραμμα, είχαν σωστά και τον πίνακα συχνοτήτων. Η κατασκευή του πίνακα συχνοτήτων ήταν ευκολότερη διαδικασία για τα παιδιά, ενώ η κατασκευή ραβδογράμματος απαιτεί το συσχετισμό των τιμών του άξονα x με τις τιμές του άξονα y, οπότε δυσκόλεψε περισσότερο τα παιδιά στην αναπαράσταση των δεδομένων του πίνακα μέσω του γραφήματος.

β. Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Αρχικά, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να απαντήσουν πόσα συνολικά παιδιά ρωτήθηκαν για την πραγματοποίηση της έρευνας του Πέτρου. Στην πλειοψηφία τους (44 συμμετέχοντες, 93,6%) απάντησαν σωστά, στηριζόμενοι κυρίως στην καταμέτρηση των δεδομένων από την τελευταία στήλη του πίνακα συχνοτήτων. Πολύ λίγοι ήταν εκείνοι που είδαν αυτή την πληροφορία από την εκφώνηση της δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, 23 συμμετέχοντες είδαν το σύνολο των παιδιών από τον πίνακα συχνοτήτων, ενώ 12 συμμετέχοντες μέτρησαν τους ερωτηθέντες από τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια και 9 συμμετέχοντες είδαν τον αριθμό των παιδιών από την εκφώνηση της δραστηριότητας.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στην ερώτηση σχετικά με το πόσα ήταν τα παιδιά που δήλωσαν ότι δεν τρώνε κανένα φρούτο την ημέρα. Το 55,3% του συνόλου των παιδιών δεν έδωσε σωστή απάντηση. Έγραψαν τον αριθμό των παιδιών που είχαν σημειώσει στον πίνακα συχνοτήτων στη στήλη “λιγότερα από 2 φρούτα”, δείχνοντας πως δεν κατάφεραν να διαχωρίσουν την ποσοτική διαφορά στις έννοιες “λιγότερο” και “κανένα”. Καθώς δεν υπήρχε ξεχωριστή κατηγορία απαντήσεων για τα παιδιά που δεν τρώνε κανένα φρούτο την ημέρα, είναι αδύνατον να απαντήσει κάποιος με ακρίβεια στην ερώτηση αυτή. Υπήρχαν, ωστόσο, δύο φίλοι του Πέτρου που τρώνε λιγότερα από 2 φρούτα καθημερινά, όμως σε αυτούς τους φίλους μπορεί να υπάρχει ένας ή δύο ή κανένας φίλος που δεν τρώει (τρώνε) κανένα φρούτο. Εκείνο που έπρεπε, δηλαδή, να προσέξουν οι συμμετέχοντες ήταν η διαφορά της λέξης «λιγότερα» στις κατηγορίες απαντήσεων στα ερωτηματολόγια και της λέξης «κανένα» στην ερώτηση ερμηνείας που τους τέθηκε. Ενδεχομένως όσοι συμμετέχοντες απάντησαν λανθασμένα δυσκολεύτηκαν να αντιληφθούν τη διαφορά αυτή.

Τέλος, όταν οι μαθητές ρωτήθηκαν πόσοι από τους φίλους του Πέτρου δήλωσαν ότι τρώνε περισσότερα από 2 φρούτα καθημερινά, το 85,1% αυτών απάντησε σωστά. Όσοι μαθητές απάντησαν λανθασμένα στην ερώτηση αυτή, τα λάθη τους οφείλονταν στη λανθασμένη καταμέτρηση των στοιχείων από τα δεδομένα. Όσοι είχαν δώσει λανθασμένες απαντήσεις στον πίνακα συχνοτήτων ή/και στο ραβδόγραμμα, έδωσαν λανθασμένη απάντηση και στο ερώτημα αυτό. Όταν ρωτήθηκαν κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, εάν επαλήθευσαν με κάποιο τρόπο την απάντησή τους υποστήριξαν ότι βασίστηκαν στα αποτελέσματα που είχαν βρει στον πίνακα συχνοτήτων.

Συνολικά, και στις τρεις ερωτήσεις ερμηνείας των δεδομένων απάντησαν σωστά μόλις το 31,91% των συμμετεχόντων, ενώ το 68,09% των παιδιών έκανε λάθος σε μία ή δύο από τις ερωτήσεις. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στις ερωτήσεις ερμηνείας δόθηκαν με βάση τις απαντήσεις που είχαν δώσει στον πίνακα

συχνοτήτων ή στο ραβδόγραμμα. Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, κανένας από τους συμμετέχοντες δεν ανέφερε ότι για τις συγκεκριμένες ερωτήσεις άντλησε πληροφορίες από τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια που αρχικά είχαν δοθεί.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκαν οι δυνατότητες των μαθητών της Δ' Δημοτικού, στην οργάνωση δεδομένων, στην κατασκευή πίνακα συχνοτήτων, στην κατασκευή ραβδογράμματος και στην ερμηνεία του. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι τα παιδιά, της συγκεκριμένης τάξης, δεν ήταν ιδιαίτερα ικανά να φτιάξουν πίνακα συχνοτήτων και αντιμετώπισαν σοβαρές δυσκολίες στην κατασκευή και ερμηνεία ραβδογράμματος. Συγκεκριμένα, αν και αναγνώρισαν την ανάγκη οργάνωσης των πληροφοριών που τους παρουσιάστηκαν, δεν 'ξέφυγαν' από τις ήδη δοσμένες κατηγορίες απαντήσεων και περιορίστηκαν σε συγκεκριμένο τρόπο οργάνωσης. Ένας πιθανός διαχωρισμός στις απαντήσεις θα μπορούσε να ήταν ως προς το φύλο καθώς συχνά τα παιδιά προτείνουν αυτό το διαχωρισμό όταν πρόκειται να ομαδοποιηθούν τόσο σε ομαδοσυνεργατικές εργασίες όσο και στο καθημερινό τους παιχνίδι.

Η κατασκευή πίνακα συχνοτήτων και ραβδογράμματος δυσκόλεψε ιδιαίτερα τα παιδιά. Ένας ικανοποιητικός αριθμός παιδιών ήταν, ωστόσο, σε θέση να μεταφέρει τις πληροφορίες που τους δόθηκαν από τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια σε πίνακα, όχι όμως απαραίτητα και σε ραβδόγραμμα. Μάλιστα όσοι από τους συμμετέχοντες κατάφεραν να αποδώσουν σωστά τις πληροφορίες σε πίνακα συχνοτήτων, δεν ήταν απαραίτητα σε θέση να κατασκευάσουν ραβδόγραμμα. Το εύρημα αυτό επιβεβαιώνει τη δυσκολία των παιδιών να κινούνται ανάμεσα σε διαφορετικά είδη αναπαράστασης (Αναστασιάδου, 2007) καθώς δυσκολεύονται να μεταφέρουν τις πληροφορίες σε πίνακα και ραβδόγραμμα και το αντίστροφο, γεγονός που συμφωνεί με τα ευρήματα των Γαγάτη, Κουσιάπια και Κουλιάρη (2006) αναφορικά με τη δυσκολία μαθητών Στ' τάξης να εκφράσουν σε ραβδόγραμμα όσα κατανοούσαν λεκτικά στο πρόβλημα που τους δίνονταν. Γενικά, η επίδοσή τους στην κατασκευή του πίνακα συχνοτήτων ήταν καλύτερη από την επίδοσή τους στην κατασκευή του ραβδογράμματος, όπου λιγότεροι από τους μισούς συμμετέχοντες είχαν επιτυχία. Αυτό ενδεχομένως εξηγείται από το γεγονός ότι στο ραβδόγραμμα περιλαμβάνονται πολλά νέα χαρακτηριστικά για τα δεδομένα που αναπαρίστανται τα οποία δεν είναι πάντοτε γνωστά στα παιδιά. Άλλωστε το ραβδόγραμμα, όπως και κάθε γραφική παράσταση, αποτελεί ένα σημειωτικό τρόπο αναπαράστασης με συγκεκριμένα συμβατικά στοιχεία που δεν είναι πάντα εύκολα κατανοητά και διαχειρήσιμα από τους μαθητές (Ben-Zvi & Arcavi, 2001; Leinhardt et al., 1990) και απαιτούν πιο πολύπλοκο συλλογισμό. Το συμπληρωμένο μέρος τόσο στον πίνακα συχνοτήτων όσο και στο ραβδόγραμμα βρέθηκε να λειτουργήσει βοηθητικά: αρκετοί ήταν οι συμμετέχοντες που δήλωσαν ότι στηρίχθηκαν σε αυτό και είχαν επιτυχία.

Σημαντικές ήταν οι αδυναμίες των συμμετεχόντων στην ερμηνεία των πληροφοριών από τον πίνακα συχνοτήτων και το ραβδόγραμμα. Οι αδυναμίες τους αυτές κυρίως αφορούσαν δυσκολία στην ανάγνωση των πληροφοριών και την αποκωδικοποίησή τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Στη συγκεκριμένη έρευνα, η επιλογή του συγκεκριμένου οικείου σεναρίου στη δραστηριότητα που παρουσιάστηκε στους συμμετέχοντες έγινε στη βάση του σημαντικού ρόλου του πλαισίου (Wild et al., 2011) και προσφέρει ιδέες για περαιτέρω χρήση των άτυπων αλλά ωστόσο λογικών εμπειριών των παιδιών με τις βασικές έννοιες της ανάλυσης δεδομένων και συντελεί στην ενίσχυση και βελτίωση του στατιστικού συλλογισμού (Makar, & Ben-Zvi, 2011; Garfield, & Ben-Zvi, 2007). Ενδεχομένως θα βοηθούσε περισσότερο τους μαθητές να δημιουργήσουν οι ίδιοι το πλαίσιο της ανάλυσης δεδομένων, να καθορίσουν τις μεθόδους συλλογής τους και να οδηγούνταν σε τρόπους οργάνωσης και ερμηνείας τους με ακόμα περισσότερο ‘αυθόρμητο’ τρόπο. Οποσδήποτε χρειάζεται περισσότερη έρευνα για περαιτέρω διερεύνηση των τρόπων με τους οποίους μπορούμε να βοηθήσουμε τα παιδιά να οργανώνουν και να παρουσιάζουν δεδομένα και πληροφορίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναστασιάδου, Σ. (2007). Δυσκολίες χειρισμού των σημειωτικών συστημάτων αναπαράστασης στατιστικών εννοιών στο δημοτικό σχολείο. Στα *Πρακτικά του 20^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Στατιστικής* (σελ. 87-94). Ελληνικό Στατιστικό Ινστιτούτο.
- American Statistical Association (2005). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education report: A pre-K-12 curriculum framework*. Alexandria, VA: ASA. [www.amstad.org/education/gaise/]
- Ben-Zvi, D., & Arcavi, A. (2001). Junior high school students' construction of global views of data representations. *Educational Studies in Mathematics*, 45, 35-65.
- Γαγάτσης, Α., Κουσιάπας, Α., & Κουλιάρη, Ε. (2006). Αναπαραστάσεις στη Στατιστική της Στ' Δημοτικού. Στα *Πρακτικά του 9^{ου} Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου* (σελ. 3-16). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Δ.Ε.Π.Π.Σ. (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων. ΦΕΚ 303Β/13-3-2003.
- Fitzallen, N., & Watson, J. (2011). Graph creation and interpretation: Putting skills and context together. In J. Clark, B. Kissane, J. Mously, T. Spencer, & S. Thornton (Eds.), *Mathematics: Traditions and [new] practices*. Adelaide: AAMT & MERGA.
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meaning, components, responsibilities. *The International Statistical Review*, 70(1), 1-25.
- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2007). How students learn statistics revisited: A current review of research on teaching and learning statistics. *International Statistical Review*, 75(3), 372-396.
- Konold, C., & Higgins, T. (2003). Reasoning about data. In J. Kilpatrick, W.G. Martin, D. Schifter (Eds.), *A research companion to principles and standards for school mathematics* (pp. 193-215). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Lampen, E. (2010). Structuring contexts for statistical treatment: Initializing statistical reasoning. In C. Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an*

- evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS8)*. Ljubljana, Slovenia.
- Langrall, C.W., (2010). Does context expertise make a difference when dealing with data?. In C. Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS8)*. Ljubljana, Slovenia.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M.K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60, 1-64.
- Makar, K., & Ben-Zvi, D. (2011). The role of context in developing reasoning about informal statistical inference. *Special Issue of Mathematical Thinking and Learning*, 13(1 & 2), 1-4.
- Pfannkuch, M. (2011). The role of context in developing informal statistical inferential reasoning: A classroom study. *Mathematical Thinking and Learning*, 13(1 & 2), 27-46.
- Swartz, D., Goldman, S., Vye, N., & Barron, B. (1998). Aligning every and mathematical reasoning: The case of sampling assumptions. In S.P. Lajoie (Ed.), *Reflections on statistics: Learning, teaching and assessment in grades K-12* (pp. 233-274). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- van Dyke, F., & White, A. (2004). Making Graphs Count. *Mathematics Teaching*, 188, 42-50.
- Wainer, H. (1992). Understanding graphs and tables. *Educational Researcher*, 21, 14-23.
- Watson, J., & Moritz, J. (2000). Developing of understanding of sampling for statistical literacy. *Journal of Mathematical Behavior*, 19(1), 109-136.
- Wild, C.J., Pfannkuch, M., Regan, M., & Horton, N.J. (2011). Towards more accessible conceptions of statistical inference. *Journal of the Royal Statistical Society A*, 174 (2), 247-295.
- Χριστοδούλου, Θ., & Γαγάτσης, Α. (2014). Αναπαραστατική ευελιξία στα γραφήματα στατιστικής. Στα *Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης Ερευνητών Διδακτικής Μαθηματικών*. Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.
- Zieffler, A., Garfield, J., delMas, R., & Reading, C. (2008). A framework to support research on informal inferential reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 7(2), 40-58.

Οπτική παρουσίαση των πληροφοριών σε ένα μαθηματικό πρόβλημα: Η περίπτωση των ραβδογραμμάτων

Λέσποινα Δεσλή¹ & Σοφία Σεΐσογλου²

¹ Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., ddesli@eled.auth.gr

² Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., seissofi@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει την επίδραση της οπτικοποίησης των πληροφοριών στην ικανότητα ερμηνείας των ραβδογραμμάτων συχνοτήτων από μικρά παιδιά. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα σε 48 παιδιά Β' Δημοτικού και 50 παιδιά Γ' Δημοτικού στα οποία παρουσιάστηκαν έργα που αφορούσαν στην αναγνώριση και ερμηνεία ραβδογραμμάτων, διαφοροποιημένα ως προς τον τρόπο παρουσίασής τους. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες -τυχαία ανά ηλικιακή ομάδα- κατανεμήθηκαν είτε στην ομάδα όπου τα ραβδογράμματα συχνοτήτων παρουσιάστηκαν με εικόνες είτε στην ομάδα όπου οι ράβδοι παρουσιάστηκαν μονοχρωματικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο τα παιδιά της Β' όσο και της Γ' Δημοτικού παρουσιάζουν αρκετά υψηλές επιδόσεις, παρ' ότι δεν έχει προηγηθεί συστηματική διδασκαλία. Ωστόσο, ο τρόπος παρουσίασης των έργων επηρέασε τη γενική επίδοση όλων των παιδιών: τα παιδιά που έβλεπαν τα ραβδογράμματα μονοχρωματικά είχαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη επίδοση από τα άλλα παιδιά. Οι διαφορές αυτές ήταν πιο έντονες για τα μικρότερα παιδιά, ενώ πιο σταθερή ήταν η επίδοση των μεγαλύτερων παιδιών. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τη σημασία των διαφορετικών τρόπων παρουσίασης των μαθηματικών πληροφοριών στην ικανότητα κατανόησης.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: ερμηνεία ραβδογράμματος, οπτική παρουσίαση, μαθηματικά

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση πολλών σημειωτικών τρόπων και αναπαραστάσεων τα τελευταία χρόνια είναι αδιαμφισβήτητη τόσο μέσα όσο και έξω από το σχολείο, καθώς τα παιδιά όλο και πιο συχνά συναντούν εικόνες σε όλα τα περιβάλλοντα στα οποία ανήκουν. Η δημιουργία ενός πολυτροπικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, με μέσα όπως εικόνες και κείμενα, στοχεύει στην καλλιέργεια του οπτικού γραμματισμού που θα ενισχύει την καλύτερη κατανόηση του κόσμου από τα παιδιά (Χοντολίδου, 1999). Στη μαθηματική εκπαίδευση, οι εξωτερικές αναπαραστάσεις, όπως διαγράμματα, πίνακες, εικόνες και σχήματα, αποτελούν τους πιο συνηθισμένους τρόπους έκφρασης των μαθηματικών πληροφοριών (Λουμάκου, 2010). Επειδή ακριβώς θεωρούνται εργαλεία χειρισμού των μαθηματικών

εννοιών (Γαγάτσης, & Σπύρου, 2004), χρησιμοποιούνται πολύ συχνά για να απεικονίσουν τα αφηρημένα νοήματά τους (Tversky, 1997).

Αρκετοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη χρήση και ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων καθώς αυτές ενδεχομένως να αποτελούν το πιο διαδεδομένο παράδειγμα απεικόνισης αφηρημένων εννοιών (Kaminski, & Sloutsky, 2013). Κατά την εισαγωγή των παιδιών στην ανάγνωση ραβδογραμμάτων συχνότητων, για παράδειγμα, συχνά στις ράβδους απεικονίζονται καραμέλες, ζώα ή άλλα αντικείμενα, πάντοτε σχετικά με το σενάριο που παρουσιάζεται στο μαθηματικό πρόβλημα. Τέτοιες πολύχρωμες εικόνες χρησιμοποιούνται κυρίως για την ελκυστικότητά τους αλλά και γιατί θεωρούνται ιδιαίτερα βοηθητικά μέσα για τη διδασκαλία των μαθηματικών. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές νοηματοδοτούν τις μαθηματικές καταστάσεις και είναι σε θέση να κατανοούν και να ερμηνεύουν τα δεδομένα και όχι μόνο να εφαρμόζουν αριθμητικές διαδικασίες προκειμένου να επιλύουν τα προβλήματα (English, 2012).

Οι Nunes και Bryant (2007) υποστηρίζουν ότι, καθώς τα γραφήματα αναπαριστούν τη σχέση ανάμεσα σε τουλάχιστον δύο μεταβλητές, η χρήση τους βοηθά τους μαθητές να αναλύουν μαθηματικές καταστάσεις και τις σχέσεις που εμπλέκονται σε αυτές και παράλληλα ενισχύει τη γνώση τους για τη χρήση αυτών των εργαλείων. Για παράδειγμα, οι Selva, Da Rocha Falcao και Nunes (2005) σε μία διδακτική παρέμβαση που σχεδίασαν για την επίλυση προσθετικών προβλημάτων σε παιδιά έξι και επτά ετών αξιοποίησαν τις γραφικές αναπαραστάσεις των ποσοτήτων με τη χρήση τρισδιάστατων ιστογραμμάτων φτιαγμένα από τουβλάκια Lego και ανέδειξαν τη σπουδαιότητα των γραφημάτων ως παιδαγωγικά εργαλεία. Η κατανόηση των σχέσεων που εμπλέκονται σε μία γραφική παράσταση και η διαχείρισή τους είναι πολύ σημαντικό έργο (Goswami, 2001), ιδιαίτερα απαιτητικό στην προσχολική και σχολική ηλικία. Ακόμα και παιδιά νηπιαγωγείου και πρώτης τάξης φαίνεται να είναι σε θέση να οργανώνουν και να ερμηνεύουν δεδομένα (Desli, 2010), ακόμα και πριν από την τυπική διδασκαλία τους στο σχολείο. Μεγαλύτερα βέβαια παιδιά, όπως μαθητές της Στ' τάξης, αν και παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευχέρεια στο να αντλούν στοιχεία από μία γραφική παράσταση, δυσκολεύονται όμως να εξάγουν γενικά συμπεράσματα (Γαγάτσης, Κουσιάπα, & Κοιλάρη, 2006).

Ωστόσο, το πλαίσιο και ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται τα δεδομένα σε μία γραφική παράσταση μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα των παιδιών για ερμηνεία αυτών των δεδομένων¹, ενισχύοντας ή ακόμα και παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη του στατιστικού συλλογισμού των παιδιών (Pfannkuch, 2011). Για παράδειγμα, οι Kaminski και Sloutsky (2013) μελέτησαν τον τρόπο με τον οποίο παιδιά 6-8 ετών διαβάζουν γραφικές παραστάσεις στις οποίες οι πληροφορίες άλλοτε παρουσιάζονται με εικόνες των διακριτών μετρήσιμων αντικειμένων (εξωτερική παρουσίαση) και άλλοτε με μονοχρωματικές ράβδους (εσωτερική παρουσίαση). Βρήκαν ότι η εξωτερική παρουσίαση των πληροφοριών αποδυνάμωνε σημαντικά τη διαδικασία μάθησης: τα παιδιά, κυρίως τα

¹ Ως ερμηνεία θεωρείται η ικανότητα των παιδιών να λαμβάνουν πληροφορίες από μία δεδομένη γραφική παράσταση και να εκφράζουν αυτές τις πληροφορίες με κατάλληλες λέξεις, συχνά αιτιολογώντας και κάνοντας προεκτάσεις (Friel, Curcio, & Bright, 2001).

μικρότερα σε ηλικία, έτειναν να μετρούν τα αντικείμενα και αδυνατούσαν να εφαρμόσουν μία κατάλληλη στρατηγική. Οι ερευνητές μάλιστα συνδέουν την παρουσίαση των πληροφοριών σε ένα μαθηματικό πρόβλημα με επιπτώσεις στην ανάπτυξη της νέας μαθηματικής γνώσης στα παιδιά.

Υπό το πρίσμα της σπουδαιότητας του εκπαιδευτικού υλικού και του τρόπου παρουσίασής του, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει την επίδραση της οπτικοποίησης των πληροφοριών στην ικανότητα ερμηνείας των γραφικών παραστάσεων από μικρά παιδιά. Συγκεκριμένα, επιδιώκεται να εξεταστεί η ικανότητα των μικρών παιδιών για ερμηνεία ενός ραβδογράμματος ως αποτέλεσμα της διαφορετικής οπτικής παρουσίασης των πληροφοριών σε αυτό.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

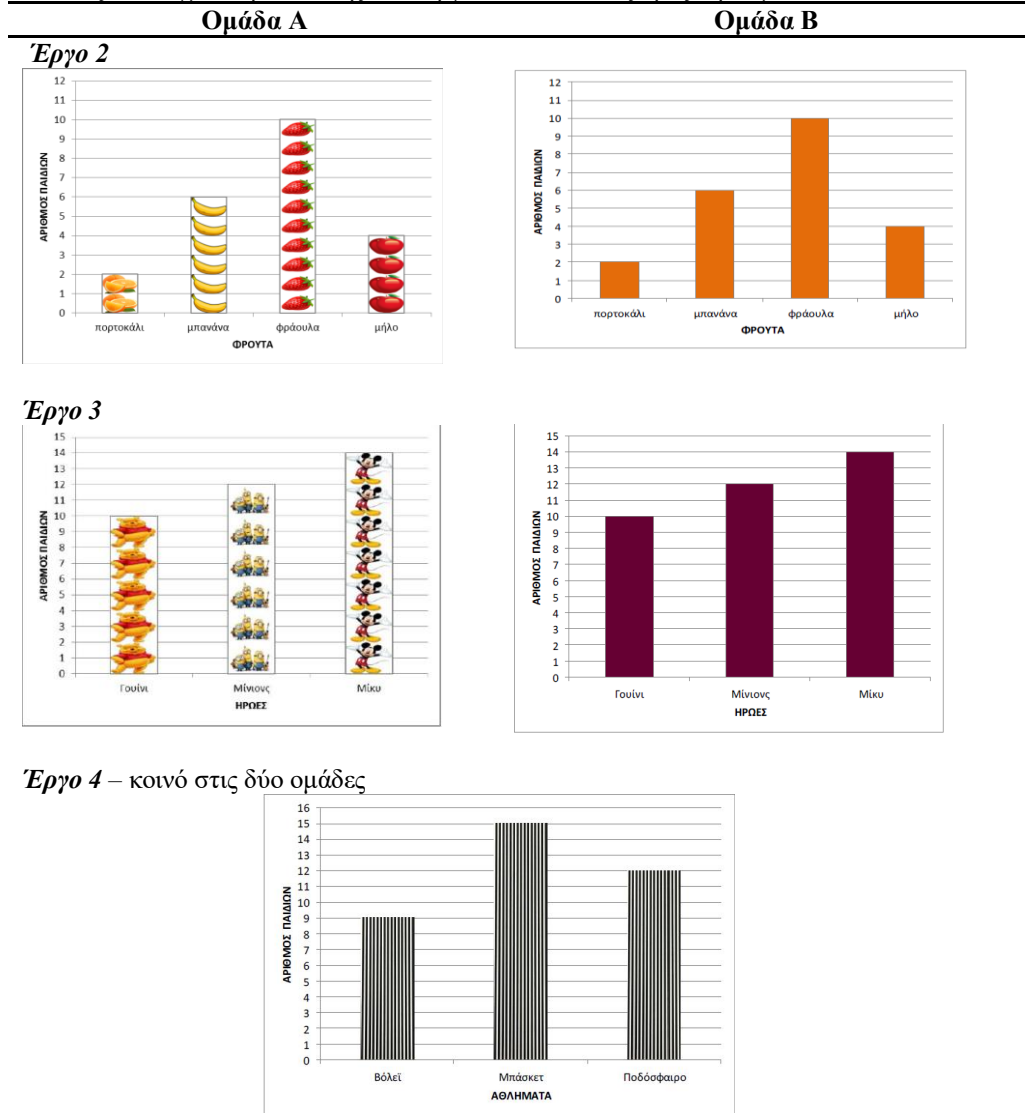
Συμμετέχοντες. Στην έρευνα πήραν μέρος 48 παιδιά της Β' Δημοτικού (μέσος όρος ηλικίας: 7 χρόνια και 7 μήνες) και 50 παιδιά της Γ' Δημοτικού (μέσος όρος ηλικίας: 8 χρόνια και 5 μήνες) που φοιτούσαν σε δημόσια δημοτικά σχολεία της ευρύτερης περιοχής της πόλης της Θεσσαλονίκης και κάλυπταν διαφορετικά κοινωνικο-οικονομικά και μορφωτικά επίπεδα. Η επιλογή τους έγινε με τη μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας. Οι συμμετέχοντες δεν είχαν δεχθεί διδασκαλία σχετικά με τις γραφικές παραστάσεις, καθώς -στα πλαίσια της τυπικής εκπαίδευσης- η διδασκαλία τους ξεκινά στην Δ' τάξη¹.

Σχεδιασμός. Τέσσερα έργα σχεδιάστηκαν, με δυο προβλήματα το καθένα, που περιείχαν πάντα ένα σενάριο προερχόμενο από καταστάσεις καθημερινής ζωής (π.χ., μεταφορικά μέσα, ήρωες παιδικών ταινιών, κλπ.) το οποίο στη συνέχεια απεικονιζόταν με τη μορφή ραβδογράμματος συχνοτήτων. Στο Έργο 1 (αναγνώριση και ερμηνεία ραβδογράμματος), ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αναγνωρίσουν ανάμεσα σε δύο ραβδογράμματα συχνοτήτων εκείνο που αναπαριστά τις πληροφορίες που τους δίνονταν (Έργο 1i) και να το ερμηνεύσουν (Έργο 1ii). Στα Έργα 2, 3 και 4 (ερμηνεία ραβδογράμματος), οι συμμετέχοντες έπρεπε να βρουν τις ποσότητες που έχουν οι ράβδοι σε κάθε ραβδόγραμμα και να υποδείξουν τη ράβδο με τη μεγαλύτερη συχνότητα.

Προκειμένου να ελεγχθεί αν ο τρόπος παρουσίασης των πληροφοριών σε ένα ραβδόγραμμα συχνοτήτων επηρεάζει την ικανότητα αναγνώρισης και ερμηνείας των πληροφοριών, οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες. Τα παιδιά της πρώτης ομάδας (Ομάδα Α) είδαν τα ραβδογράμματα συχνοτήτων με εικόνες. Συγκεκριμένα, στα Έργα 1 και 2, το πλήθος των εικόνων στις ράβδους αντιστοιχούσε με την ακριβή ποσότητα του άξονα y , ενώ στο Έργο 3 το πλήθος των εικόνων ήταν σε αναλογία $\frac{1}{2}$ με την ποσότητα του άξονα y . Στα παιδιά της δεύτερης ομάδας (Ομάδα Β) παρουσιάστηκαν οι ράβδοι μονοχρωματικά στα Έργα 1, 2 και 3 (βλ. Πίνακα 1). Στο Έργο 4, το οποίο ήταν κοινό και για τις δύο ομάδες, οι ράβδοι είχαν μοτίβα (κουκίδες, κάθετες γραμμές).

1 Στο ελληνικό δημοτικό σχολείο, η διδασκαλία της Στατιστικής, συμπεριλαμβανομένων και των γραφημάτων, πραγματοποιείται στις τρεις τελευταίες τάξεις και στοχεύει στην άσκηση των παιδιών στη συλλογή, οργάνωση, αναπαράσταση και ερμηνεία ερευνητικών δεδομένων (Δ.Ε.Π.Π.Σ., 2003). Ωστόσο, στοιχειώδη γραφήματα παρουσιάζονται και σε μικρότερες τάξεις (π.χ., Βιβλίο Μαθητή Β' τάξης, β' τεύχος, σελ. 18).

Πίνακας 1: Δείγμα παρουσίασης των Έργων 2, 3 και 4 ως προς την Ομάδα



Διαδικασία. Τα παιδιά εξετάστηκαν ατομικά σε ήσυχο χώρο του σχολείου τους, μετά από εισαγωγική δοκιμαστική δραστηριότητα. Η συμμετοχή τους ήταν ανώνυμη και προαιρετική. Η διαδικασία διήρκεσε περίπου 20 λεπτά.

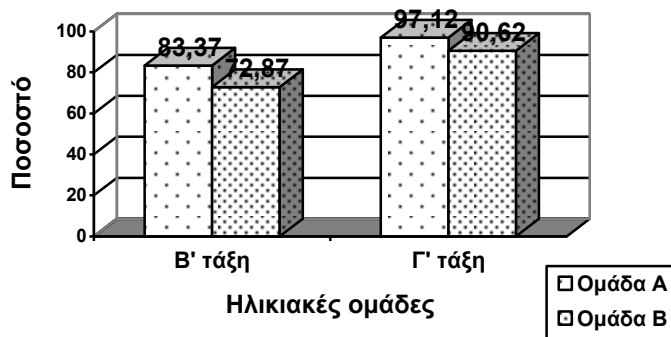
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

α. Γενική επίδοση

Πολύ υψηλές ήταν οι επιδόσεις των συμμετεχόντων συνολικά στα έργα που τους παρουσιάστηκαν. Οι επιδόσεις αυτές άγγιζαν το 85% και δεν διαφοροποιήθηκαν στατιστικά σημαντικά ως προς την τάξη των συμμετεχόντων ($t=-2,018$, $df=96$, $p=.314$). Ωστόσο, στα έργα που αφορούσαν την ερμηνεία του ραβδογράμματος συχνοτήτων η γενική επίδοση των παιδιών της Γ' τάξης ήταν στατιστικά σημαντικά καλύτερη από αυτή των παιδιών της Β' τάξης ($t=-5,105$, $df=96$, $p<.01$): γενικά, όμως, η επίδοση όλων των παιδιών ήταν χαμηλότερη στα έργα ερμηνείας σε σχέση με το έργο αναγνώρισης.

Η ομάδα στην οποία κατατάχθηκαν οι συμμετέχοντες βρέθηκε να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά τη γενική τους επίδοση ($t=2,403$, $df=96$, $p<.05$): όσοι έβλεπαν τις ράβδους με εικόνες (Ομάδα Α) παρουσίασαν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας από όσους έβλεπαν τις ράβδους μονοχρωματικά (Ομάδα Β). Αυτές οι διαφορές εντοπίστηκαν και όταν η ίδια ανάλυση πραγματοποιήθηκε μόνο για τις ερωτήσεις που αφορούσαν στην ερμηνεία ραβδογράμματος ($t=2,574$, $df=96$, $p<.05$). Σε αυτές τις ερωτήσεις, οι συμμετέχοντες της Ομάδας Α είχαν περισσότερες επιτυχείς απαντήσεις από αυτούς της Ομάδας Β, τόσο για τη Β' τάξη όσο και τη Γ' τάξη ($t=1,878$, $df=46$, $p<.05$ και $t=2,536$, $df=48$, $p<.05$, αντίστοιχα). Το Σχήμα 1 παρουσιάζει αυτές τις διαφορές.

Σχήμα 1: Γενική επίδοση στις ερωτήσεις ερμηνείας ως προς την τάξη και την ομάδα

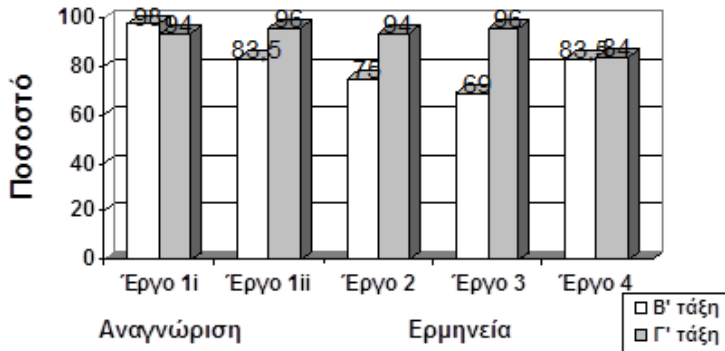


β. Επίδοση στα Έργα

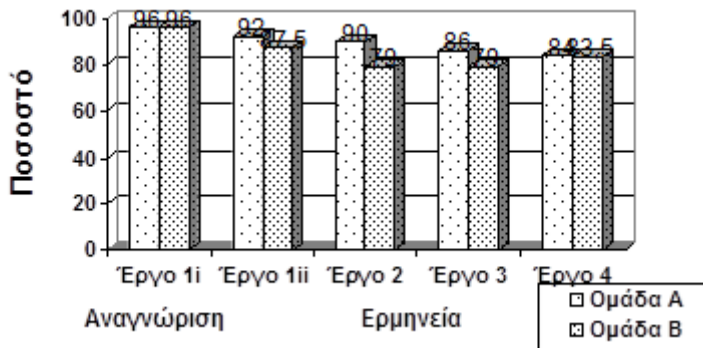
Όταν οι επιδόσεις των παιδιών εξετάστηκαν ξεχωριστά για κάθε έργο, βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την τάξη (βλ. Σχήμα 2) στο δεύτερο μέρος του Έργου 1 ($t=-2,598$, $df=96$, $p<.05$) καθώς και στα Έργα 2 και 3 ($t=-4,752$, $df=96$, $p<.001$ και $t=-3,405$, $df=96$, $p<.01$, αντίστοιχα): στα έργα αυτά η ικανότητα ερμηνείας ραβδογράμματος των παιδιών της Γ' τάξης ήταν πολύ καλύτερη από αυτή των παιδιών της Β' τάξης. Στα ίδια έργα βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις των παιδιών ως προς την ομάδα ($t=1,896$, $df=96$, $p<.05$, $t=1,740$, $df=96$, $p<.05$ και $t=1,867$,

df=96, $p < .05$, για τα Έργα 1ii, 2 και 3, αντίστοιχα), με τα παιδιά της Ομάδας Β να εμφανίζουν πολύ χαμηλότερες επιδόσεις από τα παιδιά της Ομάδας Α (βλ. Σχήμα 3). Αντίθετα, παρόμοιες ήταν οι επιδόσεις τους τόσο στο Έργο 1i που αφορούσε την αναγνώριση του σωστού ραβδογράμματος συχνότητας ($t = .060$, $df = 96$, $p = .953$) όσο και στο Έργο 4 το οποίο παρουσιάστηκε στα παιδιά και των δύο ομάδων με τον ίδιο τρόπο ($t = 1,817$, $df = 96$, $p = .072$).

Σχήμα 2: Ποσοστό επιτυχίας ξεχωριστά για κάθε έργο ως προς την τάξη



Σχήμα 3: Ποσοστό επιτυχίας ξεχωριστά για κάθε έργο ως προς την ομάδα



Συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν και στις επιδόσεις των παιδιών ανάμεσα στα έργα προκειμένου να εξεταστεί αν υπήρχε κάποιο έργο που δυσκόλεψε τα παιδιά περισσότερο ή λιγότερο από τα άλλα. Στις συγκρίσεις αυτές, στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν μόνο οι ερωτήσεις ερμηνείας ραβδογράμματος, τα μεγαλύτερα παιδιά παρουσίασαν παρόμοιες επιδόσεις, εύρημα που δείχνει ότι η διαφοροποίηση στο σενάριο ανάμεσα στα έργα δεν επηρέασε την ικανότητα ερμηνείας τους. Για τα παιδιά της Β' τάξης, όμως, το Έργο 3

ήταν πιο δύσκολο από καθένα από τα άλλα έργα ($p < .05$). Επίσης, τα παιδιά της Ομάδας Α είχαν στατιστικά σημαντικά χειρότερη επίδοση στα Έργα 3 και 4 (86% και 84%, αντίστοιχα) σε σχέση με τα άλλα δύο έργα ($p < .05$). Αυτή η διαφορά ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι είδαν εικόνες στις ράβδους σε όλα τα έργα εκτός από το Έργο 4, το οποίο τους παρουσιάστηκε με μοτίβο και όχι με εικόνες, καθώς και επειδή στο Έργο 3 δεν είχαν τη δυνατότητα να μετρήσουν επακριβώς τις εικόνες. Τα παιδιά της Ομάδας Β είχαν παρόμοιες επιδόσεις σε όλα τα έργα χωρίς κάποια στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση.

γ. Στρατηγικές των παιδιών και συχνότητα χρήσης τους

Από όλους τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις τους, ανεξάρτητα από το αν αυτές ήταν σωστές ή λανθασμένες. Οι απαντήσεις αυτές κατηγοριοποιήθηκαν αναδεικνύοντας τη χρήση των εξής πέντε στρατηγικών: α) Στρατηγική 1: ιδιουσγκρασικές απαντήσεις (π.χ., 'δεν ξέρω', 'γιατί έτσι'), β) Στρατηγική 2: έμφαση στην ποσότητα, χωρίς συγκεκριμένη αιτιολόγηση (π.χ., 'αρέσει σε πιο πολλά παιδιά'), γ) Στρατηγική 3: έμφαση στο ύψος των ράβδων, χωρίς συγκεκριμένη αιτιολόγηση (π.χ., 'είναι η μεγαλύτερη/μηλότερη ράβδος'), δ) Στρατηγική 4: Καταμέτρηση εικόνων (π.χ., 'μέτρησα τις εικόνες που υπάρχουν') και ε) Στρατηγική 5: Άξονας y (π.χ., 'είδα εδώ (δείχνει τον άξονα y) ότι είναι ο μεγαλύτερος αριθμός').

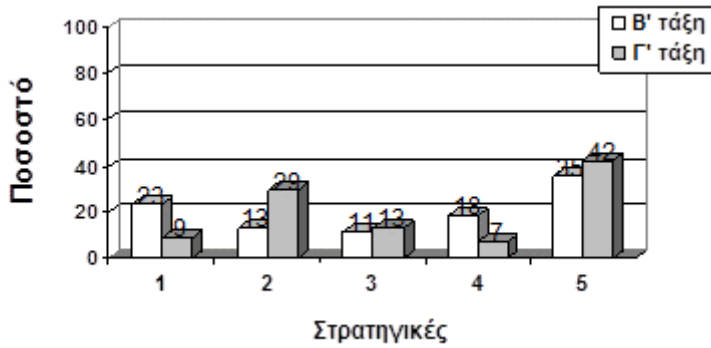
Στην πλειοψηφία τους οι συμμετέχοντες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4, χρησιμοποίησαν τη στρατηγική 5 (38,5%). Στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίστηκαν στη χρήση των στρατηγικών ως προς την τάξη. Συγκεκριμένα, όσοι χρησιμοποίησαν τις στρατηγικές 1 και 4 προέρχονταν κυρίως από τη Β' τάξη (23% και 18%, αντίστοιχα) και λιγότερο από τη Γ' τάξη (9% και 7%, $t=2,069$, $df=96$, $p < .05$ και $t=2,146$, $df=96$, $p < .05$ για τις στρατηγικές 1 και 4, αντίστοιχα). Αντίθετα, τα παιδιά της Γ' τάξης στηρίχθηκαν στατιστικά σημαντικά περισσότερο στη στρατηγική 5 σε σχέση με τα παιδιά της Β' τάξης (42% και 35%, αντίστοιχα, ($t=2,345$, $df=96$, $p < .05$) καθώς και στη στρατηγική 2 (29% και 13%, αντίστοιχα, $t=2,254$, $df=96$, $p < .01$). Παρόλο που και οι δύο αυτές οι στρατηγικές έδιναν έμφαση στην ποσότητα, όσοι αναφέρονταν στον κάθετο άξονα, παρουσίαζαν περισσότερο τεκμηριωμένη αιτιολόγηση και φάνερωναν τη βαθύτερη κατανόηση των δεδομένων του ραβδογράμματος συχνοτήτων.

Ως προς την ομάδα, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη χρήση των στρατηγικών (βλ. Σχήμα 5), εκτός από τη στρατηγική 4 (καταμέτρηση εικόνων) που βρέθηκε να χρησιμοποιείται από τα παιδιά της Ομάδας Α ($t=2,814$, $df=96$, $p < .001$), καθώς τα παιδιά της Ομάδας Β δεν είχαν τη δυνατότητα να μετρήσουν τον αριθμό των εικόνων στις ράβδους.

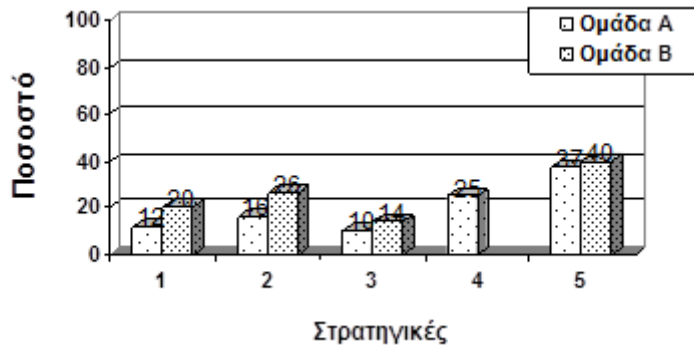
ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα έρευνα είχε ως σκοπό να διερευνήσει αν ο τρόπος παρουσίασης των πληροφοριών επηρεάζει την ικανότητα παιδιών Β' τάξης και Γ' τάξης για αναγνώριση και ερμηνεία των δεδομένων σε ένα ραβδόγραμμα. Δύο είναι τα κυριότερα ευρήματα.

Σχήμα 4: Συχνότητα χρήσης των στρατηγικών ως προς την τάξη



Σχήμα 5: Συχνότητα χρήσης των στρατηγικών ως προς την ομάδα



Πρώτον, τα παιδιά φαίνεται να αντιμετωπίζουν μεγαλύτερη δυσκολία στην ερμηνεία του ραβδογράμματος συχνότητων παρά στην αναγνώριση εκείνου του ραβδογράμματος που απεικονίζει ακριβώς τις πληροφορίες που δίνονται σε ένα πρόβλημα. Συγκεκριμένα, περίπου το 95% των συμμετεχόντων, χωρίς διαφοροποιήσεις ως προς την ηλικία, επιτυγχάνουν στην αναγνώριση του ραβδογράμματος συχνότητων. Αυτή η διαδικασία φαίνεται μάλλον απλή για τους συμμετέχοντες οι οποίοι είναι σε θέση να ακολουθήσουν βήμα προς βήμα τις πληροφορίες που τους δίνονται, χωρίς απαραίτητα να κατανοούν σε βάθος το περιεχόμενο του ραβδογράμματος. Αντίθετα, η ερμηνεία του ραβδογράμματος συχνότητων απαιτεί πιο πολύπλοκο συλλογισμό που περιλαμβάνει ένα σημειωτικό μετασχηματισμό με τη γραφική παράσταση ως αρχική αναπαράσταση την οποία τα παιδιά πρέπει να κατανοήσουν αναφορικά με τη δομή των δεδομένων που αναπαρίστανται, προκειμένου να διακρίνουν τις σχετικές από τις άσχετες πληροφορίες και να αντιληφθούν τις σχέσεις στα δεδομένα του ραβδογράμματος (Γαγάτσης, & Σπύρου, 2004). Αυτή η ικανότητα μάλιστα φαίνεται να βελτιώνεται με την ηλικία.

Δεύτερον, όσα παιδιά έβλεπαν τις ράβδους με εικόνες εμφάνισαν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας σε σχέση με τα παιδιά που έβλεπαν τις ράβδους μονοχρωματικά (περίπου 90% και 82%, αντίστοιχα). Το εύρημα αυτό αφενός δείχνει ότι ο τρόπος παρουσίασης των ράβδων επηρέασε τις επιδόσεις των παιδιών, οι οποίες σε κάθε περίπτωση υπήρξαν πολύ υψηλές και με τους δύο τρόπους παρουσίασης των ράβδων, και αφετέρου μας προβληματίζει γιατί εμφανίζεται να υπάρχει μία αστάθεια στις επιδόσεις των παιδιών που είδαν εικόνες στις ράβδους. Συγκεκριμένα, οι επιδόσεις αυτών των παιδιών, αν και ήταν πολύ υψηλές όταν οι εικόνες στις ράβδους απεικόνιζαν τον ακριβή αριθμό των στοιχείων που αναφέρονταν στο πρόβλημα (Έργο 2), έπεφταν αρκετά χαμηλά όταν οι εικόνες δεν ανταποκρίνονταν στον ακριβή αριθμό και απεικόνιζαν τα μισά από τα στοιχεία του προβλήματος (Έργο 3). Φαίνεται, δηλαδή, ότι τα παιδιά –κυρίως τα μικρότερα- δυσκολεύονταν να ερμηνεύσουν το ραβδόγραμμα ακριβώς επειδή η παρουσίαση άλλαξε και δεν ευνοούσε πια τη χρήση της στρατηγικής με την οποία είχαν νωρίτερα εξοικειωθεί. Αντίθετα, δεν βρέθηκε καμία διαφοροποίηση στις επιδόσεις ανάμεσα στα έργα για τα παιδιά που είδαν τα ραβδογράμματα χωρίς εικόνες, γεγονός που σημαίνει ότι τα παιδιά αυτά εφάρμοζαν σταθερά τη στρατηγική της ανάγνωσης του κάθετου άξονα που οδηγούσε σε επιτυχή ερμηνεία.

Αυτή η διαφοροποίηση ανάμεσα στα παιδιά που διαβάζουν το ραβδόγραμμα στηριζόμενα στον άξονα y και αυτά που βασίζονται στην καταμέτρηση των εικόνων που απεικονίζονται στις ράβδους εγείρει τον εξής προβληματισμό αναφορικά με τη διδασκαλία: οι εικόνες, που φαίνεται να αποτελούν δυναμικά διδακτικά μέσα και βοήθησαν τους συμμετέχοντες στην παρούσα εργασία, θα μπορούσαν να χρησιμοποιούνται στην αρχή και να επιχειρείται σταδιακά στη συνέχεια η μετάβαση σε πιο συμβολικό τρόπο παρουσίασης καθώς, όπως υποστηρίζουν και οι Goldstone και Son (2005), η προοδευτική εξασθένηση των αντιληπτικών στοιχείων διευκολύνει τη μεταφορά της γνώσης. Ωστόσο, η υψηλή επίδοση των παιδιών που δεν είδαν εικόνες ενδεχομένως κλονίζει το επιχείρημα για τη χρήση των εικόνων. Οι Kaminski και Sloutsky (2013) μάλιστα θεωρούν ότι η χρήση τέτοιων εξωτερικών πληροφοριών, όπως είναι οι εικόνες στις ράβδους, δεν είναι καθόλου απαραίτητη για την επιτυχία στη μάθηση. Ενδεχομένως, όπως οι ίδιοι υποστηρίζουν, η χρήση τους αποτρέπει τα παιδιά από τη χρήση εναλλακτικών στρατηγικών, περισσότερο αποτελεσματικών. Σίγουρα περαιτέρω έρευνα θα φωτίσει περισσότερο το θέμα αυτό και τις εκπαιδευτικές του προεκτάσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γαγάτσης, Α., Κουσιάπας, Α., & Κουλιάρη, Ε. (2006). Αναπαραστάσεις στη Στατιστική της Στ' Δημοτικού. Στα *Πρακτικά του 9^{ου} Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου* (σελ. 3-16). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Γαγάτσης, Α. & Σπύρου, Π. (2004). Πολλαπλές αναπαραστάσεις, ανθρώπινη νοημοσύνη και μάθηση. Ανακτήθηκε στις 20/11/2015 από <http://www.math.uoa.gr/me/faculty/spirou/spyrou%208.pdf>

- Δ.Ε.Π.Π.Σ. (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων. ΦΕΚ 303B/13-3-2003.
- Desli, D. (2010). Young children's organization and understanding of data in everyday mathematics situations. In B. Maj, E. Swoboda, & K. Tatsis (Eds.), *Motivation via natural differentiation in mathematics* (pp. 259-267). Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- Friel, S.N., Curcio, F.R., & Bright, G.W. (2001). Making sense of graphs: Critical factors influencing comprehension and instructional implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158.
- Goldstone, R.L., & Son, J.Y. (2005). The transfer of scientific principles using concrete and idealize simulations. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(1), 69-110.
- Goswami, U. (2001). Analogical reasoning in children. In D. Gentner, K.J. Holyoak, & B.N. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp.437-470). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kaminski, J., & Sloutsky, V. (2013). Extraneous perceptual information interferes with children's acquisition of mathematical knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 105 (2), 351-363.
- Λουμάκου, Μ. (2010). *Η χρήση των εξωτερικών αναπαραστάσεων στα σύνθετα προβλήματα: Συγκριτική θεώρηση παλιού και νέου Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών*. Αδημοσίευτη διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών: Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η.
- Nunes, T., & Bryant, P. (2007). Understanding relations and their graphical representations. In T. Nunes, P. Bryant, & A. Watson (Eds.), *Key understandings in mathematics learning, Summary papers*. Nuffield Foundation.
- Pfannkuch, M. (2011). The role of context in developing informal statistical inferential reasoning: A classroom study. *Mathematical Thinking and Learning*, 13 (1 & 2), 27-46.
- Selva, A.,C.V., Da Rocha Falcao, J.T., & Nunes, T. (2005). Solving additive problems at pre-elementary school level with the support of graphical representation. In H.L. Chick, & J.L. Vincent (Eds.), *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp.161-168). Melbourne: PME.
- Tversky, B. (1997). Cognitive principles of graphic displays. *AAAI Technical Report FS-97-03*, 116-124.
- Χοντολίδου, Ε. (1999). Εισαγωγή στην έννοια της πολυτροπικότητας. *Γλωσσικός Υπολογιστής*, 1 (www.netschoolbook.gr/polytropy.html).

Νέες διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία των Μαθηματικών του δημοτικού σχολείου. Η συμβολή των νοερών και κατ' εκτίμηση υπολογισμών.

Ευγένιος Αυγερινός & Ιωάννα Φωτεινοπούλου

Εργαστήριο Μαθηματικών Διδακτικής και Πολυμέσων
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου,
evaver@rhodes.aegean.gr, iwannfot@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει και να αναδείξει την εξοικείωση των μαθητών του Δημοτικού σχολείου με τους νοερούς και κατ' εκτίμηση υπολογισμούς μέσω ποικίλων γνωστικών πεδίων στα Μαθηματικά. Για τη μελέτη του εν λόγω θέματος, μελετήθηκε η περίπτωση των μαθητών των Γ', Δ', Ε' και Στ' τάξεων του 13^{ου} Δημοτικού Σχολείου Καλαμάτας και από τα αποτελέσματα της έρευνας αναδείχθηκε η συσχέτιση που υπάρχει στη χρήση των νοερών και κατ' εκτίμηση υπολογισμών μεταξύ διαφόρων θεματικών ενότητων των Μαθηματικών και της χρήσης τους στην καθημερινή ζωή.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: νοεροί υπολογισμοί (*mental calculation*), κατ' εκτίμηση υπολογισμοί (*estimation*), ευελιξία (*flexibility*), προσαρμοστικότητα (*adaptivity*)

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η ευελιξία στους νοερούς υπολογισμούς

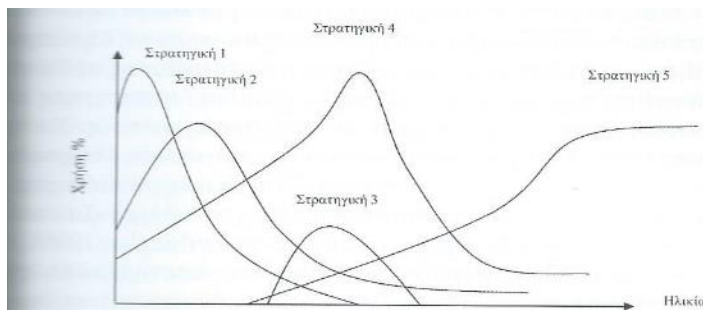
Στην σύγχρονη βιβλιογραφία σε θέματα μαθηματικής παιδείας αναφέρονται συχνά οι όροι **ευελιξία** (*flexibility*) και **προσαρμοστικότητα** (*adaptivity*). Σε ό,τι αφορά στις στρατηγικές, οι σχετικοί όροι είναι ευελιξία στη χρήση στρατηγικών (*strategic flexibility*), στρατηγική σκέψη (*strategic thinking*) και ειδικευση μέσω προσαρμογής (*adaptive expertise*). Οι όροι ευελιξία και προσαρμοστικότητα θεωρούνται συνώνυμοι από κάποιους συγγραφείς, ενώ άλλοι διαχωρίζουν τις δυο αυτές έννοιες (βλ. Λεμονίδη (2013), και άλλοι). Στην περίπτωση που οι δυο αυτοί όροι χρησιμοποιούνται ως διαφορετικοί, αποδίδεται στον όρο ευελιξία η σημασία της ικανότητας του ατόμου να κινείται μεταξύ των διαφορετικών στρατηγικών και να τις εναλλάσσει (χρήση πολλαπλών στρατηγικών), ενώ στον όρο προσαρμοστικότητα η σημασία της ικανότητας του ατόμου να χρησιμοποιεί την πιο κατάλληλη στρατηγική που γνωρίζει, με γνώμονα τη γρήγορη και σωστή απάντηση (επιλογή κατάλληλων στρατηγικών). Από τους Verschaffel et al.

(2007), οι οποίοι θεωρούν ταυτόσημους τους όρους ευελιξία και προσαρμοστικότητα, προτάθηκε ο εξής ορισμός «με τον όρο προσαρμοστική επιλογή μιας στρατηγικής εννοούμε τη συνειδητή ή ασυνειδητή επιλογή και χρήση της πλέον κατάλληλης στρατηγικής λύσης σε μια δεδομένη κατάσταση ή πρόβλημα, για ένα δεδομένο άτομο, σε ένα δεδομένο κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο». Οι ίδιοι ερευνητές, με περαιτέρω έρευνες (2009) επισήμαναν τρία διαφορετικά είδη μεταβλητών που επηρεάζουν και προσδιορίζουν την ευελιξία/προσαρμοστικότητα. Πιο συγκεκριμένα, αυτά είναι:

Μεταβλητές της κατάστασης (task variables) ή **τα χαρακτηριστικά του προβλήματος** (δηλαδή η φύση των αριθμών στο πρόβλημα). Στην περίπτωση αυτή, παρόλο που η γνώση πολλών στρατηγικών αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη της ευελιξίας, από μόνη της και χωρίς την αποτελεσματικότητα της επιλογής στρατηγικών σε μια σειρά από παρόμοια προβλήματα δεν συνιστά ευελιξία. Επομένως η ευελιξία στη χρήση στρατηγικής περιλαμβάνει την εύελικτη προσαρμογή των διαδικασιών λύσης που δίνει το άτομο στα χαρακτηριστικά της κατάστασης.

Μεταβλητές του υποκειμένου (subject variables) ή **ταχύτητα και αποτελεσματικότητα** (δηλαδή με πόση ακρίβεια και πόσο γρήγορα μπορούν να εκτελέσουν τις ανταγωνιστικές στρατηγικές για το συγκεκριμένο πρόβλημα, με δεδομένο τις προσωπικές γνώσεις και τις δεξιότητές τους για την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών). Η παράμετρος αυτή μελετήθηκε εκτενώς από την ερευνητική ομάδα του γνωστικού ψυχολόγου Siegler (κατά τα έτη 1996, 1998 και 2000), η οποία ανέπτυξε ένα μοντέλο προσομοίωσης γνωστό ως **SCADS (Strategy Choice and Discovery Simulation- Επιλογή Στρατηγικής και Προσομοίωση Ανακάλυψης)**, βάσει του οποίου ερμηνεύεται ο τρόπος που τα παιδιά πραγματοποιούν προσαρμοστικές επιλογές μεταξύ των στρατηγικών που γνωρίζουν και πώς ανακαλύπτουν νέες χρήσιμες στρατηγικές. Το μοντέλο αυτό (SCADS), λοιπόν, τείνει πάντα να επιλέγει και να εφαρμόζει τη στρατηγική που παράγει τον πιο επωφελή συνδυασμό ταχύτητας και αποτελεσματικότητας για ένα δεδομένο άτομο και για ένα συγκεκριμένο άθροισμα. Η βάση πάνω στην οποία στηρίχτηκε το SCADS είναι το γενικότερο μοντέλο γνωστικής ανάπτυξης των **αλληλεπικαλυπτόμενων κυμάτων (Overlapping Wave Model)** – Σχήμα 1, και σύμφωνα με αυτό, τα παιδιά κάθε στιγμή έχουν μια ποικιλία τρόπων σκέψης για τα περισσότερα θέματα, οι οποίοι για μεγάλο χρονικό διάστημα ανταγωνίζονται μεταξύ τους, καθώς επίσης η γνωστική ανάπτυξη περιλαμβάνει σταδιακές αλλαγές στη συχνότητα αυτών των τρόπων σκέψης, αλλά και στην εισαγωγή των πιο προωθημένων τρόπων σκέψης, οι οποίοι βαθμιαία γίνονται όλο και πιο επικρατέστεροι. Η θεωρία των αλληλεπικαλυπτόμενων κυμάτων υποστηρίζει επίσης ότι η μάθηση μπορεί να αναλυθεί επωφελώς με βάση πέντε διαστάσεις: τη **διαδρομή**, το **ρυθμό**, το **εύρος**, την **πηγή** και τη **μεταβλητότητα**. Η διαδρομή της μάθησης είναι η ακολουθία των διάφορων καταστάσεων της γνώσης, των αναπαραστάσεων ή των κυρίαρχων συμπεριφορών που χρησιμοποιούν τα παιδιά. Ο ρυθμός της μάθησης αφορά την ποσότητα του χρόνου ή της εμπειρίας που απαιτούνται για την απόκτηση μιας δεδομένης γνώσης. Το εύρος της μάθησης αφορά το φάσμα των προβλημάτων και των πλαισίων στα οποία γενικεύονται οι προσεγγίσεις. Η πηγή της μάθησης περιλαμβάνει τις αιτίες που θέτουν σε κίνηση τη

μάθηση. Τέλος, η μεταβλητότητα της μάθησης αναφέρεται στο μεταβαλλόμενο σύνολο των στρατηγικών που χρησιμοποιούνται από μεμονωμένα παιδιά, καθώς και σε ποικίλες διαστάσεις ατομικών διαφορών (Siegler, 2005 , Λεμονίδης 2013: 64). Σχήμα 1:



Σχήμα 1.1.: Το μοντέλο των αλληλεπικαλυπτομένων κυμάτων του Siegler για τη γνωστική ανάπτυξη (Siegler, 2002, σελ. 166).

Επειδή όμως η επιλογή των στρατηγικών για την εκτέλεση νοερών υπολογισμών ή κατ' εκτίμηση υπολογισμών, εξαρτάται από πολλούς υποκειμενικούς παράγοντες (ως προς το πρόβλημα, αλλά και ως προς το άτομο), προκειμένου να ξεπεραστούν οι αντιφάσεις που προκύπτουν από τη σχετικότητα αυτή, ο Siegler και οι συνεργάτες του, δημιούργησαν το μοντέλο ASCM (Adaptive Strategy Choice Model- Μοντέλο επιλογής προσαρμοστικής στρατηγικής), το οποίο αποτελεί μια προσομοίωση υπολογισμού για το πώς γίνονται οι επιλογές στρατηγικής και πώς αυτές αλλάζουν με την ηλικία και την εμπειρία. Στόχος του μοντέλου είναι δηλαδή να καθορίσει πώς οι άνθρωποι επιλέγουν προσαρμοστικά ανάμεσα σε στρατηγικές την κατάλληλη, με γρήγορο και αποτελεσματικό τρόπο. Το μοντέλο αυτό διακρίνει τις διαστάσεις της στρατηγικής ικανότητας, των οποίων οι κατάλληλες αλλαγές, μπορούν να αποφέρουν συνολικές βελτιώσεις στην ταχύτητα και αποτελεσματικότητα. Αναλυτικότερα, η πρώτη διάσταση ονομάζεται **ρεπερτόριο** στρατηγικών και αναφέρεται στις διάφορες στρατηγικές που χρησιμοποιεί ένα άτομο για να λύσει μια σειρά από προβλήματα σε ένα δεδομένο τομέα προβλημάτων. Η δεύτερη διάσταση ονομάζεται **σχετική συχνότητα** και αναφέρεται τόσο στη σχετική συχνότητα με την οποία χρησιμοποιείται κάθε στρατηγική, όσο και στα είδη των προβλημάτων που χρησιμοποιείται η κάθε στρατηγική. Η τρίτη διάσταση ονομάζεται **αποτελεσματικότητα** στρατηγικής και αφορά την ταχύτητα και την ακρίβεια εκτέλεσης κάθε στρατηγικής. Η τέταρτη τέλος διάσταση, ονομάζεται **επιλογή** στρατηγικής και αναφέρεται στην ευελιξία ή προσαρμοστικότητα των επιλογών στρατηγικής του ατόμου (αυτή η διάσταση δείχνει αν κάποιος επιλέγει την πιο κατάλληλη στρατηγική, ώστε να οδηγηθεί γρηγορότερα σε μια σωστή απάντηση στο πρόβλημα).

Μεταβλητές του πλαισίου (context variables). Αυτές είναι οι μεταβλητές που αφορούν στο κοινωνικό-πολιτισμικό πλαίσιο. Βάσει των κοινωνικοπολιτισμικών

ερευνών και θεωριών, προκύπτει ότι το ζήτημα της ευελιξίας-προσαρμοστικότητας είναι ευρύτερο των αυστηρά γνωστικών προσεγγίσεων, όπως αυτών που προαναφέρθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, η Ellis (1997) άσκησε κριτική στο μοντέλο επιλογής προσαρμοστικής στρατηγικής ASCM, επισημαίνοντας ότι η κοινωνικοπολιτισμική επιρροή παίζει σπουδαίο ρόλο, τόσο στη διαμόρφωση των ρεπερτορίων των στρατηγικών που διαθέτουν τα άτομα για την επίλυση προβλημάτων, όσο και στις επιλογές που κάνουν μεταξύ αυτών των διαθέσιμων στρατηγικών. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα Κινέζων και Αμερικάνων, ως προς την επιρροή της Γλώσσας στην ανάπτυξη των στρατηγικών, όπου είναι προφανές ότι η προφορική εκφορά των αριθμολέξεων στην κινεζική Γλώσσα είναι πολύ λογική (για παράδειγμα οι αριθμοί μεταξύ του 11 και του 20 συνθέτονται από τη λέξη του «δέκα» και τις μονάδες – π.χ. το «έντεκα» προφέρεται ως «δέκα-ένα») συγκριτικά με την αντίστοιχη των αγγλόφωνων πληθυσμών, οι οποίοι θα πρέπει ν' απομνημονεύουν τους αριθμούς μεταξύ 11 και 20. Το γεγονός αυτό διευκολύνει τα παιδιά από την Κίνα στο να εξοικειωθούν με την προφορική αρίθμηση νωρίτερα και να χρησιμοποιούν ταχύτερες και περισσότερο αξιόπιστες προσεγγίσεις. Άλλος παράγοντας που επηρεάζει τις επιδόσεις στους νοερούς και κατ' εκτίμηση υπολογισμούς, είναι η σημασία που αποδίδεται στους κοινωνικούς στόχους. Παραδείγματα τέτοιων κοινωνικών στόχων είναι η επιθυμία να παρουσιάζει κάποιος ευνοϊκά τον εαυτό του στους άλλους, να λύνει προβλήματα στα πλαίσια μιας ομάδας, να λαμβάνει υπόψη του τα κοινωνικά πλαίσια, να διατηρεί αρμονικές κοινωνικές σχέσεις, καθώς επίσης και η σημασία που αποδίδει το άτομο στην κατάσταση και τους κοινωνικούς στόχους. Η ευελιξία τέλος στην επιλογή στρατηγικών σχετίζεται άμεσα και με παράγοντες όπως είναι το οικογενειακό πλαίσιο, το βιοτικό επίπεδο δηλαδή της οικογένειας, το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα και η επικοινωνία γονέων-μαθητών.

Σε ό,τι αφορά τη διδασκαλία της ευελιξίας και της ειδικευσης μέσω προσαρμογής, είναι γεγονός ότι πολλά προγράμματα από τον διεθνή χώρο αναφέρονται και θεωρούν ως σημαντικό στόχο την ευελιξία/προσαρμοστικότητα των μαθητών στους νοερούς υπολογισμούς. Αρκετοί συγγραφείς υποστηρίζουν ότι είναι καλύτερο πρώτα και πάνω απ' όλα να γίνει διδασκαλία με στόχο την **ειδίκευση μέσω επανάληψης** (routine expertise) και μόνο μετά να αλλάξουν οι στόχοι και η παιδαγωγική προς την κατεύθυνση της **ειδίκευσης μέσω προσαρμογής** (adaptive expertise). Ο ισχυρισμός αυτός βασίζεται στη γενικά αποδεκτή ιδέα ότι, χωρίς τα αριθμητικά γεγονότα στη μακρόχρονη μνήμη που έχουν ήδη μαθευτεί, τις διαδικασίες, τα μοντέλα και τα εργαλεία αναπαράστασης, δεν μπορεί να υπάρξει ευέλικτη/προσαρμοστική σκέψη. Βασίζεται επίσης στο εύρημα ότι πολλοί άνθρωποι, που έχουν πολλά χρόνια εμπειρίας στην επίλυση προβλήματος σ' έναν δεδομένο τομέα, αδυνατούν να προχωρήσουν πέρα από την ειδίκευση μέσω επανάληψης. Η διδακτική αυτή προσέγγιση έχει δεχτεί έντονη κριτική και αμφισβήτηση, διότι αρκετοί ερευνητές θεωρούν ότι η ανάπτυξη της ειδίκευσης μέσω της προσαρμογής δεν είναι κάτι που συμβαίνει απλά μετά την ανάπτυξη της ειδίκευσης μέσω επανάληψης, αλλά η εκπαίδευση για την ειδίκευση μέσω προσαρμογής μπορεί να αρχίσει από την αρχή της διαδικασίας διδασκαλίας-μάθησης. Η ειδίκευση μέσω προσαρμογής περιλαμβάνει νοητικές συνήθειες, στάσεις και τρόπους σκέψης και οργάνωσης που είναι διαφορετικές

από την ειδίκευση μέσω επανάληψης και αυτή παίρνει χρόνο ν' αναπτυχθεί. Στο σημείο αυτό, αξίζει ν' αναφερθεί ότι οι σχετικές έρευνες δεν έχουν καταλήξει ξεκάθαρα στο σε ποιους θα πρέπει να απευθύνεται η διδασκαλία που είναι προσανατολισμένη στην ευελιξία των στρατηγικών. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι Verschaffel, et al. (2009) δηλώνουν ότι απαιτείται περισσότερη έρευνα για να προσδιοριστεί εάν είναι πράγματι εφικτό και χρήσιμο να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν διδακτικές προσεγγίσεις, οι οποίες στοχεύουν στην ευελιξία –προσαρμοστικότητα των στρατηγικών και αφορούν την επιτυχία όλων των παιδιών, συμπεριλαμβανομένων και των μεσαίων και των αδύνατων στα μαθηματικά.

Οι νοεροί και κατ' εκτίμηση υπολογισμοί στο δημοτικό σχολείο

Σύμφωνα με το εθνικό συμβούλιο των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής για τη διδασκαλία των Μαθηματικών - NCTM (1988), η διδασκαλία των νοερών και κατ' εκτίμηση υπολογισμών δεν αποτελεί αναχρονισμό στην εκπαιδευτική διαδικασία, αλλά καλλιέργεια βασικών δεξιοτήτων. Είναι γεγονός ότι οι νοεροί και κατ' εκτίμηση υπολογισμοί βρίσκουν εφαρμογή σε πληθώρα καθημερινών δραστηριοτήτων, αποτελώντας έτσι έναν κάπως «εκλαϊκευμένο» τρόπο μαθηματικών υπολογισμών. Γι' αυτό οι εκπαιδευτικοί δεν θα πρέπει να εμμένουν στους υπολογισμούς με υπολογιστικές μηχανές, είτε με χρήση αλγορίθμων, αλλά να εντάσσουν τους νοερούς και κατ' εκτίμηση υπολογισμούς στη διδασκαλία των μαθηματικών, δίνοντας ταυτόχρονα έμφαση στις σχέσεις μεταξύ των αριθμών. Όλα αυτά δεν αφορούν μόνο στους μαθητές του δημοτικού σχολείου, αλλά και στο διδακτικό προσωπικό. Πιο συγκεκριμένα, οι στρατηγικές για τους νοερούς και κατ' εκτίμηση υπολογισμούς θα πρέπει να διδάσκονται από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι προσεχτικά θα πρέπει να δίνουν κίνητρα στους μαθητές και να λαμβάνουν υπόψη τους τον προσωπικό τρόπο σκέψης καθενός. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με το:

- να εστιάζουν οι εκπαιδευτικοί την προσοχή των μαθητών σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής όπου χρησιμοποιούνται κατά προσέγγιση υπολογισμοί, όπως για παράδειγμα σε τίτλους άρθρων, κεφαλίδες εφημερίδων κλπ
- να δίνουν έμφαση αρχικά σε εύκολες περιπτώσεις που χρησιμοποιούμε νοερούς και κατά προσέγγιση υπολογισμούς στην καθημερινότητα (προτείνεται να υπολογίζουν νοερά και προσεγγιστικά πριν υπολογίσουν με ακρίβεια)
- οι νοεροί υπολογισμοί που θα καλούνται οι μαθητές να κάνουν, θα πρέπει να αφορούν προβλήματα που έχουν νόημα γι' αυτούς
- στα αρχικά στάδια εκπαίδευσης των μαθητών στους νοερούς υπολογισμούς, θα πρέπει τα προβλήματα να είναι απλά και στη συνέχεια να αντιμετωπίζουν πιο σύνθετα

- να εντείνουν την προσοχή των μαθητών στις γλωσσικές εκφράσεις που χρησιμοποιούμε ώστε να αποδώσουμε το αποτέλεσμα τέτοιων υπολογισμών (π.χ. περίπου, μόλις, λίγο λιγότερο από, μεταξύ 6 και 7, κλπ)
- θα πρέπει επίσης να εκπαιδευτούν οι μαθητές στο ότι υπάρχει ποικιλία σωστών απαντήσεων στους κατ' εκτίμηση υπολογισμούς
- να εργάζονται ομαδικά σε προφορικές δραστηριότητες που απαιτούν νοερούς υπολογισμούς, προκειμένου να μοιράζονται τον τρόπο σκέψης τους με τους συμμαθητές τους
- να ενθαρρύνεται η χρήση νοερών υπολογισμών στα πλαίσια όλων των μαθημάτων που απαιτούν επίλυση προβλημάτων και να μη διδάσκονται αποκομμένα και ως ανεξάρτητο μάθημα.

Ο επιδέξιος τρόπος εκτίμησης αποτελεσμάτων και νοερών υπολογισμών απαιτεί ευελιξία στον τρόπο σκέψης και αποφασιστικότητα. Η αποφασιστικότητα σχετίζεται με την επιλογή των στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων, για την οποία θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη το περιεχόμενο του προβλήματος και ο σκοπός της εκτίμησης, αλλά και για να κρίνουμε εάν έχουμε υπερεκτιμήσει ή όχι το αποτέλεσμα. Προκειμένου να καλλιεργηθεί η ευελιξία στην εκτίμηση αποτελεσμάτων, παρατίθενται οι ακόλουθες διδακτικές προτάσεις:

- Να παρουσιάζονται στους μαθητές καταστάσεις στις οποίες μπορούν να αναλύσουν τι είδους εκτιμήσεις χρειάζονται. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να δίνονται στους μαθητές ποικίλες περιπτώσεις που απαιτούν εκτίμηση αποτελέσματος έτσι ώστε να εξασκηθούν στο να κρίνουν πότε θα πρέπει να κάνουν «αυστηρή» εκτίμηση αποτελέσματος και πότε όχι.
- Να παρουσιάζονται παραδείγματα, τα οποία επιδέχονται διαφορετικές προσεγγίσεις επίλυσης, προκειμένου να καταλήξουμε σε ένα αποτέλεσμα. Με αυτόν τον τρόπο καλλιεργείται η ευελιξία στη σκέψη και δίνεται έμφαση στην ανάλυση καταστάσεων-προβλημάτων, με αποτέλεσμα να οδηγούνται οι μαθητές στην αναζήτηση εναλλακτικών τρόπων προσέγγισης των προβλημάτων.
- Να παρουσιάζονται καταστάσεις στις οποίες οι μαθητές θα πρέπει να επιλέξουν την κατάλληλη στρατηγική επίλυσης προβλήματος και να είναι σε θέση να τεκμηριώσουν τους λόγους που έκαναν τη συγκεκριμένη επιλογή.
- Να εξασκηθούν οι μαθητές στο να προβλέπουν κατά πόσο η εκτίμησή τους απέχει αρκετά ή όχι από την πραγματική απάντηση του προβλήματος (αυτό συμβάλλει στην καλλιέργεια της δεξιότητας να έχουν καλή αίσθηση των σχέσεων των αριθμών).

- Να ελέγχουν πάντα εάν το αποτέλεσμα της εκτίμησής τους είναι μια λογική τιμή σε σχέση με το ζητούμενο του προβλήματος.

Αναμφισβήτητα επομένως η διδασκαλία των νοερών υπολογισμών στο δημοτικό σχολείο κρίνεται απαραίτητη και πρωταρχικής σημασίας, καθώς εκτός από τις απεριόριστες εφαρμογές που βρίσκουν στην καθημερινή ζωή, συμβάλλουν σε άλλες μαθηματικές έννοιες. Το γεγονός αυτό συμβαίνει διότι η εξάσκηση με αυτούς δημιουργεί καλύτερη και βαθύτερη κατανόηση της αίσθησης του αριθμού, βοηθούν στην κατανόηση και την ανάπτυξη των γραπτών μεθόδων υπολογισμού και αποτελούν τη βάση για να αναπτυχθούν οι ικανότητες των κατ' εκτίμηση υπολογισμών. Η νοερή επίσης εργασία αναπτύσσει ικανότητες για τη λύση προβλημάτων και εξασκείται η ικανότητα αναπαράστασης και χρήσης αφηρημένων εννοιών στη βραχύχρονη μνήμη, καθώς επίσης και η ικανότητα της ευελιξίας. Ασκεείται τέλος η μεταγνωστική ικανότητα των μαθητών, όταν αυτοί παρουσιάζουν τρόπους με τους οποίους υπολόγισαν. Παραδείγματα από τον διεθνή χώρο, τα οποία συμπεριλαμβάνουν και αναδεικνύουν τους νοερούς υπολογισμούς είναι: στην Ολλανδία το Dutch Specimen of a National Programm for Primary Mathematics, στην Αυστραλία το National Statement on Mathematics for Australian Schools κ.ά., ενώ στην Ελλάδα οι νοεροί υπολογισμοί αναδεικνύονται στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Λεμονίδης 2013).

Μεθοδολογία

Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες

Η ερευνητική διαδικασία περιλάμβανε τρία στάδια. Αρχικά, κατασκευάστηκαν τέσσερα διαφορετικά ερωτηματολόγια με δραστηριότητες που απαιτούν νοερούς και κατ' εκτίμηση υπολογισμούς, οι οποίες είναι βασισμένες σε ανάλογες δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια του ελληνικού δημοτικού σχολείου και καλύπτουν ποικίλες γνωστικές περιοχές των Μαθηματικών, αλλά και ερωτήσεις που αναδεικνύουν το βαθμό εξοικείωσης των μαθητών με τους νοερούς και κατ' εκτίμηση υπολογισμούς, και αντιστοιχούν στις Γ', Δ', Ε' και ΣΤ' τάξεις του δημοτικού σχολείου (πρώτο στάδιο). Στη συνέχεια, τα ερωτηματολόγια αυτά μοιράστηκαν σε μαθητές δημοτικού και συγκεντρώθηκαν οι απαντήσεις τους (δεύτερο στάδιο). Τέλος, καταγράφηκαν και αναλύθηκαν οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων (τρίτο στάδιο).

Στην έρευνα συμμετείχαν εκατόν δέκα εφτά μαθητές ηλικίας 8 έως 12 ετών που φοιτούσαν στο 13ο δημοτικό σχολείο Καλαμάτας. Ειδικότερα οι συμμετέχοντες ήταν 33 μαθητές της Γ' τάξης, 23 μαθητές της Δ' τάξης, 30 μαθητές της Ε' τάξης και 31 μαθητές της ΣΤ' τάξης.

Συλλογή δεδομένων

Πριν από τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές, ζητήθηκε άδεια από τους διευθυντές των σχολείων και τους εκπαιδευτικούς των τάξεων, καθώς επίσης ζητήθηκε η συγκατάθεση των μαθητών, στους οποίους δόθηκαν οι απαραίτητες διευκρινίσεις σχετικά με τη φύση, τους στόχους, το περιεχόμενο και τη διαδικασία της έρευνας. Αφού δόθηκε η απαραίτητη συγκατάθεση, προχώρησε η ερευνητική διαδικασία.

Δεδομένα της έρευνας αποτελούν οι προσωπικές γραπτές απαντήσεις των μαθητών, οι οποίες δόθηκαν ανώνυμα.

Μεταβλητές της έρευνας

Οι 143 μεταβλητές της έρευνας ορίστηκαν ως συνδυασμός γραμμάτων κι ενός αριθμού. Τα γράμματα δηλώνουν τα αρχικά της έννοιας που εξετάζεται. Για παράδειγμα η μεταβλητή MeCaAd1a αποτελείται από τα αρχικά της πρότασης Mental Calculation Add, γιατί εξετάζονται οι νοεροί υπολογισμοί στην πρόσθεση και ο αριθμός 1a δηλώνει το ερώτημα του δοκιμίου (πρόκειται για το υποερώτημα a του ερωτήματος 1).

Ανάλυση δεδομένων

Τα αποτελέσματα βαθμολογήθηκαν με 0 (μηδέν) αν ήταν λαθεμένα η δεν είχαν συμπληρωθεί καθόλου και με 1 (ένα) εάν ήταν σωστά. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν τον Ιούνιο του 2016. Για την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε το Συνεπαγωγικό Στατιστικό Μοντέλο του Gras (SIA-Statistical Implicative Analysis) με τη χρήση του λογισμικού CHIC (Cohesive Hierarchical Implicative Classification) (Gras, 1996) και το πρόγραμμα Microsoft Excel. Η συνεπαγωγική ανάλυση των δεδομένων παρουσιάζεται στην παρούσα έρευνα με το διάγραμμα ομοιότητας, στο οποίο οι μεταβλητές συνδέονται μεταξύ τους ανάλογα με την ομοιότητα ή μη που παρουσιάζουν. Μεταβλητές κατά την επίλυση των οποίων τα υποκείμενα συμπεριφέρονται με όμοιο τρόπο ομαδοποιούνται μαζί.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Διαγράμματα ομοιότητας-Παρατηρήσεις στα διαγράμματα ομοιότητας

Γ' Τάξη: Στο διάγραμμα ομοιότητας (Διάγραμμα 1) εμφανίζονται οι ομαδοποιήσεις των μεταβλητών με βάση τη συμπεριφορά των μαθητών κατά την επίλυση των αντίστοιχων δραστηριοτήτων και εκφράζουν τις σχέσεις ομοιότητας που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, ισχυρή συσχέτιση παρουσιάζουν οι μεταβλητές που έχουν να κάνουν με εκτιμήσεις διαστάσεων (EstSi5ai, EstSi5aii), καθώς επίσης παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα σε μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν εκτιμήσεις εμβαδών (MeCaAr5bi MeCaAr5bii) και σε μεταβλητές που αντιστοιχούν σε νοερούς υπολογισμούς ηλικίων (MeCaDi4b MeCaDi4c). Είναι επίσης εμφανές ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ μεταβλητών που αντιστοιχούν σε νοερούς υπολογισμούς αθροισμάτων, διαφορών, γινομένων και ηλικίων (((MeCaRe1g MeCaMu3f) MeCaDi4g) (MeCaMu3h MeCaDi4f)) ((MeCaMu3d MeCaMu3i) (MeCaMu3e MeCaMu3g))), γεγονός που δείχνει ότι μαθητές παρουσιάζουν παρόμοιο βαθμό ευχέρειας στην εκτέλεση των τεσσάρων αυτών πράξεων νοερά. Αξιοσημείωτη τέλος είναι συσχέτιση που παρουσιάζεται στην ευχέρεια υπολογισμού νοερά μεταξύ αθροισμάτων και διαφορών (MeCaAd1a MeCaAd1c) και (MeCaAd1b MeCaRe1e).

Δ' Τάξη: Στο διάγραμμα ομοιότητας (Διάγραμμα 2) εμφανίζονται οι ομαδοποιήσεις των μεταβλητών με βάση τη συμπεριφορά των μαθητών κατά την επίλυση των αντίστοιχων δραστηριοτήτων και εκφράζουν τις σχέσεις ομοιότητας που έχουν αυτές

οι μεταβλητές μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, ισχυρή συσχέτιση παρουσιάζουν οι μεταβλητές που έχουν να κάνουν με νοερούς υπολογισμούς διαφοράς και ηλικών ((MeCaRe1e MeCaDi3b) (MeCaDi3c MeCaDi3d)), μετατροπών μονάδων και εκτίμησης παράλληλων ευθειών ((MeCaConMa6f MeCaConLe6j) (EstParLi7a EstParLi7d)), καθώς επίσης εκτιμήσεων περιμέτρου και αναπτυγμάτων ((MeCaConLe6l EstSpr9a) (EstCir8 EstSpr9b)).

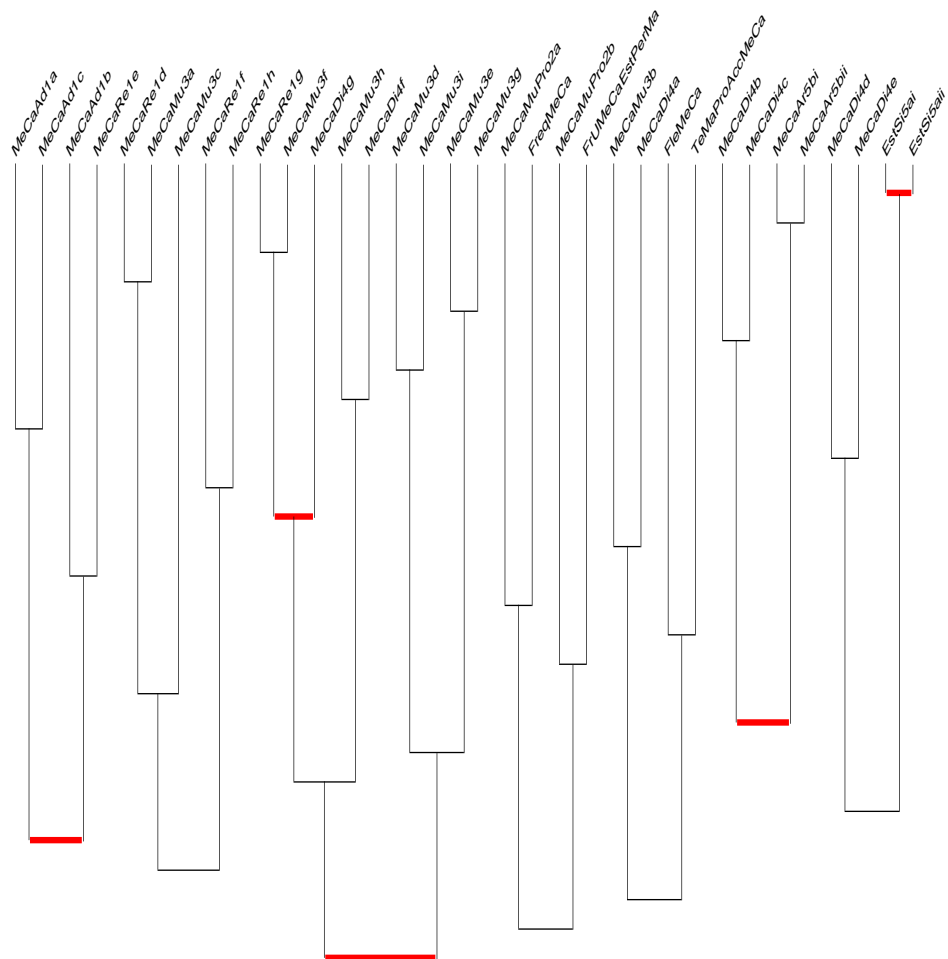
Ε' Τάξη: Στο διάγραμμα ομοιότητας (Διάγραμμα 3) εμφανίζονται οι ομαδοποιήσεις των μεταβλητών με βάση τη συμπεριφορά των μαθητών κατά την επίλυση των αντίστοιχων δραστηριοτήτων και εκφράζουν τις σχέσεις ομοιότητας που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, ισχυρή συσχέτιση παρουσιάζουν οι μεταβλητές που έχουν να κάνουν με την ευελιξία των μαθητών και την ακρίβεια που έχουν κατά την εκτέλεση νοερών υπολογισμών, σε συνάρτηση με την εκφώνηση ενός μαθηματικού προβλήματος (FleMeCa TeMaProAccMeCa), καθώς επίσης η συχνότητα που κάνουν νοερούς υπολογισμούς στην καθημερινή τους ζωή, σχετίζεται άμεσα με τις επιδόσεις τους σε υπολογισμούς αθροισμάτων και διαφορών με νοερούς υπολογισμούς (MeCaAd1a FrUMeCaEstPerMa). Οι επιδόσεις επίσης των μαθητών στους νοερούς υπολογισμούς αθροισμάτων και υπολοίπων, σχετίζεται αρκετά και με την εκτίμηση σε προβλήματα που απαιτούν νοερούς υπολογισμούς ((MeCaAd1c MeCaRe1d) ((EstPr3ci EstPr3cii) EstPr3ciii)), αλλά και εκτιμήσεις γεωμετρικών μεγεθών ((EstPr3ai EstPr3bi) (EstMeCaAng6c EstMeCaAng6d)). Διακρίνεται ακόμη συσχέτιση ανάμεσα στους νοερούς υπολογισμούς δεκαδικών αριθμών με τις εκτιμήσεις γεωμετρικών μεγεθών ((MeCaMuDeEstDis4a MeCaMuDeEstDis4b) (EstMeCaAng6a EstMeCaAng6b)). Ισχυρή συσχέτιση τέλος εμφανίζεται ανάμεσα στην ευχέρεια των μαθητών κατά την επίλυση προβλημάτων που απαιτούν εκτιμήσεις ποσοτήτων και προβλημάτων που απαιτούν εκτιμήσεις γεωμετρικών μεγεθών, περιμέτρων και εμβαδών (((((EstPr3aii EstPr3aiii) EstAr5bii) ((EstPr3bii EstCir5bi) (EstCir5bii EstAr5bi))) ((EstSi5a EstCir5b) EstAr5b)) EstPr3biii).

Στ' Τάξη: Στο διάγραμμα ομοιότητας (Διάγραμμα 4) εμφανίζονται οι ομαδοποιήσεις των μεταβλητών με βάση τη συμπεριφορά των μαθητών κατά την επίλυση των αντίστοιχων δραστηριοτήτων και εκφράζουν τις σχέσεις ομοιότητας που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, ισχυρή συσχέτιση παρουσιάζουν οι μεταβλητές που έχουν να κάνουν με νοερούς υπολογισμούς σε μετατροπές μονάδων και εκτιμήσεις ποσοτήτων σε προβλήματα (((EstPrMeCa1aii EstPrMeCa1bii) (EstPrMeCa1aiii EstPrMeCa1biii)) MeCaConLe2a). Η συχνότητα χρήσης των νοερών και κατ' εκτίμηση υπολογισμών στην καθημερινή ζωή των μαθητών, φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με την ευχέρεια που έχουν κατά την επίλυση με νοερούς υπολογισμούς μαθηματικών προβλημάτων, αλλά και μετατροπών διαφόρων μονάδων (((((MeCaConLe2b MeCaConLe2c) MeCaPr3) (MeCaAcCu6a FreqMeCa)) (FleMeCa FrUMeCaEstPerMa))

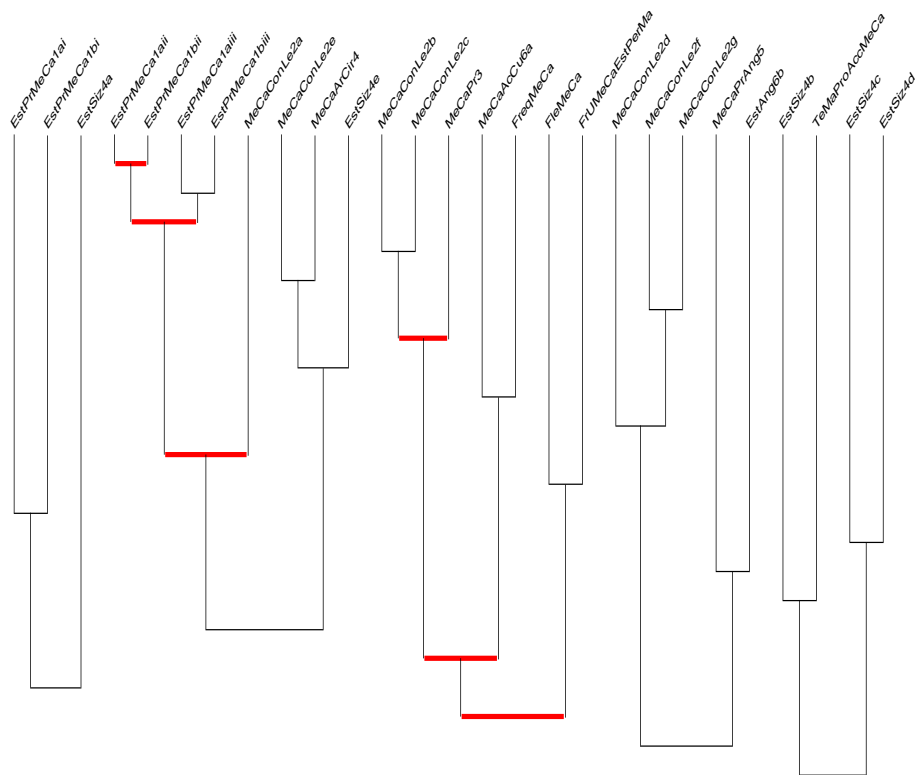
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- The National Council of Teachers of Mathematics, I. (1988). *Estimation and mental computation*. United States of America.
- Λεμονίδης, Χ. (2013). *Μαθηματικά της Φύσης και της Ζωής Νοεροί Υπολογισμοί Λογαριάζω με το τζιμίδι μ'*. Θεσσαλονίκη: Ζυγός.
- Ellis, S. (1997). Strategy choice in sociocultural context. *Developmental Review*, 17, 450-524
- Siegler, R.S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. Oxford: Oxford University Press
- Siegler, R.S. (1998). *Children's thinking*. New Jersey: Prentice Hall.
- Siegler, R.S. (2000). The rebirth of children's learning. *Child Development*, 71, 26-35.
- Verschaffel., L., Torbeyns, J., De Smedt, B., Luwel, K., & Van Dooren, W. (2007a). Strategy flexibility in children with low achievement in mathematics. *Educational and child Psychology*, 24(2), 1-27.
- Verschaffel., L., Torbeyns, J., De Smedt, B., Luwel, K., & Van Dooren, W. (2009). Conceptualizing, investigating, and enhancing adaptive expertise in elementary mathematics education. *European Journal of Psychology of Education*, 24(3), 335-359.

Διάγραμμα 1:



Διάγραμμα 4:



Επιχειρώντας τη μαθηματική γενίκευση στην Γ' Δημοτικού μέσα από τη «φάρμα του θείου Πέτρου

Ναυσικά Πατσιαλά¹ & Ιωάννης Παπαδόπουλος²

¹ ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, nafspats@eled.auth.gr

² ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, ypapadop@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να ερευνηθεί η συμβολή ενός συγκεκριμένου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος και το υλικό που το συνοδεύει στην ανάπτυξη και την έκφραση πρώιμης αλγεβρικής σκέψης από μαθητές της Γ' Δημοτικού. Τα ευρήματα προσεγγίστηκαν τόσο από τη σκοπιά των στρατηγικών που χρησιμοποίησαν οι μαθητές για να φτάσουν στη γενίκευση όσο και από τις ενδείξεις αλγεβρικής σκέψης γενικότερα που συναντώνται στις απαντήσεις των μαθητών. Με βάση την ανάλυση των ευρημάτων φαίνεται ότι οι μαθητές παρουσίασαν μια ποικιλία στην έκφραση της αλγεβρικής σκέψης τους ενώ ταυτόχρονα εντοπίστηκαν τρεις διαφορετικές στρατηγικές για να επιτευχθεί η απαιτούμενη γενίκευση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: γενίκευση, πρώιμη αλγεβρική σκέψη

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναγκαιότητα της χρήσης εκπαιδευτικού υλικού στην τάξη των Μαθηματικών έχει αναδειχθεί σε πλήθος σχετικών ερευνών ειδικά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Έρευνες όπως αυτή των Raphael και Wahlstrom (1989) φανερώνουν την επίτευξη υψηλότερης επίδοσης από μαθητές που διδάχθηκαν με τη βοήθεια κάποιου διδακτικού υλικού συγκριτικά με όσους διδάχθηκαν απουσία αυτού. Ταυτόχρονα βέβαια επισημαίνεται ότι απλά και μόνο η παρουσία του υλικού δεν μπορεί να εγγυηθεί την επίτευξη της εννοιολογικής κατανόησης (Baroody, 1989). Στο πνεύμα αυτό ο Gellert (2004) δίνει έμφαση στο να στρέψουμε την προσοχή μας στα όσα λαμβάνουν χώρα με το διδακτικό υλικό από όλους όσοι σχετίζονται με αυτό (εκπαιδευτικοί και μαθητές). Οι εκπαιδευτικοί διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία μαθηματικών περιβαλλόντων τα οποία μέσω αναπαραστάσεων συμβάλλουν στη βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση. Πώς λοιπόν κάνουν χρήση οι μαθητές ενός τέτοιου υλικού και πως το υλικό αυτό συμβάλλει στις δραστηριότητες που σχεδιάζει ο εκπαιδευτικός;

Μια τέτοια προσέγγιση εξετάζουμε στην εργασία αυτή (που αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας σε σχέση με την πρώιμη αλγεβρική σκέψη) όπου το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί σχετίζεται με την έννοια (και όχι μόνο) της μαθηματικής γενίκευσης.

Ίσως η πρώτη σκέψη του αναγνώστη να είναι ότι ένα τέτοιο θέμα που σχετίζεται με την άλγεβρα να είναι περισσότερο συνδεδεμένο με τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αφήνοντας την πρωτοβάθμια εκπαίδευση να περιορίζεται στην αριθμητική. Το γεγονός ότι η αριθμητική προηγήθηκε ιστορικά της άλγεβρας, με την άλγεβρα να αποτελεί τη γενικευμένη μορφή της αριθμητικής, θεωρείται από πολλούς ένδειξη ότι πρέπει να προηγείται και στη διδασκαλία στο αναλυτικό πρόγραμμα. Πολλές έρευνες όμως εστιάζουν στην ανάγκη της σύνδεσης της αριθμητικής με την άλγεβρα καθώς και στην ανάπτυξη της αλγεβρικής σκέψης των μαθητών από τα πρώτα χρόνια της φοίτησής τους στο σχολείο, παρά την αναβολή της ενασχόλησής τους με αυτή μέχρι τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Wilkie & Clarke, 2015; Cai & Moyer, 2008; Carraher, Schliemann, Brizuela & Earnest, 2006; Radford & Peirce, 2006). Η ενασχόληση με την άλγεβρα ήδη από τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού συμβάλλει στην πρόωμη κατανόηση ή και στη βαθύτερη ανάπτυξη των αλγεβρικών εννοιών αργότερα (Carraher & Schliemann, 2007; Papadopoulos, Kindini & Tsakalaki, 2016). Η λεγόμενη πρόωμη άλγεβρα, στην οποία εστιάζει η εργασία αυτή, δεν ταυτίζεται σε καμία περίπτωση με την άλγεβρα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που πολλοί πιθανότατα θα ανακαλέσουν στη μνήμη τους. Αντιθέτως, η πρόωμη άλγεβρα εμπλέκει τις παραδοσιακές έννοιες των μαθηματικών που ορίζονται από το αναλυτικό πρόγραμμα, εισάγοντας βαθμιαία τους μαθητές στην αλγεβρική σημειογραφία και βασίζεται σε σημαντικό βαθμό στην κατάλληλη αξιοποίηση πλούσιων περιβαλλόντων (Carraher, Schliemann & Schwatz, 2007)

Το εκπαιδευτικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται στην εργασία αυτή στοχεύει ακριβώς σε αυτήν την ενασχόληση και το ερευνητικό μας ερώτημα είναι κατά πόσο αυτό το περιβάλλον βοηθάει τους μαθητές να κάνουν γενικεύσεις, ποιες στρατηγικές γενίκευσης χρησιμοποιούν οι μαθητές αλλά και αν εντοπίζονται στις απαντήσεις των μαθητών ενδείξεις πρόωμης αλγεβρικής σκέψης. Η βασική μαθηματική ιδέα πάνω στην οποία βασίζεται η γενίκευση στις δραστηριότητες που χρησιμοποιούνται είναι η ιδέα της μαθηματικής δομής όπου ο μαθητής καλείται μέσα από μια διαδικασία να εντοπίσει και να αποφασίσει τι είναι χρήσιμο και τι όχι προκειμένου να φτάσει στη γενίκευση (Gentner & Markman, 1994).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η γενίκευση αποτελεί έναν από τους τρόπους για να πραγματοποιηθεί το πέρασμα από την αριθμητική στην αλγεβρική σκέψη. Η μαθηματική γενίκευση έχει άμεση σχέση με την Άλγεβρα καθώς αποτελεί τη γλώσσα μέσω της οποίας μπορούμε να εκφράσουμε τις γενικεύσεις των ποσοτήτων που κάνουμε. Σύμφωνα με τον Mason (1996) είναι η καρδιά των Μαθηματικών και η μαθηματική σκέψη λαμβάνει χώρα μόνο όταν οι μαθητές εκφράζουν τις δικές τους γενικεύσεις. Πρόκειται για μια έννοια που έχει ελκύσει το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών στο χώρο της Διδακτικής των Μαθηματικών. Ο Polya (1957) αναφέρεται στην γενίκευση σαν ένα σταδιακό πέρασμα από την θεώρηση ενός αντικειμένου στην θεώρηση ενός συνόλου που περιέχει το αντικείμενο αυτό. Πρόκειται για μια διαδικασία όπου μελετάμε συγκεκριμένα παραδείγματα αναζητώντας μια κανονικότητα σε αυτά. Αυτό οδηγεί στην διατύπωση μιας εικασίας που αποτελεί τη

γενική περίπτωση και η όλη διαδικασία ολοκληρώνεται μόνο όταν λαμβάνει χώρα η διαδικασία της απόδειξης.

Η Ellis (2007) βλέπει στη γενίκευση τη δημιουργία συσχετίσεων μεταξύ δύο ή περισσότερων μαθηματικών αντικειμένων, την αναζήτηση ομοιοτήτων και σχέσεων και την επέκταση ενός μοτίβου, μια σχέσης ή ενός κανόνα σε μια πιο γενικευμένη δομή. Η γενίκευση για τον Karut (1999) γίνεται αντιληπτή ως το μέσο για μια μακροπρόθεσμη αλλαγή στον τρόπο που βλέπει ο μαθητής την άλγεβρα έτσι ώστε οι μαθητές να αναπτύξουν την αλγεβρική σκέψη σε βάθος μέσα από την κατανόηση παρά να μάθουν μόνο μηχανιστικές διαδικασίες με σύμβολα, όπως άλλωστε παραδοσιακά συμβαίνει, και που ως αποτέλεσμα έχει τη δυσανεμία των μαθητών προς το αντικείμενο αυτό. Ο Radford (2008) όρισε την αλγεβρική γενίκευση ενός μοτίβου ως την ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν μια ομοιότητα που παρατηρείται σε κάποια στοιχεία μιας ακολουθίας και να την γενικεύουν σε όλους τους όρους της αλλά και να είναι ικανοί να μπορούν να εκφράσουν άμεσα οποιοδήποτε όρο της.

Στην έρευνά τους, οι Cooper και Warren (2008) διαπίστωσαν ότι μαθητές Γ' και Ε' τάξης μπορούν μέσα από μια ποικιλία δραστηριοτήτων -όπως αυξανόμενα γεωμετρικά μοτίβα και δραστηριότητες με ζυγούς που ισορροπούν- να γενικεύσουν χρησιμοποιώντας μια ποικιλία αναπαραστάσεων εναλλάσσοντας μάλιστα τις αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούν. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι οι μικροί μαθητές είναι σε θέση να κατανοήσουν ισχυρές μαθηματικές δομές που συνήθως συναντώνται στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στην έρευνα των Carpenter, Franke και Levi σε (2003) μαθητές όλων των τάξεων του δημοτικού έκαναν γενικεύσεις πάνω σε μαθηματικές αρχές εξετάζοντας για παράδειγμα την ορθότητα προτάσεων όπως η $a+b-b=a$ ενώ οι Karut και Blanton (2000) περιέγραψαν τις γενικεύσεις μαθητών της Γ' δημοτικού καθώς και την επιχειρηματολογία πίσω από αυτές σχετικά με πράξεις ανάμεσα σε άρτιους και περιττούς αριθμούς. Οι Moss, Beatty, McNab και Eisenband (2006) διαπίστωσαν πως μαθητές της Β' και της Δ' τάξης είναι ικανοί να δημιουργούν γεωμετρικά μοτίβα βασισμένοι σε αλγεβρικές αναπαραστάσεις αλλά και να βρίσκουν (συναρτησιακούς) κανόνες για τα μοτίβα αυτά μέσα από τα οποία αναδεικνύεται η κατανόηση της σχέσης μεταξύ των δυο μεταβλητών του προβλήματος. Τέλος, οι Carragher, Martinez και Schliemann (2008) χρησιμοποιώντας στη Γ' τάξη ένα μη-τυποποιημένο πρόβλημα, ερευνούν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές παράγουν γενικεύσεις, πώς τις παρουσιάζουν αλλά και την πιθανότητα μετάβασης από τις εμπειρικές σε θεωρητικές γενικεύσεις. Οι Carragher et. al. (2006) μέσα από μια διαχρονική έρευνα με τη συμμετοχή μαθητών από δευτέρα έως τετάρτη τάξη βρήκαν ότι οι μαθητές είναι σε θέση να αντιληφθούν και να αναπαραστήσουν έννοιες της άλγεβρας που τυπικά απουσιάζουν από το δημοτικό σχολείο, χρησιμοποιώντας γράμματα ως μεταβλητές για να εκφράσουν γενικευμένες σχέσεις ανάμεσα σε δυο μεταβλητές (π.χ. $N+3$).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

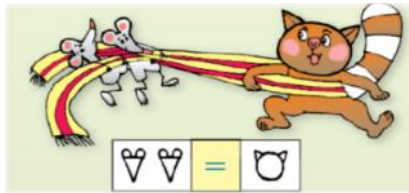
Το εκπαιδευτικό περιβάλλον

Το μαθηματικό εκπαιδευτικό περιβάλλον το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα βασίζεται στην προσπάθεια που κάνουν ο Hejny και οι συνεργάτες του στην

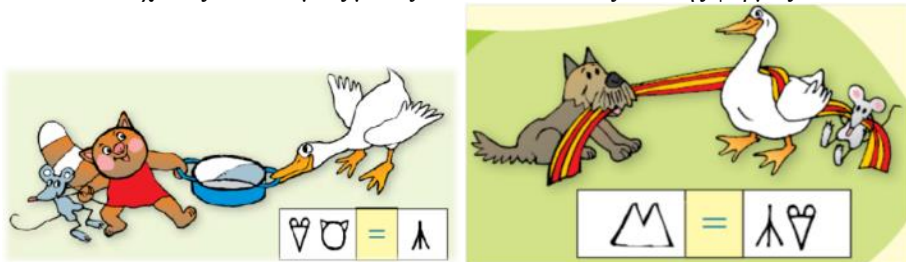
Τσεχία μέσα από την παραγωγή μιας σειράς εγχειριδίων στα οποία κεντρικό ρόλο παίζει η έννοια της *scheme oriented education*, της εκπαίδευσης δηλαδή που βασίζεται στην έννοια του σχήματος (Hejny, 2012). Μια απόδοση της έννοιας αυτής θα μπορούσε να είναι το γεγονός ότι στη μνήμη μας δεν βρίσκονται μεμονωμένα γεγονότα αλλά η πληροφορία συγκεντρώνεται σε ομάδες λειτουργικών μονάδων με συγκεκριμένο νόημα. Τα εγχειρίδια αυτά χρησιμοποιούν μια συλλογή από συγκεκριμένα περιβάλλοντα ένα από τα οποία ονομάζεται *Father Woodland*. Το περιβάλλον αυτό χρησιμοποιούμε στη δική μας έρευνα με πρόθεση η χρήση του από τους μαθητές να συμβάλλει στο να κατανοήσουν καλύτερα σχέσεις ισοδυναμίας και να εξοικειωθούν με την άλγεβρα και την αλγεβρική σκέψη.

Σε αυτό το εκπαιδευτικό περιβάλλον (που για επικοινωνιακούς λόγους το αποδώσαμε στα ελληνικά ως «Η φάρμα του θείου Πέτρου»), πρωταγωνιστές είναι τα ζώα της φάρμας (ποντίκι, γάτα, σκύλος, χήνα). Στη φάρμα αυτή διοργανώνονται αγώνες δύναμης ανάμεσα στα ζώα οπότε υπάρχουν συγκεκριμένες σχέσεις ισοδυναμίας που τα συνδέουν μεταξύ τους σε σχέση με τη δύναμη που έχει το καθένα. Το ποντίκι είναι το πιο αδύναμο όλων, με τη γάτα να ακολουθεί και να έχει την ίδια δύναμη με δυο ποντίκια (Εικ. 1). Ανάλογες σχέσεις υπάρχουν και για τα άλλα ζώα (Εικ.2). Στα πλαίσια της εργασίας αυτής και σε σχέση με τη γενίκευση γίνεται χρήση μόνο της σχέσης της Εικόνας 1. Όπως φαίνεται η γάτα και το ποντίκι δεν αποδίδονται με λεπτομέρεια στη σχέση που καλούνται να συμπληρώσουν οι μαθητές στο κάτω μέρος κάθε εικόνας, αλλά γίνεται χρήση μιας συμβολικής αναπαράστασης.

Εικόνα 1. Η σχέση πάνω στην οποία έγιναν οι γενικεύσεις



Εικόνα 2. Οι σχέσεις ισοδυναμίας μεταξύ των υπόλοιπων ζώων της φάρμας



Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε συμπεριελάμβανε καρτέλες όπως οι πιο πάνω με τη συμβολική και εικονική αναπαράσταση των σχέσεων ισοδυναμίας και φύλλα εργασίας με δραστηριότητες εξοικείωσης που πραγματοποιήθηκαν σε μια εισαγωγική επίσκεψη στις τάξεις. Επίσης το υλικό συμπεριελάμβανε και τις δραστηριότητες που δόθηκαν στους μαθητές στις επόμενες δυο επισκέψεις και παρουσιάζονται παρακάτω.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση τέτοιου είδους περιβαλλόντων στη διδασκαλία των μαθηματικών καθώς μπορούν να αξιοποιηθούν με ποικίλους τρόπους και να εμπλέξουν ένα μεγάλο εύρος μαθηματικών εννοιών. Επίσης, δίνει την ευελιξία στον εκπαιδευτικό να πάρει πρωτοβουλίες και να το προσαρμόσει στο επίπεδο της εκάστοτε τάξης. Τέλος, βοηθάει τους μαθητές να εντοπίσουν ο καθένας τη δική του ξεχωριστή αφετηρία και να αναπτύξουν αυτόνομα τη μαθηματική τους σκέψη. Όπως επισημαίνει ο ίδιος ο Hejny το αν κάποιος αντιλαμβάνεται το περιβάλλον αυτό (και άλλα σαν και αυτό) ως εμπειρία ή ως παιχνίδι δεν έχει σημασία. Αυτό που τελικά είναι σημαντικό είναι ότι τα περιβάλλοντα αυτά δημιουργούν την αίσθηση του οικείου και είναι απλά. Πολύπλευρα προβλήματα δοσμένα στο κατάλληλο επίπεδο δυσκολίας καθίστανται διασκεδαστικές προκλήσεις. Παρακινούν και καλλιεργούν την επιθυμία του μαθητή να φτάσει σε κάποιο συμπέρασμα, να ανακαλύψει κάτι, να μάθει κάτι.

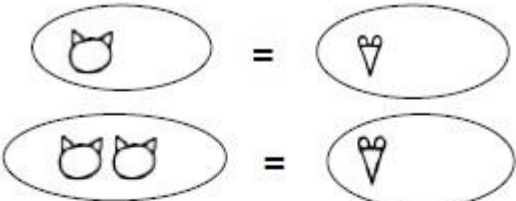
Σύντομη Παρουσίαση Δραστηριοτήτων

Στα παιδιά δόθηκαν δυο δραστηριότητες σε δυο διαφορετικές επισκέψεις. Η λογική και ο τρόπος εργασίας ήταν ίδιος και στις δυο με μόνη διαφορά τη σχέση που χρησιμοποιείται σαν αφετηρία. Στην πρώτη επίσκεψη, οι μαθητές κλήθηκαν, έχοντας δεδομένη τη βασική σχέση (μια γάτα έχει την ίδια δύναμη με δυο ποντίκια) να φτιάξουν τέσσερα δικά τους ζευγάρια ισοδύναμων ομάδων, τοποθετώντας – σε κάθε ζευγάρι- στο ένα μέλος μόνο γάτες και στο άλλο μόνο ποντίκια. Αυτό αποτελούσε και το πρώτο βήμα της δραστηριότητας όπως φαίνεται στο φύλλο εργασίας παρακάτω (Εικ. 3).

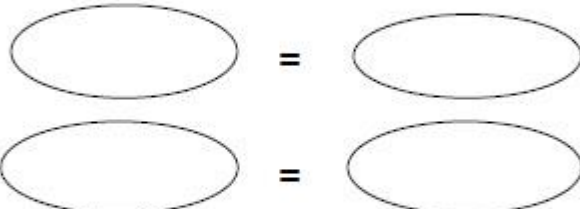
Στο δεύτερο βήμα, βασιζόμενοι στις εικονικές αναπαραστάσεις που είχαν δημιουργήσει, έπρεπε να μεταφέρουν τη συγκεντρωμένη πληροφορία σε έναν πίνακα διπλής εισόδου οργανωμένο έτσι ώστε να υποβοηθά το ζητούμενο εντοπισμό σχέσεων. Στη συνέχεια (τρίτο βήμα), οι μαθητές έπρεπε να προβλέψουν – αντώντας στοιχεία από τη συγκεντρωμένη στον πίνακα πληροφορία - τη σύνθεση και άλλων δυο ομάδων χωρίς όμως να χρειαστεί να τις ζωγραφίσουν. Στο τέταρτο βήμα οι μαθητές κλήθηκαν να αιτιολογήσουν τις επιλογές τους και να παραθέσουν το σκεπτικό με το οποίο συμπληρώθηκε ο πίνακας δίνοντας έμφαση στα τελευταία τέσσερα κουτάκια.

Εικόνα 3. Φύλλο εργασίας στη γενίκευση για την πρώτη επίσκεψη



Βρες πόσα ποντίκια θα πρέπει να έρθει/ουν στην πιο αδύναμη ομάδα για να έχουν και οι δύο ομάδες την ίδια δύναμη!



Συνέχισε να φτιάχνεις ομάδες με την ίδια δύναμη έχοντας μόνο γάτες στα αριστερά και μόνο ποντίκια στα δεξιά.



Συμπληρώνω τον πίνακα με αυτά που ξέρω!

Γάτα		1	2			
Ποντίκι						

Βήμα 2 (highlighted in green) **Βήμα 3** (highlighted in blue)

Χωρίς να ζωγραφίσεις συμπλήρωσε τον πίνακα για άλλες δυο δικές σου ομάδες.

Εξήγησε πως σκέφτηκες. → **Βήμα 4** (highlighted in orange)

Η διαφορά της πρώτης με τη δεύτερη δραστηριότητα (που δόθηκε στην επόμενη επίσκεψη) είναι -όπως προαναφέρθηκε- η αφετηρία. Στην πρώτη επίσκεψη η αρχική σχέση ήταν μια γάτα που ισούται με δυο ποντίκια (Εικ. 1, κάρτα που ήταν διαθέσιμη στους μαθητές) ενώ στη δεύτερη δίνονται συμπληρωμένα τα δύο κελιά της πρώτης στήλης με

τους αριθμούς 2 και 4 (δηλώνοντας ότι 2 γάτες έχουν την ίδια δύναμη με 4 ποντίκια). Οι μαθητές έπρεπε και πάλι να ακολουθήσουν την ίδια σειρά των τεσσάρων βημάτων.

Μεθοδολογικά Στοιχεία της Έρευνας

Στην έρευνα συμμετείχαν 70 μαθητές της Γ΄ δημοτικού, από δυο δημόσια σχολεία (τρία τμήματα συνολικά) στα περίχωρα της Θεσσαλονίκης και διήρκεσε δύο μήνες (Φεβρουάριο - Μάρτιο του 2016). Αρχικά πραγματοποιήθηκε μια εισαγωγική επίσκεψη, σκοπός της οποίας ήταν η εξοικείωση των παιδιών με το εκπαιδευτικό περιβάλλον της φάρμας του θείου Πέτρου.

Ακολούθησαν δύο περίοδοι επισκέψεων με την πρώτη να αφορά γενικότερα την αλγεβρική σκέψη (έμφαση στις σχέσεις ισοδυναμίας), και τη δεύτερη (δύο επισκέψεις σε κάθε τμήμα) ειδικότερα τη μαθηματική γενίκευση χρησιμοποιώντας πάντα το συγκεκριμένο μαθηματικό περιβάλλον. Οι μαθητές των τάξεων που συμμετείχαν εργάστηκαν ατομικά για την επίλυση των προβλημάτων.

Τα δεδομένα για ανάλυση ήταν τα φύλλα εργασίας με τις απαντήσεις και εξηγήσεις των μαθητών που επεξεργάστηκαν στη βάση της ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2014). Οι δραστηριότητες που δόθηκαν απαιτούν μαθηματική γνώση που δεν έχει διδαχθεί ακόμη και μόνο άτυπα υπάρχει στη σκέψη των μαθητών. Για αυτό και δεν μελετήσαμε τη σχέση της μαθηματικής επίδοσης των μαθητών σε σχέση με την επιλογή διαφορετικών στρατηγικών από τους μαθητές. Αυτό οδήγησε στην κωδικοποίηση, ανάλυση και ταξινόμηση σε κατηγορίες ανάλογα με τη λογική και το μοτίβο που ακολουθήθηκε για τη συμπλήρωση του πίνακα. Επίσης εντοπίστηκαν απαντήσεις ενδεικτικές της ύπαρξης αλγεβρικής σκέψης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των δεδομένων οδήγησε στον εντοπισμό αρχικά των στρατηγικών γενίκευσης που χρησιμοποίησαν οι μαθητές και στη συνέχεια των ενδείξεων αλγεβρικής σκέψης που αντανακλούν οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στα δύο προβλήματα.

Από τις συνολικά 140 αναμενόμενες απαντήσεις των παιδιών (70 για κάθε επίσκεψη), πήραμε 126 λόγω απουσίας κάποιων μαθητών κατά την πραγματοποίηση των επισκέψεων. Από αυτές οι 88 ήταν σωστές και 38 λάθος. Άρα περίπου 69,84% του συνόλου των απαντήσεων και από τις δυο επισκέψεις ήταν σωστές. Συνολικά, από τους 70 μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα, 47 μαθητές (ποσοστό περίπου 67%) κατάφεραν να φτάσουν με επιτυχία στη γενίκευση και να την τεκμηριώσουν και τις δυο φορές.

Στρατηγικές για την γενίκευση

Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών μας επέτρεψε να διακρίνουμε τρεις διαφορετικές στρατηγικές στην πορεία προς τη γενίκευση, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1)

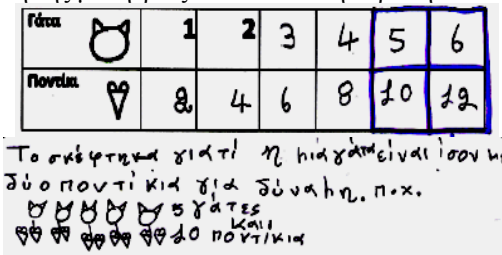
Πίνακας 1. Αριθμητικά Στοιχεία

Στρατηγική	Αριθμός Μαθητών (Συχνότητα)	Σχετική Συχνότητα %
Δημιουργία ομάδων με χρήση διαδοχικών φυσικών	44	34,92%
Δημιουργία ομάδων με χρήση άρτιων αριθμών	11	8,73%
Δημιουργία ομάδων με χρήση τυχαίων αριθμών	33	26,19%
Λάθος απαντήσεις	38	30,16%
Σύνολο	126	100%

Δημιουργία ομάδων με χρήση διαδοχικών φυσικών

Οι δυο μεταβλητές στις δραστηριότητες είναι ο αριθμός των ζώων (γάτες-ποντίκια) που συμμετέχουν στη σχέση. Στη στρατηγική αυτή οι μαθητές χρησιμοποιούν τη δοσμένη σχέση και συμπληρώνουν τον πίνακα αυξάνοντας σταδιακά κατά ένα την τιμή της μιας μεταβλητής (γάτες) γεγονός που σύμφωνα με τη δοσμένη σχέση συνεπάγεται την αύξηση της άλλης μεταβλητής (ποντίκια) κατά δυο. Συνολικά και στις δυο επισκέψεις υπήρξαν 44 από τις 126 απαντήσεις στις οποίες παρατηρήθηκε το συγκεκριμένο σκεπτικό πίσω από τη σύνθεση των ομάδων.

Εικόνα 4. Η απάντηση της μαθήτριας 3101K από την πρώτη επίσκεψη



Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της μαθήτριας 3101K, η οποία έχοντας σαν αφετηρία τη δοσμένη σχέση ισοδυναμίας μεταξύ γάτας και ποντικιού (μια γάτα έχει την ίδια δύναμη με δυο ποντίκια ή αλλιώς $1\gamma=2\pi$) σχεδιάζει τα δύο επόμενα παραδείγματα επιλέγοντας τους αριθμούς 3 και 4 για τις γάτες. Για τη συνέχεια που πρέπει να συμπληρώσει χωρίς να σχεδιάσει, επιλέγει τους αριθμούς 5 και 6. Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι η μαθήτρια ακολουθεί το εξής μοτίβο: Στην πρώτη σειρά αυξάνει τους αριθμούς κατά έναν ενώ στη δεύτερη κατά δυο. Μια τέτοια προσέγγιση θα σήμαινε ότι η μαθήτρια διαβάζει τον πίνακα οριζόντια κάτι που υποδηλώνει ότι χρειάζεται πάντα τον προηγούμενο όρο για να βρει τον επόμενο. Αυτό συνεπάγεται μια αντικειμενική δυσκολία για τον υπολογισμό ενός τυχαίου όρου (του n-στού) αφού δεν είναι γνωστός ο προηγούμενος. Όμως, φαίνεται από την εξήγηση που δίνει η ίδια (Εικ. 4) ότι μάλλον η

ανάγνωση του πίνακα γίνεται κατακόρυφα αφού βασίζει τη σκέψη της στην αναλογική σχέση μεταξύ του πλήθους κάθε ομάδας ζώων.

Η ίδια μαθήτρια (3101K) στην επόμενη επίσκεψη δείχνει συνέπεια στη μεθοδολογία που ακολούθησε για να συμπληρώσει τον πίνακα, ξεκινώντας από τις δυο γάτες και συνεχίζει προσθέτοντας κάθε φορά ακόμη μια γάτα και αιτιολογώντας με ανάλογο τρόπο όπως και παραπάνω. Παρά το γεγονός ότι ο πίνακας αυτή τη φορά δεν κάνει άμεση αναφορά στη δοσμένη σχέση ($1\gamma=2\pi$) αλλά την αφήνει έμμεσα να εννοηθεί από το πρώτο συμπληρωμένο παράδειγμα ($2\gamma=4\pi$), η μαθήτρια εξάγει τη σχέση αυτή και τη χρησιμοποιεί για τη συνέχεια. Και στις δυο όμως περιπτώσεις οι ανοικτές επιλογές των δύο τελευταίων παραδειγμάτων δεν δείχνουν μια τυχαιότητα αλλά ακολουθούν το μοτίβο της αύξησης ανά ένα, παρόλο που ο κανόνας έχει εντοπισθεί και θα επέτρεπε και πιο «τολμηρές» επιλογές (Εικ. 5).

Εικόνα 5. Η απάντηση της μαθήτριας 3101K από την δεύτερη επίσκεψη

Γάτες		2	3	4	5	6	7
Ποντίκια		4	6	8	10	12	14



Το σκέυτηκα επειδή η γάτα είναι ίσον με δυο ποντίκια για δυο ή η π.χ.

και π.χ.

Δημιουργία ομάδων με χρήση άρτιων αριθμών

Η στρατηγική αυτή έχει ομοιότητες με την προηγούμενη. Ο κανόνας πολλαπλασιασμού του πλήθους της πρώτης μεταβλητής (γάτες) με το δυο ($\gamma \times 2$) έχει εντοπιστεί από τους μαθητές, όμως η σειρά των τιμών της πρώτης μεταβλητής (γάτες) ακολουθεί τη σειρά των άρτιων αριθμών τόσο για τα παραδείγματα που έπρεπε να σχεδιάσουν όσο και για τις ελεύθερες εκτιμήσεις των δύο τελευταίων κελιών. Και πάλι δεν εντοπίζεται η τυχαιότητα (που αποτελεί και τον πυρήνα της γενίκευσης που επιτρέπει στο μαθητή να βρει με ακρίβεια τον αριθμό ποντικών όποιον αριθμό και αν επιλέξει για τις γάτες). Συνολικά και στις δυο επισκέψεις υπήρξαν 11 από τις 126 απαντήσεις στις οποίες παρατηρήθηκε το συγκεκριμένο σκεπτικό πίσω από τη σύνθεση των ομάδων. Παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της μαθήτριας 3209K στην παρακάτω εικόνα (Εικ.6):



Εικόνα 6. Η απάντηση της μαθήτριας 32091K από την πρώτη επίσκεψη

Γάτα		1	2	4	6	8	10
Ποντίκια		2	4	8	12	16	20

Στην αιτιολόγησή της («Γιατί 8 γάτες έχουν ίδια δύναμη με 16 ποντίκια. Γιατί αν πολλαπλασιάσουμε $8 \times 2 = 16$ ») είναι σαφές ότι έχει γενικεύσει τη σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών και χρησιμοποιεί την έκφραση «πολλαπλασιάσουμε με το 2», ως το ισοδύναμο της αλγεβρικής σχέσης $\gamma \times 2 = \pi$

Αντίστοιχη είναι η περίπτωση του μαθητή 3223A (Εικ. 7) που συμπληρώνει με τον ίδιο τρόπο τον πίνακα για τη δεύτερη δραστηριότητα («Κάνω συνεχώς πολλαπλασιασμό με το 2»). Και εδώ λείπει η τυχειότητα του γενικευμένου όρου.

Εικόνα 7. Η απάντηση του μαθητή 3223A από την δεύτερη επίσκεψη

Γάτα		2	4	6	8	10	12
Ποντίκια		4	8	12	16	20	24



Παρά την απουσία της τυχειότητας και σε αυτήν τη στρατηγική, φαίνεται από τις αιτιολογήσεις των μαθητών ότι και σε αυτά τα παραδείγματα η ανάγνωση του πίνακα είναι κατακόρυφη και έχει εντοπιστεί ο «κανόνας» που διέπει τις δυο μεταβλητές.

Δημιουργία ομάδων με χρήση τυχαίων αριθμών

Πρόκειται για μία στρατηγική όπου εμφανίζεται έμμεσα για πρώτη φορά η εφαρμογή του κανόνα στη γενική του μορφή για το n-στο όρο. Οι μαθητές εντόπισαν τον κανόνα που διέπει το μοτίβο και από πολύ νωρίς επέλεξαν παραδείγματα εφαρμογής του κανόνα για τιμές των μεταβλητών που θα ήταν απαγορευτικές για κάποιον που θα ήθελε να σχεδιάσει. Αυτό δείχνει και μια βαθύτερη κατανόηση της διαδικασίας της γενίκευσης. Συνολικά και στις δυο επισκέψεις υπήρξαν 33 από τις 126 απαντήσεις στις οποίες παρατηρήθηκε η στρατηγική αυτή.



Οι τιμές που επιλέγει η μαθήτρια 3303K (Εικ. 8) για την πρώτη μεταβλητή (γάτες) δεν ακολουθεί κάποια λογική. Από πολύ νωρίς αξιοποιείται η σχέση που προκύπτει από τις δύο πρώτες θέσεις του πίνακα και δίνει την άνεση στη μαθήτρια να επιλέγει τιμές που ούτε παρουσιάζουν από μόνες τους κάποιο μοτίβο ούτε υπακούουν στην άτυπη συνθήκη της αύξουσας σειράς (η επιλογή του 12 έπεται αυτής του 13).

Εικόνα 8. Η απάντηση της μαθήτριας 3303K από την πρώτη επίσκεψη

Γάτα		1	2	13	12	24	30
Ποντίκι		2	4	26	24	48	60



Αν και στην αιτιολόγηση («*Το σκέφτηκα γιατί το διπλασιάζω ανά δύο επειδή μας έχει στο κουτάκι $1=2$, $2=4$* ») δεν υπάρχει ρητή αναφορά στις δύο μεταβλητές εν τούτοις αυτό συνεπάγεται τόσο από την εξήγηση που δίνει όσο και από τον πίνακα που συμπλήρωσε. Η ίδια μαθήτρια, στην επόμενη δραστηριότητα (Εικ. 9) φαίνεται αρχικά να ακολουθεί το μοτίβο του διπλασιασμού της πρώτης μεταβλητής (γάτες) όμως είναι σε θέση να επιδείξει κατανόηση της γενικότητας επιλέγοντας ακόμη μεγαλύτερες τιμές στο τέλος (1000 και 2000) απ' ό,τι στην προηγούμενη δραστηριότητα («*Το σκέφτηκα γιατί τα διπλασιάζω ανά 2*»).

Εικόνα 9. Η απάντηση της μαθήτριας 3303K από την δεύτερη επίσκεψη

Γάτα		2	4	8	16	1.000	2.000
Ποντίκι		4	8	16	32	2.000	4.000

Κάτι ανάλογο κάνει και ο μαθητής 3316A (Εικ. 10), ο οποίος αρχικά επιλέγει διαδοχικούς αριθμούς μέχρι το 4 για την πρώτη μεταβλητή αλλά στη συνέχεια επιλέγει τυχαίες τιμές γι αυτήν. Ο μαθητής αυτός κάνει αναγωγή στο 1:2 («*μια γάτα έχει την ίδια δύναμη με δυο ποντίκια*») πάνω στην οποία βασίζεται και γενικεύει αργότερα αναφέροντας ότι $14 \text{ γάτες} = 28 \text{ ποντίκια}$.

Εικόνα 10. Η απάντηση του μαθητή 3316A από την πρώτη επίσκεψη

Γάτα		1	2	3	4	11	14
Ποντίκι		2	4	6	8	22	28

Ενδείξεις αλγεβρικής σκέψης για γενίκευση

Η αναφορά στις ενδείξεις αλγεβρικής σκέψης μέσα στις απαντήσεις των μαθητών συνδέεται με το άλλο μέρος της έρευνάς μας που έχει προηγηθεί χρονικά και είχε αντικείμενο αυτές τις ενδείξεις οι οποίες κατηγοριοποιήθηκαν με βάση την

προοδευτικά αυξανόμενη αρτιότητα τους. Στη φάση αυτή που ασχολούμαστε με τη γενίκευση εντοπίζουμε την παρουσία κάποιων από αυτές.

Η αλγεβρική σκέψη των μαθητών εκφράζεται σταδιακά μέσα από την προσπάθειά τους να εκφράσουν τις σχέσεις ισοδυναμίας που εντοπίζουν στις συλλογές με τις ομάδες ζώων που έχουν μπροστά τους. Μια τέτοια περίπτωση είναι το παράδειγμα της μαθήτριας 3204K (Εικ. 11), η οποία αξιοποιώντας μόνο λέξεις, εκφράζει τη σχέση που έχει δημιουργήσει, χρησιμοποιώντας παράλληλα σωστά το σύμβολο της ισότητας ανάμεσα στις δυο ποσότητες αυτές. Εδώ και το πλήθος των ζώων αλλά και οι μεταβλητές (τα ίδια τα ζώα) εκφράζονται μόνο λεκτικά και χρησιμοποιείται συγκεκριμένο παράδειγμα και όχι η έκφραση μιας σχέσης στη γενικευμένη της μορφή (**λεκτική περιγραφή σχέσεων**, βλ. Papadopoulos et al, 2016).

Εικόνα 11. Η αιτιολόγηση της μαθήτριας 3204K.

δύο ζώα = τριάντα ποντίκια.

Στα επόμενα παραδείγματα, ο μαθητής 3216A (Εικ.12) και η μαθήτρια 3118K (Εικ. 13) αντίστοιχα, παρουσιάζουν μια περισσότερο επεξεργασμένη μορφή της προηγούμενης περίπτωσης όπου πια η λεκτική περιγραφή του πλήθους έχει αντικατασταθεί από τη **χρήση αριθμών**.

Στην περίπτωση του μαθητή 3216A (Εικ. 12), κάτι που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι η προσθήκη επιπλέον παραδείγματος ενδεικτική της ευχέρειας που έχει στο να χρησιμοποιήσει και αρκετά μεγαλύτερους αριθμούς.

Εικόνα 12. Η αιτιολόγηση του μαθητή 3216A.

The image shows a handwritten mathematical explanation. On the left, there is a 2x2 grid of boxes. The top row contains the numbers 5 and 6. The bottom row contains the numbers 70 and 72. To the right of the grid, there is a handwritten note: "το βρήκα = 70 ποντίκια" with an arrow pointing to the number 70 in the bottom-left box. Below the grid, there is another note: "το βρήκα γιατί 6 ζώα = 72 ποντίκια". To the right of the grid, there is a separate equation: "700 ζώα = 200 ποντίκια".

Εικόνα 13. Η αιτιολόγηση της μαθήτριας 3118K.

$5(\gamma\alpha\sigma\iota\varsigma) = 10(\text{ποντίκια})$
 $6(\gamma\alpha\sigma\iota\varsigma) = 12(\text{ποντίκια})$

Το σκέφτηκα γιατί: $5 + 5 = 10$
 και $6 + 6 = 12$.

Το ενδιαφέρον με την περίπτωση της μαθήτριας 3118K (Εικ. 13) είναι ότι βασίζει την τεκμηρίωση σε **προσθετική** και όχι πολλαπλασιαστική σχέση. Ενώ λοιπόν έχει κατακτήσει το πρώτο βήμα της μετάφρασης της εικόνας ή του πίνακα σε ένα είδος σχέσης, εξακολουθεί να βλέπει τον υπολογισμό των τιμών της δεύτερης μεταβλητής (ποντίκια) να προκύπτει μέσα από την πρόσθεση ισοδύναμων ομάδων της πρώτης μεταβλητής (γάτες).

Ο μαθητής 3223A (Εικ. 14) εκφράζεται με τη χρήση μόνο αριθμών καθώς υπάρχει απουσία συμβόλου που να υποδηλώνει σε ποιο ζώο αναφέρεται. Αν και εμφανίζεται περισσότερο ως αριθμητική παρά ως αλγεβρική σχέση, εν τούτοις το γεγονός ότι η πράξη αυτή είναι δηλωτική της σχέσης $\gamma\chi 2 = \pi$ (σχέση 1) και όχι της έκφρασης $1\gamma = 2\pi$ (σχέση 2) ενισχύει την απόφασή μας να την συμπεριλάβουμε στις ενδείξεις αλγεβρικής σκέψης γιατί εμπλέκει πολύ καθαρά τη σωστή σχέση που συνδέει τις μεταβλητές (σχέση 1), ενώ στη δεύτερη έκφραση (σχέση 2) τα γράμματα χρησιμοποιούνται ως συντομεύσεις λέξεων και όχι ως μεταβλητές. Δεν είναι όμως και αυτό λιγότερο σημαντικό. Η προσπάθεια μετάφρασης μιας εικόνας σε μια μαθηματική έκφραση είναι πολύ σημαντική στην ηλικία αυτή.

Εικόνα 14. Η αιτιολόγηση του μαθητή 3223A.

Γιατί $5 \times 2 = 10$ και $6 \times 2 = 12$

Μια άλλη κατηγορία ενδείξης αλγεβρικής σκέψης είναι η **Συμβολική περιγραφή σχέσεων μεταξύ των οντοτήτων** (στη συγκεκριμένη περίπτωση των ζώων) όπως φαίνεται από τις απαντήσεις των μαθητών 3319A, 3113K και 3103K (Εικ. 15).

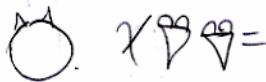
Εικόνα 15. Οι απαντήσεις των μαθητών 3319A, 3113K και 3103K αντίστοιχα

$4G = 8$, $G1 = 9$, $7G + 24$

Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται συμβολική αναπαράσταση του ζώου στο οποίο αναφέρεται και όχι λεκτική. Επίσης χρησιμοποιούνται αριθμοί για να δηλωθεί το πλήθος των ζώων και στις δυο ομάδες κάτι το οποίο υποδηλώνει μια πρόωμη ένδειξη για μετέπειτα χρήση μεταβλητών.

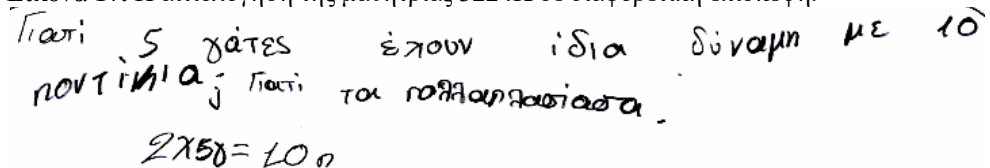
Η μαθήτρια 3224K (Εικ. 16) με την πρότασή της ουσιαστικά προσπαθεί να εκφράσει τη γενικευμένη μορφή της σχέσης μεταξύ των δυο μεταβλητών. Πρόκειται για τη χρήση συμβόλων προκειμένου να εκφραστεί η σχέση $\gamma \times 2 = \pi$. Ακόμη και με τις αδυναμίες της η έκφραση αυτή είναι κάτι πολύ κοντινό στην αλγεβρική σχέση που περιγράφει τη μαθηματική κατάσταση που παρουσιάστηκε στον μαθητές και το θεωρούμε ιδιαίτερα σημαντικό ακριβώς λόγω του νεαρού της ηλικίας των μαθητών αυτών. Με χρήση συμβόλων η μαθήτρια προσπαθεί να αποτυπώσει τη σχέση $\gamma \times 2 = \pi$.

Εικόνα 16. Η αιτιολόγηση της μαθήτριας 3224K.



Η ίδια μαθήτρια σε άλλη επίσκεψη προχωρά ακόμη παραπέρα την πρώτη αυτή σχέση πλησιάζοντας ακόμη περισσότερο στη μορφή $2 \times \gamma = \pi$ καθώς φαίνεται ξεκάθαρα η σχέση που θέλει να αποτυπώσει (Εικ. 17) αντικαθιστώντας τις συμβολικές αναπαραστάσεις με γράμματα (λεκτική περιγραφή σχέσεων).

Εικόνα 17. Η αιτιολόγηση της μαθήτριας 3224K σε διαφορετική επίσκεψη.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε μέρος μιας ευρύτερης έρευνας που εξετάζει τη δυνατότητα αξιοποίησης ενός πλούσιου σε δυνατότητες εκπαιδευτικού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών στη μαθηματική γενίκευση. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν οι στρατηγικές με τις οποίες οι μαθητές προχώρησαν προς τη γενίκευση αλλά και πως αιτιολόγησαν τις επιλογές τους. Επίσης αναζητήθηκαν ψήγματα αλγεβρικού συλλογισμού και έκφρασης στις απαντήσεις των μαθητών.

Η πρόκληση στη συγκεκριμένη ηλικία έγκειται στο γεγονός ότι οι μαθητές κλήθηκαν να δημιουργήσουν τους διαδοχικούς όρους μιας ακολουθίας όπου οι όροι της διέπονται από μια κανονικότητα. Το ζητούμενο επομένως είναι από τους μαθητές να εντοπίσουν τον κανόνα, και να είναι σε θέση να προβλέψουν και επόμενους, όχι

απαραίτητα διαδοχικούς, όρους του μοτίβου και να εκφράσουν τον τρόπο με τον οποίο εργάστηκαν και σκέφτηκαν.

Καθοριστικό σε αυτό είναι ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές θα διαβάσουν τον πίνακα στον οποίο οργανώνουν τα δεδομένα τους. Σύμφωνα με τον Haylock (2010), υπάρχουν δυο τρόποι με τους οποίους μπορεί να διαβαστεί ένας τέτοιος πίνακας. Ο πρώτος είναι οριζόντια. Με αυτό τον τρόπο όμως για να γίνει η πρόβλεψη του πλήθους των ποντικών που ισοδυναμούν με n γάτες πρέπει ο μαθητής να γνωρίζει το πλήθος που αντιστοιχεί σε $n-1$ γάτες. Η μέθοδος αυτή δεν επιτρέπει λοιπόν τη γενίκευση. Ο δεύτερος τρόπος ανάγνωσης είναι η κατακόρυφη ανάγνωση. Σε αυτήν ο μαθητής εντοπίζει τη σχέση που συνδέει τις μεταβλητές μεταξύ τους. Πώς δηλαδή η τιμή που παίρνει η μια μεταβλητή (πχ γάτες) προσδιορίζει την τιμή που θα πάρει η άλλη (πχ ποντικά). Αυτό καθιστά εφικτό τον υπολογισμό της τιμής που θα πάρει η δεύτερη για οποιαδήποτε τιμή της πρώτης ή και αντίστροφα.

Από τα ευρήματα της έρευνας έγινε φανερό ότι η ανάγνωση και η συμπλήρωση του πίνακα από την πλειοψηφία των μαθητών έγινε με κατακόρυφο τρόπο γεγονός που είναι ενδεικτικό μιας συμβολής του υλικού προς την άτυπη και πρόωμη κατανόηση της σχέσης ανάμεσα σε δύο μεταβλητές και στην αξιοποίηση της σχέσης αυτής για τον υπολογισμό της τιμής της μιας όταν δίνεται η άλλη.

Ταυτόχρονα οι μαθητές στην προσπάθειά τους να εκφράσουν αυτό που αντιλαμβάνονταν μέσα από τη χρήση του υλικού επιχείρησαν μια μαθηματικοποίηση μέσα από μια ποικιλία επιλογών όπως η απλή μετάφραση της εικόνας σε σχέση, ο εντοπισμός και η λεκτική περιγραφή σχέσεων, η χρήση συμβόλων ή ενός συνδυασμού συμβόλων και λέξεων για την περιγραφή σχέσεων.

Φυσικά δεδομένης της ηλικίας των μαθητών μιλάμε για πολύ πρώιμες αντιλήψεις σχετικά με την αλγεβρική σκέψη που όμως δεν είναι καθόλου κοινότητες. Προφανώς δεν μπορούμε να γενικεύσουμε τη θετική εικόνα από τη χρήση του συγκεκριμένου περιβάλλοντος μιας που το δείγμα μας ήταν μικρό και έτσι περισσότερο βλέπουμε την έρευνα αυτή σαν μια μικρής κλίμακας έρευνα. Για αυτόν ακριβώς το λόγο μιλάμε περισσότερο για ενδείξεις που μας ενθαρρύνουν προς την υλοποίηση μιας μεγαλύτερης κλίμακας έρευνα πάνω στο θέμα αυτό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baroody, A.J. (1989). 'Manipulatives don't come with guarantees', *Arithmetic Teacher*, 37(2), 4–5
- Cai, J., & Moyer, J. (2008). Developing algebraic thinking in earlier grades: Some insights from international comparative studies. *Algebra and algebraic thinking in school mathematics*, 70, 169-182.
- Carpenter, T. P., Franke, M. L., & Levi, L. (2003). *Thinking mathematically: Integrating arithmetic and algebra in elementary school*. Heinemann, 361 Hanover Street, Portsmouth.

- Carraher, D. W., & Schliemann, A. D. (2007). Early algebra and algebraic reasoning. In F. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 669-705), Greenwich: Information Age Publishing.
- Carraher, D. W., Martinez, M. V., & Schliemann, A. D. (2008). Early algebra and mathematical generalization. *ZDM*, 40(1), 3-22.
- Carraher, D. W., Schliemann, A. D., Brizuela, B. M., & Earnest, D. (2006). Arithmetic and algebra in early mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 37, 87-115.
- Carraher, D. W., Schliemann, A. D., & Schwartz, J. (2007). Early algebra is not the same as algebra early. In J. Kaput, D. Carraher, & M. Blanton (Eds.), *Algebra in the early grades* (pp. 235-272). Mahwah, NJ, Erlbaum
- Cooper, T. J., & Warren, E. (2008). The effect of different representations on Years 3 to 5 students' ability to generalise. *ZDM*, 40(1), 23-37
- Ellis, A. (2007). Connections between generalizing and justifying: Students' reasoning with linear relationships. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(3), 194-229.
- Gellert, U. (2004). Didactic material confronted with the concept of mathematical literacy. *Educational Studies in Mathematics*, 55(1-3), 163-179.
- Gentner, D., & Markman, A. B. (1994). Structural alignment in comparison: No difference without similarity. *Psychological science*, 5(3), 152-158.
- Haylock, D. (2010). *Mathematics explained for primary teachers*. Sage Publications.
- Hejný, M. (2012). Exploring the cognitive dimension of teaching mathematics through scheme-oriented approach to education. *Orbis scholae*, 2(6), 41-55.
- Kaput, J. J. (1999). Teaching and learning a new algebra. In E. Fennema & T. Romberg (Eds.), *Mathematics classrooms that promote understanding* (pp. 133-155). Mahwah: Erlbaum
- Kaput, J. J., & Blanton, M. L. (2000). Algebraic Reasoning in the Context of Elementary Mathematics: Making It Implementable on a Massive Scale. Paper given at the 1999 *Annual Meeting of the AERA*, Montreal, Canada
- Mason, J. (1996). Expressing generality and roots of algebra. In N. Bednarz, C. Kieran, & L. Lee (Eds.), *Approaches to algebra: Perspectives for research and teaching* (pp. 65-86). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Mayring, P. (2014). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In A. Bikner-Ahsbahr, C. Knipping, & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to qualitative research in Mathematics education* (pp. 365-380). Netherlands: Springer Science & Business Media B.V
- Moss, J., Beatty, R., McNab, S. L., & Eisenband, J. (2006). The potential of geometric sequences to foster young students' ability to generalize in mathematics. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.

- Papadopoulos, I., Kindini, T., & Tsakalaki, X. (2016). Using mobile puzzles to develop algebraic thinking. In *Proceedings of 40th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (to appear), Szeged, Hungary:PME
- Polya, G. (1957). *How to solve it*. Princeton: Princeton University Press.
- Radford, L. (2008). The ethics of being and knowing: Towards a cultural theory of learning. In L. Radford, G. Schubring, & F. Seeger (Eds.), *Semiotics in mathematics education* (pp. 215–34). Rotterdam: Sense Publishers.
- Radford, L., & Peirce, C. S. (2006). Algebraic thinking and the generalization of patterns: A semiotic perspective. In *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, North American Chapter* (Vol. 1, pp. 2-21).
- Raphael, D., & Wahlstrom, M. (1989). The influence of instructional aids on mathematics achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(2), 173-190.
- Wilkie, K. J., & Clarke, D. M. (2015). Developing students' functional thinking in algebra through different visualisations of a growing pattern's structure. *Mathematics Education Research Journal*, 28(2), 223-243

Γρίφοι mobile στις σχέσεις ισοδυναμίας;

Ιωάννης Παπαδόπουλος ¹, Θεονίτσα Κινδύνη ² &
Ξανθίππη Τσακαλάκη ³

¹ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, ypapadop@eled.auth.gr

²ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, theokind@eled.auth.gr

³ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, tsakalak@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή εξετάζεται η συμβολή του γρίφου mobile (κυρίως μέσα από τη διαδικασία κατασκευής mobiles) στην «αναζήτηση και χρήση της δομής» από τους μαθητές. Στην προσπάθεια να κατασκευάσουν οι μαθητές τα δικά τους mobiles αναδύονται όλες εκείνες οι άτυπες μαθηματικές γνώσεις που εμπλέκουν οι μαθητές και που εγγυώνται την ισορροπία του mobile και άρα την εγκυρότητα της σχέσης ισοδυναμίας ανάμεσα στα δύο μέλη μιας εξίσωσης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: γρίφοι mobile, πρόιμη αλγεβρική σκέψη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

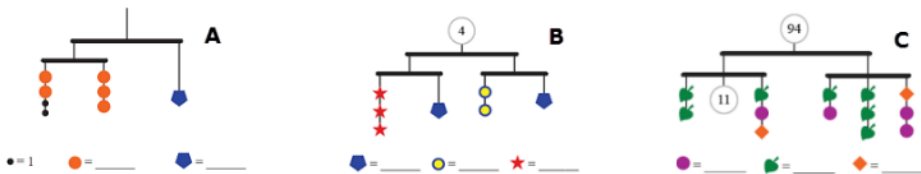
Η έρευνα σχετικά με τη μετάβαση από την αριθμητική στην άλγεβρα έχει επισημάνει τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές (Mason, 1996). Από την άλλη η έρευνα έχει επίσης αναδείξει την αναγκαιότητα χρήσης εκπαιδευτικού υλικού στην τάξη των Μαθηματικών ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Raphael & Wahlstrom, 1989) αλλά και την έμφαση που πρέπει να δίνεται στα όσα διαδραματίζονται σε σχέση με αυτό από τους εμπλεκόμενους σε σχετικές καταστάσεις (εκπαιδευτικούς και μαθητές) (Baroody, 1989). Έτσι στην εργασία αυτή παρουσιάζεται εκπαιδευτικό υλικό που βασίζεται στο ότι οι μαθητές έχουν έμφυτες αλγεβρικές ιδέες οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν προκειμένου να αναπτύξουν μαθηματικές συνήθειες του νου που σχετίζονται με την αλγεβρική σκέψη. Ως συνήθεια του νου θεωρούμε έναν τρόπο σκέψης-σχεδόν έναν τρόπο να βλέπει κανείς μια κατάσταση- που έρχεται τόσο αυθόρμητα στο νου ώστε να μην χρειάζεται να ψάξει ο μαθητής στην εργαλειοθήκη του μυαλού του για να τον βρει. Αυτές οι συνήθειες προηγούνται των κανόνων και των τύπων τα οποία δεν προκύπτουν από τη λογική των μαθητών (Goldenberg, Mark & Cuoco, 2010). Αν η γνώση που παρέχεται στους μαθητές βασίζεται στη λογική τους, τότε θα έχουν τα εργαλεία να κατανοούν και όχι μόνο να απομνημονεύουν. Ο Goldenberg και οι συνεργάτες του (2015), δίνουν έμφαση στην ανάπτυξη από τους μαθητές αλγεβρικών συνθημάτων του νου διαισθητικά μέσα από μια σειρά λογικο-μαθηματικών γρίφων. Η συμβολή γενικά των γρίφων στη διδασκαλία και κατανόηση των μαθηματικών έχει επισημανθεί από νωρίς (Smith & Backman, 1975) και πρόσφατα παρατηρείται εκ νέου ενδιαφέρον προς μια

διδασκαλία των μαθηματικών που θα βασίζεται στη χρήση γρίφων (Michalewicz & Michalewicz, 2008). Μια κατηγορία τέτοιων γρίφων, οι γρίφοι mobile, σχετίζονται με τρεις συγκεκριμένες συνήθειες του νου: την «Εμπλοκή σε έναν γρίφο και επιμονή σ’ αυτόν», την «Αναζήτηση και χρήση της δομής» και την «Επικοινωνία με ακρίβεια». Στην εργασία αυτή θα εστιάσουμε κυρίως στη συνήθεια της «Αναζήτησης και χρήσης της δομής». Κατακτώντας την οι μαθητές είναι σε θέση να κατανοήσουν τι σημαίνει πως ένα mobile ισορροπεί, ποιες είναι οι σχέσεις ανάμεσα στα σχήματα που εξασφαλίζουν την ισορροπία αυτή και πως αυτές μπορούν να εκφραστούν μαθηματικά. Το ερευνητικό μας ερώτημα λοιπόν είναι κατά πόσο κατά την ενασχόληση με το συγκεκριμένο γρίφο -και μάλιστα μέσα από την ειδική περίπτωση όχι της επίλυσης αλλά της κατασκευής ενός mobile- η συνήθεια της «Αναζήτησης και χρήσης της δομής» εμφανίζεται στην κατασκευή των mobile από τους μαθητές και αν και ποιες άτυπες μαθηματικές ιδέες εμπλέκουν προκειμένου να εξασφαλίσουν την ισορροπία του.

ΓΡΙΦΟΙ MOBILE ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΟΜΗ

Ένας γρίφος mobile αναπαριστά ποικίλες συλλογές αντικειμένων τα οποία ισορροπούν (Εικ. 1). Οι οριζόντιες ράβδοι είναι κρεμασμένες από το μέσο τους και γι’ αυτόν τον λόγο από τα δύο άκρα της κάθε ράβδου κρέμεται το ίδιο βάρος. Θεωρείται ότι οι ράβδοι και τα σχοινάκια είναι αβαρή, τα ίδια σχήματα αναπαριστούν το ίδιο βάρος ενώ διαφορετικά σχήματα μπορούν να έχουν το ίδιο ή διαφορετικό βάρος. Ο λύτης καλείται να καθορίσει το βάρος των άγνωστων σχημάτων. Ο γρίφος mobile αναπαριστά ουσιαστικά ένα σύστημα εξισώσεων σε μορφή εικόνας κάνοντας έτσι πιο φανερή την δομή της εξίσωσης. Αυτοί οι γρίφοι εστιάζουν στην ισότητα παραστάσεων και οι μαθητές χρησιμοποιούν την εικόνα για να κατανοήσουν τη λογική της εξίσωσης ενώ την ίδια στιγμή δεν χρειάζονται κανόνες για να τους λύσουν. Για κάποιον που είναι εξοικειωμένος με την άλγεβρα είναι εύκολο να λύσει το σύστημα εξισώσεων, για κάποιον όμως ο οποίος δεν είναι ούτε αρχάριος ούτε ειδικός, η επίλυση των γρίφων μπορεί να αποτελέσει μια «διασκεδαστική» πρόκληση.

Εικόνα 1. Διάφοροι τύποι από Mobiles



Οι Goldenberg et al., (2015) ισχυρίζονται ότι οι γρίφοι είναι ένα ασφαλές περιβάλλον, αφού δεν υπάρχει συγκεκριμένο σημείο αφετηρίας, και έτσι ο λύτης δεν χρειάζεται να ανησυχεί αν δεν ξέρει από πού να ξεκινήσει. Ο κάθε λύτης μπορεί να ακολουθήσει διαφορετική πορεία για να φτάσει στη λύση. Επιπλέον, οι γρίφοι επιτρέπουν στους

μαθητές να σκεφτούν τη λύση χωρίς την πίεση του χρόνου και τους οδηγούν στο να αναθεωρούν την αντίληψή τους ότι τα μαθηματικά είναι μόνο κανόνες και τύποι. Ακόμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαφοροποιημένη διδασκαλία καθώς η επιλογή των γρίφων όσον αφορά τις γνωστικές απαιτήσεις και τις απαραίτητες μαθηματικές γνώσεις γίνεται με βάση τις ανάγκες και τις ικανότητες των μαθητών. Τέλος, βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν μαθηματικές συνήθειες του νου χρήσιμες για να κατανοήσουν στοιχεία της άλγεβρας όπως η μοντελοποίηση με εξισώσεις, η επίλυση εξισώσεων και συστημάτων εξισώσεων και η αναζήτηση και χρήση της αλγεβρικής δομής. Η «Αναζήτηση και χρήση της δομής» συνδέεται με την πρόωπη αλγεβρική σκέψη η οποία μπορεί να προκύψει σε διάφορες μορφές μέσα στην τάξη (Blanton & Kaput, 2005). Η μελέτη της δομής κυρίως αναφέρεται στην αναγνώριση της δομής ενός απλού μοτίβου (Paric et al, 2011). Οι Moss and McNab (2011) βρήκαν πως με την κατάλληλη εισαγωγή στην μελέτη των μοτίβων οι μαθητές βελτιώνουν την αλγεβρική τους σκέψη. Επιπλέον, η μελέτη της δομής πολύ συχνά αφορά μεταξύ άλλων την γενίκευση αριθμητικών δομών (Blandon & Kaput, 2005) και τη δομή ισοδύναμων αριθμητικών παραστάσεων (Mulligan, Cavanagh & Keanan-Brown, 2012). Στο πνεύμα αυτό των ισοδύναμων μαθηματικών παραστάσεων εντάσσουμε τη χρήση των *mobile* υιοθετώντας πλήρως την οπτική της Waren (2003) η οποία ισχυρίζεται ότι η μαθηματική δομή καταπιάνεται με (i) σχέσεις μεταξύ των ποσοτήτων, (ii) ιδιότητες σε σχέση με τις αριθμητικές πράξεις (προσεταιριστική και/ή αντιμεταθετική), (iii) σχέσεις μεταξύ των πράξεων (είναι μια πράξη επιμεριστική ως προς κάποια άλλη;), και (iv) σχέσεις σε μια σειρά ποσοτήτων (μεταβατική ιδιότητα της ισότητας και της ανισότητας).

Επιλύοντας οι μαθητές γρίφους όπως ο συγκεκριμένος, κατακτούν σταδιακά την ιδέα και τον ρόλο της μεταβλητής καθώς και την λογική του αλγεβρικού χειρισμού. Ξεκινούν να χρησιμοποιούν διαισθητικά την αντικατάσταση και αναπτύσσουν δικές τους στρατηγικές οι οποίες αργότερα θα συνδεθούν με τα τυπικά βήματα της άλγεβρας για την επίλυση εξισώσεων (Goldenberg et al., 2015). Ένα πρώτο βήμα προς την αλγεβρική σκέψη όπως αυτή εκφράστηκε παραπάνω είναι η μετάφραση της πληροφορίας που είναι ενσωματωμένη στην εικόνα του *mobile* σε αλγεβρική σημειογραφία και στο να καταστεί σαφής η λογική που το διέπει. Η έλλειψη σχετικών ερευνών οι οποίες εξετάζουν τον ρόλο της χρήσης των γρίφων *mobile* στην ανάπτυξη της αλγεβρικής σκέψης αποτελεί το κίνητρο αυτής της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα το ερώτημά μας είναι κατά πόσο η χρήση του γρίφου *mobile* μέσα από την αναζήτηση της δομής οδηγεί τους μαθητές στο να εμπλέκουν άτυπη μαθηματική γνώση και τι είδους είναι αυτή;

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην έρευνα συμμετείχαν 102 μαθητές της Στ' τάξης (11-12 χρονών) από δύο δημοτικά σχολεία της Θεσσαλονίκης. Οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί την έννοια της μεταβλητής και ήταν η πρώτη φορά που έρχονταν σε επαφή με αυτό το είδος γρίφου. Σύμφωνα με το επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα μέχρι το τέλος της χρονιάς θα πρέπει να είναι σε θέση να επιλύουν εξισώσεις πρώτου βαθμού με μία μεταβλητή της μορφής $a+x=b$, $a-x=b$, $x-a=b$, $ax=b$, $a/x=b$, $x/a=b$. Σε διάρκεια 6 εβδομάδων και κατά τη διάρκεια της διδακτικής ώρας

των Μαθηματικών, οι μαθητές κλήθηκαν να επιλύσουν 16 γρίφους συνολικά. Την διαχείριση της εμπλοκής των μαθητών είχαν αναλάβει οι ερευνητές με την παρουσία του δασκάλου. Για να γνωρίσουν οι μαθητές τους γρίφους και να καταλάβουν πώς λειτουργούν, στην πρώτη επίσκεψη παρουσιάστηκαν δύο παραδείγματα στον πίνακα, εξηγήθηκαν όλες οι συμβάσεις και έπειτα λύθηκαν μαζί με τα παιδιά. Οι γρίφοι διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία, δίνεται το συνολικό βάρος ή το βάρος ενός σχήματος και οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν την αξία του άγνωστου σχήματος και να εξηγήσουν τον τρόπο που τους οδήγησε στη λύση. Στη δεύτερη, οι μαθητές καλούνται να αποφασίσουν για το αν ένα mobile ισορροπεί (πάντα, μερικές φορές ή ποτέ) στηριζόμενοι στις δοσμένες πληροφορίες. Ευρήματα από τις δυο αυτές κατηγορίες έχουν ήδη παρουσιαστεί από τους Papadopoulos, Kindini και Tsakalaki (2016) οι οποίοι εντόπισαν τέσσερις βασικούς τύπους σκέυης που είναι ενδεικτικοί αλγεβρικής κατανόησης (μετάφραση της εικόνας σε σχέσεις ισότητας, λεκτική περιγραφή σχέσεων, χρήση συμβολικής γλώσσας, συνδυασμός των προηγούμενων τύπων). Στην τρίτη, οι μαθητές κλήθηκαν να κατασκευάσουν το δικό τους mobile το οποίο πάντα να ισορροπεί. Και στις τρεις κατηγορίες οι μαθητές έπρεπε να εξηγούν αναλυτικά τον τρόπο που σκέφτηκαν για να φτάσουν στη λύση γιατί μόνο έτσι θα ήταν εφικτή η συλλογή δεδομένων που θα απαντούσαν στο ερευνητικό ερώτημα. Τα φυλλάδια με τις απαντήσεις και την επιχειρηματολογία των μαθητών αποτέλεσαν τα δεδομένα της έρευνας που αναλύθηκαν με την μέθοδο της ανάλυσης περιεχομένου (content analysis) (Mayring, 2014). Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστεί μόνο η δραστηριότητα που ανήκει στην τρίτη κατηγορία. Η κατασκευή ενός mobile από τους ίδιους τους μαθητές γίνεται αφού έχουν εξοικειωθεί με τους γρίφους και κατακτήσει την έννοια της δομής. Έχει ενδιαφέρον να μελετηθεί το πώς αποτυπώνεται η δομή στους γρίφους των μαθητών και πως αυτή εμπλέκει άτυπα, άλλες μαθηματικές ιδιότητες που είναι ενσωματωμένες στη δομή.

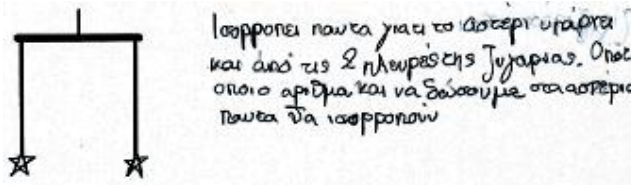
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η δραστηριότητα που μελετάται ουσιαστικά δίνει την ευκαιρία στους ερευνητές να διαπιστώσουν κατά πόσο οι μαθητές είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν όλη τη γνώση που τυχόν απέκτησαν κατά τη διάρκεια της ενασχόλησής τους με τα mobiles αλλά και να καταγραφεί η άτυπη μαθηματική γνώση που θα ενσωματωθεί στους σχεδιασμούς των δικών τους mobiles. Για το λόγο αυτό οι κατασκευές των μαθητών ομαδοποιήθηκαν και παρουσιάζονται ανάλογα με το μαθηματικό τους περιεχόμενο σε επτά διαφορετικές κατηγορίες.

Πρώτη κατηγορία: Αφορά κατασκευή mobiles που περιέχουν και στους δύο κλάδους τους ακριβώς τα ίδια σχήματα και μάλιστα τοποθετημένα με την ίδια σειρά. Πρόκειται για κατασκευές mobiles που ισορροπούν πάντα λόγω της **ανακλαστικής ιδιότητας**. Η πιο απλή περίπτωση είναι αυτή που περιλαμβάνει ένα μόνο σχήμα και στους δύο κλάδους (Εικ. 3) που είναι ακριβώς της μορφής $a=a$. Στην ίδια ιδιότητα βασίζονται και mobiles μαθητών που έχουν συμπεριλάβει περισσότερα τους ενός στοιχεία σε κάθε κλάδο, όλα ίσα μεταξύ τους. Για παράδειγμα, στην Εικόνα 4 η ανακλαστική ιδιότητα έχει τη μορφή $a+a=a+a$ (ή $2a=2a$). Τέλος μια πιο γενική μορφή της ανακλαστικής ιδιότητας

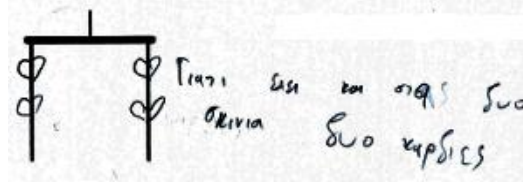
που καταγράφηκε στις κατασκευές των μαθητών είναι η περίπτωση που περιλαμβάνονται διαφορετικά είδη οντοτήτων στους κλάδους, αλλά ίσου πλήθους από κάθε ένα και με την ίδια ακριβώς διάταξη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κατασκευή της Εικόνας 5 που βασίζεται στην ταυτοτική ισότητα $2a+b=2a+b$. Εξίσου χαρακτηριστική (και ενδεικτική της κατανόησης της λειτουργίας της ανακλαστικής ιδιότητας) είναι και η τεκμηρίωση των μαθητών σε κάθε παράδειγμα.

Εικόνα 3. Ανακλαστική ιδιότητα με ένα σχήμα

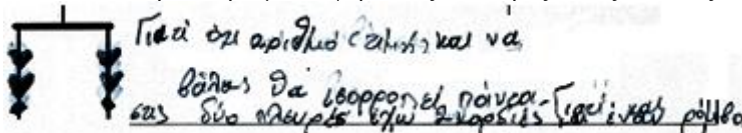


Μαθ.2216Α: Ισορροπεί πάντα γιατί το αστέρι υπάρχει και από τις δύο πλευρές της ζυγαριάς. Οπότε όποιο αριθμό και να δώσουμε στα αστέρια πάντα θα ισορροπούν

Εικόνα 4. Ανακλαστική ιδιότητα με περισσότερα από ένα ίδια σχήματα



Εικόνα 5. Ανακλαστική ιδιότητα με διαφορετικές οντότητες στους κλάδους

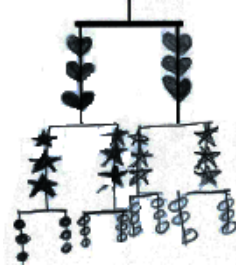


Μαθ.2111Κ: Γιατί ότι αριθμό (τιμή) και να βάλω θα ισορροπεί πάντα. Γιατί στις δύο πλευρές έχω δύο καρδιές και έναν ρόμβο.

Στο σημείο αυτό παραθέτουμε μια ακόμη κατασκευή (Εικ. 6) ως μια ενδιαφέρουσα περίπτωση όπου αποτυπώνεται μια γενικευμένη μορφή της ανακλαστικής ιδιότητας. Είναι προφανής στην κατασκευή η ιδέα ότι μπορώ να έχω ένα mobile που να ισορροπεί χωρίς να επηρεάζεται η ισορροπία του από το πλήθος των οντοτήτων που το αποτελούν, υπό μια προϋπόθεση: **Να συμπεριληφθούν ακριβώς οι ίδιες οντότητες και στους δύο κλάδους** (και μάλιστα στην περίπτωσή μας με την ίδια ακριβώς σειρά). Αυτού του είδους η κατανόηση δίνει τη δυνατότητα κατασκευής ενός mobile με οπτικά

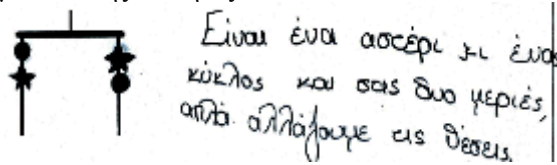
αυξημένη πολυπλοκότητα όπου ο κάθε νέος κλάδος μπορεί με τη σειρά του να επιμερίζεται σε περαιτέρω υποκλάδους αρκεί αυτή η διαδοχική δημιουργία κλάδων να σέβεται την παραπάνω αρχή της συμπερίληψης των ίδιων οντοτήτων με την ίδια σειρά.

Εικόνα 6: Γενικευμένη μορφή ανακλαστικής ιδιότητας



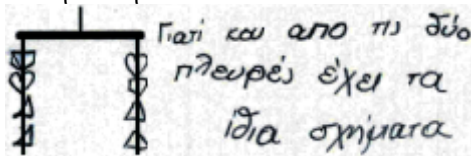
Δεύτερη κατηγορία: Αφορά κατασκευή mobiles που περιέχουν και στους δύο κλάδους τους, ακριβώς τα ίδια σχήματα όπως και παραπάνω, τοποθετημένα όμως με διαφορετική σειρά. Πρόκειται για κατασκευές mobiles που ισορροπούν πάντα λόγω της **αντιμεταθετικής ιδιότητας**. Η πιο απλή περίπτωση είναι αυτή που περιλαμβάνει δύο ίδια σχήματα σε κάθε κλάδο και είναι της μορφής $a+b=b+a$ (Εικ. 7).

Εικόνα 7: Χρήση αντιμεταθετικής ιδιότητας



Μαθ.2202Κ: Είναι ένα αστέρι και ένας κύκλος και στις δύο μεριές, απλά αλλάζουμε τις θέσεις

Εικόνα 8: Προσεταιριστική ιδιότητα



Τρίτη κατηγορία: Αφορά κατασκευές mobiles που έχουν περισσότερα από δύο σχήματα σε κάθε κλάδο. Ουσιαστικά αυτό που εξασφαλίζει την ισορροπία είναι η ύπαρξη πολλών προσθετών σε κάθε κλάδο (συνολικά των ίδιων όμως και στους δύο) και η βασική ιδέα είναι πως όταν έχω πολλούς προσθετέους, μπορώ να τους προσθέσω με όποια

σειρά θέλω χωρίς να αλλάξει το αποτέλεσμα. Ουσιαστικά μιλάμε για την **προσεταιριστική ιδιότητα** της πρόσθεσης. Στο παράδειγμα της Εικόνας 8, αν θεωρηθεί το πολύγωνο ως a , η καρδιά ως b , και το τρίγωνο ως c , η ισοδυναμία που αναπαριστά το Mobile της εικόνας είναι η $a+b+2c=b+a+2c$.

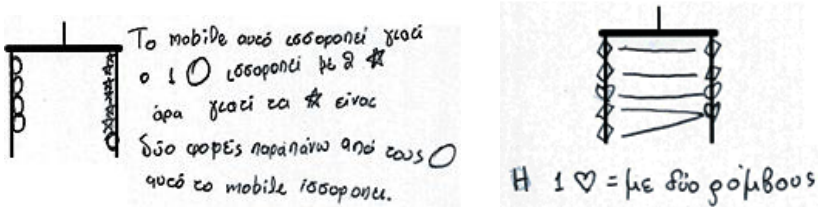
Τέταρτη κατηγορία: Περιλαμβάνει κατασκευές mobile από τους μαθητές που ενσωματώνουν την ανακλαστική, αντιμεταθετική ή προσεταιριστική ιδιότητα, όμως εδώ υπάρχει **επιπλέον μια σχέση** ανάμεσα σε δύο οντότητες του mobile η οποία ουσιαστικά εξασφαλίζει την ισορροπία του. Η σχέση αυτή αποδίδεται από τους μαθητές είτε **λεκτικά** είτε **συμβολικά**. Έτσι, στην Εικόνα 9 (αριστερά), θεωρώντας δεδομένη τη σχέση που συνδέει την καρδιά (a) με τον κύκλο (b), δηλαδή την $a=3b$ (1), είναι σίγουρο ότι το mobile πάντα θα ισορροπεί αφού αποτελεί αναπαράσταση της σχέσης $2a=6b$ η οποία είναι πάντα αληθής δεδομένης της (1). Στην ίδια εικόνα (δεξιά), η σχέση που δίνεται είναι ότι ένα πεντάγωνο (a) είναι ίσο με δύο τρίγωνα (b), δηλαδή, $a=2b$ (2), οπότε το mobile θα ισορροπεί πάντα αφού αναπαριστά τη σχέση $c+a= c+2b$. Η σχέση αυτή είναι προφανώς αληθής αφού βασίζεται στο γεγονός ότι αν έχω μια ισότητα -(2) στην περίπτωσή μας- αυτή εξακολουθεί να ισχύει εάν προσθέσω και στα δύο μέλη της τον ίδιο αριθμό (c), οπότε: αν $a=2b \Rightarrow c+a=c+2b$.

Εικόνα 9: Ιδιότητες συν μια επιπλέον σχέση



Λίγο πιο σύνθετη φαίνεται να είναι η περίπτωση της Εικόνας 10 (αριστερά). Εδώ η συνθήκη που δίνεται να ισχύει είναι ότι ένας κύκλος (a) είναι ίσος με 2 αστέρια (b), δηλαδή $a=2b$. Στη συνέχεια το mobile που κατασκευάζεται φαίνεται να αναπαριστά την πιο κάτω αλληλουχία ισοδυναμιών: $a=2b \Rightarrow 3a=6b \Rightarrow 3a+a=6b+a \Rightarrow 4a=6b+a$

Εικόνα 10: Ιδιότητες συν μια επιπλέον και πιο σύνθετη σχέση



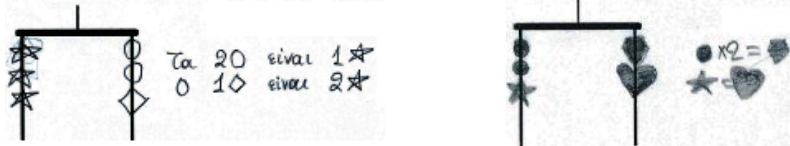
Η συγκεκριμένη κατασκευή κάνει χρήση λοιπόν αρχικά της ιδιότητας που λέει πώς αν πολλαπλασιάσω και τα δύο μέλη μιας ισότητας με τον ίδιο αριθμό η ισότητα

διατηρείται και κατόπιν, σε ένα δεύτερο επίπεδο, την ιδιότητα που λέει πως μπορώ να προσθέσω και στα δύο μέλη μιας ισότητας τον ίδιο αριθμό. Στην ίδια λογική κινείται και η κατασκευή του mobile στα δεξιά της εικόνας (a η καρδιά και b ο ρόμβος) όπου η αλληλουχία σχέσεων που αναπαριστά είναι: $a=2b \Rightarrow 4b+a = 2b+2b+a = 2b+a+a = 2b+2a$

Πέμπτη κατηγορία: Αυτή διαφοροποιείται από την προηγούμενη στο ότι οι κατασκευές των μαθητών περιλαμβάνουν περισσότερες από μία σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων προκειμένου να εξασφαλίσουν την ισορροπία του mobile (Εικ. 11). Στο αριστερό mobile, η μαθηματική κατάσταση που περιγράφεται είναι η εξής: Αν ένα αστέρι (a) είναι ίσο με δύο κύκλους (b), και ένας ρόμβος (c) είναι ίσος με δύο αστέρια, το mobile πάντα θα ισορροπεί, δηλ.:

$$\text{αν } \left. \begin{array}{l} a = 2b \\ 2a = c \end{array} \right\} \Rightarrow 3a = 2b + c$$

Εικόνα 11: Περισσότερες από μια σχέσεις



Με την ίδια λογική στο δεξί mobile περιγράφεται η εξής μαθηματική κατάσταση ισορροπίας: Αν ένα πεντάγωνο (b) είναι ίσο με δύο κύκλους (a) και η καρδιά (c) είναι ίση με το αστέρι (d), τότε το mobile πάντα θα ισορροπεί, δηλ.

$$\text{αν } \left. \begin{array}{l} 2a = b \\ c = d \end{array} \right\} \Rightarrow 2a + c = b + d$$

Έκτη κατηγορία: Χαρακτηρίζεται κυρίως από μια στρατηγική που ακολουθεί **δύο διακριτά βήματα**. Στο πρώτο βήμα επιλέγεται μια θεμελιώδης δομική μονάδα και εκφράζονται όλες οι οντότητες που θα εμπλακούν στη δημιουργία του mobile ως συνάρτηση αυτής της θεμελιώδους μονάδας. Στο δεύτερο βήμα επιλέγονται εκείνοι οι συνδυασμοί οντοτήτων σε κάθε κλάδο του mobile που εξασφαλίζουν το ίδιο άθροισμα δομικών μονάδων. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 12 (αριστ.), θεμελιώδης δομική μονάδα επιλέγεται να είναι το αστέρι (a), και οι υπόλοιπες οντότητες εκφράζονται μέσω αυτού. Έτσι, ένας κύκλος (b) είναι ίσος με δύο αστέρια και ένα πεντάγωνο (c) είναι ίσο με τρία αστέρια. Οπότε:

$$\text{αν } \left. \begin{array}{l} b = 2a \\ c = 3a \\ a = a \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 4b = 8a \\ c = 3a \\ a = a \end{array} \right\} \Rightarrow 4b + a + c = 8a + a + 3a = 12a$$

Εβδομη Κατηγορία: Το επόμενο παράδειγμα (Εικ. 12, δεξ.) το παρουσιάζουμε ως **ξεχωριστή κατηγορία** γιατί η επεξεργασία στην κατασκευή του mobile αξιοποιεί όχι μόνο τις αριθμητικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων που το αποτελούν αλλά και **σχέσεις**

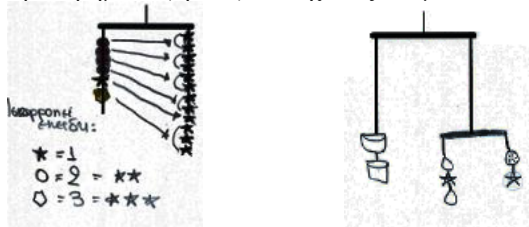
ανάμεσα σε υποκλάδους. Στη συγκεκριμένη κατασκευή ο ένας από τους κλάδους απαρτίζεται από δυο επιμέρους υποκλάδους που επίσης βρίσκονται σε ισορροπία και έτσι οι μαθηματικές σχέσεις που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη θα πρέπει να εξασφαλίζουν τόσο την επιμέρους όσο και την γενική ισορροπία. Έτσι αρχικά ο μαθητής εξασφαλίζει τη γενική ισορροπία:

Μαθ.2119Α: Αυτό το mobile πάντα θα ισορροπεί αν ξέρω ότι 1 κουβάς είναι ίσος με όσα έχει κάθε μια μπάρα από την άλλη.

Η συνθήκη αυτή λοιπόν του εξασφαλίζει τη γενική ισορροπία. Όμως στη συνέχεια ο μαθητής προχωρά ένα βήμα παραπέρα:

Μαθ.2119Α: Αφού έχει ένα αστεράκι η κάθε πλευρά είναι σαν τα αστεράκια να μην υπάρχουν. Αν λοιπόν γνωρίζω ότι δύο σταγόνες είναι ίσες με ένα cookie τότε το mobile θα ισορροπεί.

Εικόνα 12: Δύο διακριτά βήματα (αριστ.) και Σχέσεις ανάμεσα σε υποκλάδους (δεξ.)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση γρίφων δεν έχει ίσως αποκτήσει τη θέση που τους αναλογεί στη διδασκαλία των Μαθηματικών. Πολύ λίγες είναι οι αναφορές που μπορεί κανείς να βρει στη δυναμική της συμβολής τους στη διδασκαλία και τη μάθηση των Μαθηματικών. Με αφορμή την συστηματική μελέτη τους τα τελευταία χρόνια από τον Goldenberg και την ομάδα του επιχειρήθηκε μια πιο συστηματική καταγραφή της συμβολής ενός τέτοιου γρίφου στο πέρασμα από την αριθμητική στην αλγεβρική σκέψη. Σε αυτήν την εργασία (μέρος μιας ευρύτερης μελέτης) φάνηκε πως ο συγκεκριμένος γρίφος με το να αναπαριστά με τρόπο γραφικό σχέσεις ισοδυναμίας (μια εξίσωση ή ένα σύστημα εξισώσεων) οδηγεί αρχικά τους μαθητές στο να αναζητούν τη δομή της κάθε σχέσης (ή του συνόλου των σχέσεων) (Papadopoulos et al., 2016) ενώ στη συνέχεια προκειμένου να κατασκευάσουν τα δικά τους mobile, η αίσθηση της δομής που έχουν αναπτύξει, προσδιορίζει τις σχεδιαστικές τους αρχές. Ταυτόχρονα, καθώς σχεδιάζουν τα mobile, εμπλέκουν μια σειρά από άτυπες μαθηματικές γνώσεις στις οποίες θα εισαχθούν και τυπικά σε μεταγενέστερη φάση της σχολικής τους ζωής. Οι μαθητές προσθέτουν τον ίδιο αριθμό στα δύο μέλη μιας ισότητας, εμπλέκουν μια σειρά από ιδιότητες που σχετίζονται με τις ισοδυναμίες (ανακλαστική) ή την πράξη της πρόσθεσης (αντιμεταθετική, προσεταιριστική) καθιστώντας έτσι τις παραπάνω κατασκευές ως ένα παράθυρο στο πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές το γεγονός της ισορροπίας ενός mobile.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baroody, A.J.: 1989, ‘Manipulatives don’t come with guarantees’, *Arithmetic Teacher*, 37(2), 4–5
- Blanton, M. L., & Kaput, J. J. (2005). Characterizing a classroom practice that promotes algebraic reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 36, 412–446.
- Goldenberg, E.P., Mark, J., & Cuoco, P. (2010). An algebraic-habits-of-mind perspective on elementary school. *Teaching Children Mathematics*, 6(9), 548-556.
- Goldenberg, E.P., Mark, J., Kang, J., Fries, M., Carter, C., & Cordner, T. (2015). *Making sense of algebra*. Portsmouth, NH: Heinemann
- Mason, J. (1996). Expressing generality and roots of algebra. In N. Bednarz, C. Kieran, & L. Lee (Eds.), *Approaches to algebra: Perspectives for research and teaching* (pp. 65-86). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer
- Mayring, P. (2014). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In A. Bikner-Ahsbahr, C. Knipping, & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to qualitative research in Mathematics education* (pp. 365-380). Springer
- Moss, J., & McNab, S. L. (2011). An approach to geometric and numeric patterning that fosters second grade students’ reasoning and generalizing about functions and co-variation. In J. Cai & E. Knuth (Eds.), *Early algebraization: A global dialogue from multiple perspectives* (pp. 277–301). Heidelberg, Germany: Springer.
- Mulligan, J., Cavanagh, M., & Keanan-Brown, D. (2012). The Role of algebra and early algebraic reasoning in the Australian curriculum: mathematics. In B. Atweh, M. Goos, R. Jorgensen & D. Siemon, (Eds.). (2012). *Engaging the Australian National Curriculum: Mathematics – Perspectives from the Field*. Online Publication: Mathematics Education Research Group of Australasia pp. 47-70
- Papadopoulou, I., Kindini, T., & Tsakalaki, X. (2016). Using mobile puzzles to develop algebraic thinking. In *Proceedings of 40th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (to appear), Szeged, Hungary: PME
- Papic, M. M., Mulligan, J. T., & Mitchelmore, M. C. (2011). Assessing the development of preschoolers’ mathematical patterning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 42(3), 237–268.
- Raphael, D., & Wahlstrom, M. (1989). The influence of instructional aids on mathematics achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(2), 173-190
- Warren, E. (2003). The role of arithmetic structure in the transition from arithmetic to algebra. *Mathematics Education Research Journal*, 15(2), 122-137.
- Smith, S., & Backman, C. (1975). *Games and Puzzles for Elementary and Middle School Mathematics. Reading from the Arithmetic Teacher*. NCTM.
- Michalewicz, Z., & Michalewicz, M. (2008). *Puzzle based learning. An introduction to critical thinking, mathematics, and problem solving*. Hybrid Publishers, Melbourne.

Δοκίμιο Αξιολόγησης Ικανοτήτων Μαθηματικής Μοντελοποίησης για μαθητές του Δημοτικού: Οικοδόμηση και Εγκυροποίηση

Γιάννης Χαραλάμπους¹ & Ρίτα Παναούρα²

¹ Πανεπιστήμιο Frederick, Διδακτορικός Φοιτητής, yianch@cytanet.com.cy

² Πανεπιστήμιο Frederick, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, pre.pm@frederick.ac.cy

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την παρουσίαση ενός δοκιμίου αξιολόγησης της ικανότητας στη μοντελοποίηση μαθηματικού προβλήματος μαθητών δημοτικού. Παρουσιάζεται η διαδικασία εγκυροποίησης του εργαλείου που αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε σε 297 μαθητές Στ' τάξης δημοτικού. Ο βαθμός αξιοπιστίας του δοκιμίου, ο μέσος όρος των μαθητών στο δοκίμιο και ο έλεγχος του βαθμός δυσκολίας δείχνουν ότι η κλίμακα που αναπτύχθηκε έχει πολύ καλές ψυχομετρικές ιδιότητες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά στη έρευνα που αναπτύσσεται διεθνώς και αφορά στη μαθηματική μοντελοποίηση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μαθηματική μοντελοποίηση, δοκίμιο αξιολόγησης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Confrey και Maloney (2007) περιγράφουν την μαθηματική μοντελοποίηση ως τη διαδικασία όπου απαντάται μια απροσδιόριστη κατάσταση, το άτομο την μετατρέπει σε πρόβλημα, χρησιμοποιεί την έρευνα, αιτιολόγηση και τις μαθηματικές δομές για να μπορέσει να μετασχηματίσει την κατάσταση. Η μοντελοποίηση παράγει ένα προϊόν, ένα μοντέλο, το οποίο είναι μια περιγραφή ή μια αναπαράσταση της κατάστασης, που προέρχεται από τις μαθηματικές επιστήμες, σε σχέση με τις εμπειρίες του ατόμου, το οποίο άτομο έχει ενδεχομένως αλλάξει μέσα από τις διαδικασίες μοντελοποίησης.

Η μαθηματική μοντελοποίηση παρέχει μεθόδους για ανάλυση δεδομένων, σχηματισμό θεωριών (οι οποίες συχνά εκφράζονται με συμβολικούς μαθηματικούς τύπους) και αξιολόγηση αυτών των θεωριών, καθώς επίσης συμβάλλει στην οριοθέτηση διαδικασιών επίλυσης προβλήματος (Sokolowski, 2015). Τα πιο ισχυρά επιχειρήματα για τη μοντελοποίηση βασίζονται στην άποψη ότι είναι επωφελής στην ανάπτυξη της σκέψης των μαθητών, η οποία επιτυγχάνεται με τη μετατόπιση της εστίασης της μάθησης, από την εύρεση μοναδικών λύσεων, στην ενίσχυση των ικανοτήτων ανάπτυξης γενικών

διαδικασιών λύσης με τον μετασχηματισμό και ερμηνεία των πληροφοριών, κατασκευή μοντέλων και εγκυροποίηση των μοντέλων (Confrey, 2007). *Ικανότητα μαθηματικής μοντελοποίησης* ορίζεται ως η εσωτερική ετοιμότητα ενός ατόμου, να φέρει εις πέρας όλες τις πτυχές της διαδικασίας μαθηματικής μοντελοποίησης σε ένα ορισμένο περιεχόμενο και να αναστοχάζεται τη διαδικασία μοντελοποίησης και τη χρησιμότητα του μοντέλου (Blomhøj & Kjeldsen, 2011).

Παρόλο που η μοντελοποίηση στα Μαθηματικά έχει συνδεθεί κυρίως με τα επίπεδα της Ανώτερης Δευτεροβάθμιας (Λύκειο) και της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Greer, Verschaffel & Mukhopadhyay, 2007), πρόσφατες έρευνες κατέδειξαν πως οι μαθητές επιπέδου Πρωτοβάθμιας και Κατώτερης Δευτεροβάθμιας (English, 2006; English & Watters, 2005) μπορούν να εργαστούν αποτελεσματικά με δραστηριότητες μοντελοποίησης. Έτσι το αυξανόμενο ενδιαφέρον για το επίπεδο της Πρωτοβάθμιας, δημιουργεί και την ανάγκη ύπαρξης αξιόπιστων δοκιμίων αξιολόγησης της ικανότητας μαθηματικής μοντελοποίησης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Λύση προβλήματος και τύποι προβλημάτων

Σε σχέση με την οικοδόμηση αξιολογήσεων που αφορούν τη λύση προβλήματος, ο Mayer (1992) τονίζει πως: (α) απαιτείται ο λύτης να εμπλακεί με ανώτερες νοητικές, γνωστικές διαδικασίες, με στόχο να φθάσει σε ρεαλιστικές λύσεις, με αυθεντικά έργα που απαιτούν συνδυασμό ικανοτήτων, και (β) φέρνουν τον αξιολογούμενο αντιμέτωπο με προβλήματα διαδικασίας, τα οποία απαιτούν από το μαθητή να ανακαλύψει μια νέα στρατηγική λύσης.

Υπάρχουν στη βιβλιογραφία πολλοί ορισμοί για τη λύση προβλήματος. Ένας ευρέως αποδεκτός ορισμός ορίζει τη λύση προβλήματος ως τη γνωστική διαδικασία που είναι εστιασμένη στη μετατροπή μια δεδομένης κατάστασης σε στοχευμένη κατάσταση, όπου δεν υπάρχει μια φανερά διαθέσιμη μέθοδος λύσης (Mayer & Wittrock 2006).

Για τις ανάγκες οικοδόμησης του δοκιμίου αξιολόγησης, χρησιμοποιήθηκαν τρεις τύποι προβλημάτων, που αξιολογούν αντίστοιχα τρεις ευρείς τομείς επίλυσης προβλήματος. Οι τρεις τύποι είναι: (α) λήψη απόφασης, (β) ανάλυση συστήματος και σχεδιασμός και (γ) αντιμετώπιση προβληματικής κατάστασης. Σύμφωνα με τον OECD (2003) αυτοί οι τρεις τύποι προβλήματος παρέχουν τις γενικές δομές, με τις οποίες οι διαδικασίες λύσης προβλήματος μπορούν να αξιολογηθούν.

Τα έργα *λήψη απόφασης* φέρνουν τους μαθητές αντιμέτωπους με μια κατάσταση, στην οποία πρέπει να πάρουν μια απόφαση και πρέπει να διαλέξουν ανάμεσα σε εναλλακτικές λύσεις, σε ένα πλαίσιο που το καθορίζουν κάποιες περιοριστικές συνθήκες. Οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν την κατάσταση που προβάλλει μπροστά τους, να αναγνωρίσουν τους περιορισμούς, πιθανότατα να ερμηνεύσουν τον τρόπο που παρουσιάζονται οι πληροφορίες, να πάρουν μια απόφαση με βάση τις εναλλακτικές επιλογές υπό τους περιορισμούς του τίθενται, να ελέγξουν και να αξιολογήσουν την απόφασή τους και ακολούθως να παρουσιάσουν και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους (OECD, 2004). Συνήθως οι μαθητές έχουν να επιλέξουν, να συνδυάσουν, να συσχετίσουν και να συγκρίνουν πληροφορίες. Ο βαθμός δυσκολίας στα προβλήματα

λήψης απόφασης, εξαρτάται από δυο παράγοντες: α) τον αριθμό των περιορισμών που πρέπει να λάβουν υπόψη τους και β) το σύνολο των αναδομήσεων που έχουν να κάνουν επιλέγοντας και χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες στην προσπάθειά τους να φτάσουν στη λύση (OECD, 2003).

Ένα πρόβλημα *ανάλυσης συστήματος και σχεδιασμού* συνήθως απαιτεί αναγνώριση των συσχετιζόμενων μεταβλητών και εύρεση του τρόπου με τον οποίο αλληλεπιδρούν. Σε ένα τέτοιο σκηνικό, οι μαθητές πρέπει να είναι ικανοί να αναλύουν πολύπλοκες καταστάσεις και να καθορίζουν τις σχέσεις που ορίζουν το σύστημα, ή να σχεδιάζουν ένα σύστημα που ικανοποιεί τις δεδομένες σχέσεις και να πετυχαίνει τους σχετικούς στόχους. Η ικανότητα της αξιολόγησης, αιτιολόγησης και παρουσίασης της λύσης είναι επίσης ένα σημαντικό κομμάτι της όλης διαδικασίας (OECD, 2003).

Αυτός ο τύπος προβλήματος διαφέρει από το τύπο *λήψη απόφασης*, σε δυο σημαντικά σημεία: α) οι μαθητές πρέπει να αναλύσουν ή να σχεδιάσουν ένα σύστημα, αντί να επιλέξουν την κατάλληλη λύση και β) η δεδομένη κατάσταση αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα από αλληλοσχετιζόμενες μεταβλητές, η λύση δεν είναι φανερή, αλλά ούτε και μοναδική.

Ο τρίτος τύπος προβλήματος, *αντιμετώπιση προβληματικής κατάστασης*, απαιτεί οι μαθητές να κατανοήσουν τα κύρια χαρακτηριστικά ενός συστήματος και να διαγνώσουν το λάθος, τη δυσλειτουργία ή μη χαμηλή αποδοτικότητα ενός συστήματος ή μηχανισμού. Ο έλεγχος της λύσης, η αιτιολόγηση και η παρουσίαση της είναι και πάλι απαραίτητα στοιχεία της όλης διαδικασίας (OECD, 2004). Κατ' αυτό τον τρόπο η *αντιμετώπιση προβληματικής κατάστασης* διαφέρει από τους δυο προαναφερθέντες τύπους προβλημάτων, αφού δεν έχει να κάνει ούτε με την επιλογή της καλύτερης λύσης ανάμεσα στις δυνατές, αλλά ούτε και με το σχεδιασμό ενός συστήματος, που να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η οικοδόμηση και η εγκυροποίηση ενός δοκιμίου αξιολόγησης ικανοτήτων μαθηματικής μοντελοποίησης για μαθητές δημοτικού. Στη συνέχεια της εργασίας παρουσιάζεται η όλη διαδικασία οικοδόμησης και εγκυροποίησης που ακολουθήθηκε.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την οικοδόμηση των τεσσάρων ισοδύναμων δοκιμίων, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά εννέα έργα, τρία από κάθε τύπο. Όλα τα έργα μεταφράστηκαν από την αγγλική γλώσσα στην ελληνική (OECD, 2003, 2012 και Mousoulides, 2007 – 5, 1 και 3 έργα αντίστοιχα). Έγινε προσπάθεια να γίνει όσο πιο πιστή μετάφραση. Κατά την μετάφραση έγινε απλοποίηση του λεξιλογίου, όπου ήταν απαραίτητο, για να απαλειφθούν πιθανές δυσκολίες κατανόησης, με γνώμονα πάντοτε τη διατήρηση του νοήματος και περιεχομένου της κάθε πρότασης.

Στη συνέχεια έπρεπε να διασφαλιστεί η εγκυρότητα της μετάφρασης. Για το λόγο αυτό στάλθηκε σε ειδικό από τον οποίο ζητήθηκε η γνώμη του, σχετικά με τη συνολική μετάφραση, αλλά και για κάποια σημεία που προβλημάτιζαν κάπως τον ερευνητή. Συγκεκριμένα στάλθηκαν στον ειδικό τα πρωτότυπα, σε αγγλική γλώσσα,

έργα, και από κάτω σε αντιπαραβολή η μετάφραση στην ελληνική γλώσσα. Ο ειδικός έκανε μερικές διορθώσεις και εισηγήσεις που υιοθετήθηκαν από τον ερευνητή.

Ακολούθως, τα έργα δόθηκαν σε έναν δεύτερο άτομο για να κάνει αντίστροφη μετάφραση, από τα ελληνικά στα αγγλικά. Το μεταφρασμένο από τα ελληνικά στα αγγλικά έργα, δεν απείχαν ιδιαίτερα από το αρχικά, έτσι θεωρήθηκαν ότι είναι έτοιμα να χρησιμοποιηθούν.

Προσαρμογή των έργων

Επειδή τα έργα αυτά πάρθηκαν από δοκίμια αξιολόγησης που οικοδομήθηκαν και χορηγήθηκαν κυρίως σε μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας, κρίθηκε απαραίτητο και λογικό να προσαρμοστούν ανάλογα, έτσι ο βαθμός δυσκολίας των δοκιμίων που θα δημιουργούνταν να συνάδει με τις ικανότητες των μαθητών των μεγάλων τάξεων του δημοτικού σχολείου. Κατά συνέπεια, τα περισσότερα από τα έργα έτυχαν περιορισμένων ή και αρκετών, τροποποιήσεων και προσαρμογών, σε σχέση με τρεις τομείς: α) Έκταση (αριθμός ερωτημάτων) β) Λεκτικό – διατύπωση ερωτημάτων γ) Συγκεκριμένο. Έγιναν τροποποιήσεις ώστε ένα έργο να είναι εγγύτερα τόσο στις καταστάσεις της πραγματικής ζωής μαθητών της συγκεκριμένης ηλικίας, όσο και στην πραγματικότητα της καθημερινής ζωής στην Κύπρο.

Είναι σημαντικό να λεχθεί ότι, οι οποιοσδήποτε αλλαγές, σε καμιά περίπτωση δεν αλλοίωσαν τη δομή των έργων. Για παράδειγμα, στο έργο «Σχεδιασμός μαθήματος χορών» (ανάλυση συστήματος και σχεδιασμός, Διάγραμμα 1), σε μια πιστή μετάφραση, το πλαίσιο, το συγκεκριμένο θα αφορούσε τριετή σχεδιασμό μαθήματος κολλεγιακού επιπέδου, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1

Αρ.	Κωδικός	Μάθημα και επίπεδο μαθήματος
1	M1	Μηχανολογία – Επίπεδο 1
2	M2	Μηχανολογία – Επίπεδο 2
3	H1	Ηλεκτρολογία – Επίπεδο 1
4	H2	Ηλεκτρολογία – Επίπεδο 2
5	ΔΕ1	Διοίκηση Επιχειρήσεων – Επίπεδο 1
6	ΔΕ2	Διοίκηση Επιχειρήσεων – Επίπεδο 2
7	ΔΕ3	Διοίκηση Επιχειρήσεων – Επίπεδο 3
8	ΤΠ1	Τεχνολογία και Πληροφορική – Επίπεδο 1
9	ΤΠ2	Τεχνολογία και Πληροφορική – Επίπεδο 2

Το έργο σε ένα τέτοιο πλαίσιο, θα ήταν μακριά από την καθημερινότητα και τα ενδιαφέροντα των μαθητών ηλικίας Ε΄και ΣΤ΄ τάξης δημοτικού, άρα δεν θα ήταν κατάλληλο ως έχει. Λογικά λοιπόν, έγινε αλλαγή του συγκεκριμένου του έργου, χωρίς βέβαια να αλλάξει καθόλου η δομή του. Έτσι δόθηκε στο έργο ένα καινούριο πλαίσιο, σχεδιασμός μαθημάτων σε μια σχολή χορού, το οποίο είναι κοντά στα ενδιαφέροντα και στην πραγματικότητα της ηλικίας των μαθητών που απευθύνεται το δοκίμιο, καθώς

αρκετά παιδιά στην Κύπρο ασχολούνται με χορό κατά τις ελεύθερες τους ώρες μετά το σχολείο. Γενικά είναι μια δραστηριότητα που είτε ασχολούνται οι ίδιοι είτε κάποιος/α πρόσωπο/α του περιβάλλοντός τους (αδέλφια, γονείς, φίλοι ή συμμαθητές).

Η όλη διαδικασία της προσαρμογής έγινε από τον ερευνητή σε συνεργασία με δυο ειδικούς στο γνωστικό αντικείμενο των Μαθηματικών, έτσι ώστε να διασφαλιστεί η εγκυρότητα της δομής και του περιεχομένου των έργων.

Διάγραμμα 1: Έργο « Σχεδιασμός μαθημάτων χορού»

4. Μια σχολή χορού προσφέρει τα ακόλουθα 9 μαθήματα, για το πρόγραμμά της που διαρκεί 3 χρόνια. Το κάθε μάθημα μπορεί να διδάχτει σε ένα χρόνο.

Αρ.	Μάθημα και Επίπεδο Μαθήματος
1	Κυπριακοί – Επίπεδο 1
2	Κυπριακοί – Επίπεδο 2
3	Ελληνικοί – Επίπεδο 1
4	Ελληνικοί – Επίπεδο 2
5	Ελληνικοί – Επίπεδο 3
6	Μοντέρνοι – Επίπεδο 1
7	Μοντέρνοι – Επίπεδο 2
8	Λάτιν – Επίπεδο 1
9	Λάτιν – Επίπεδο 2

Ο κάθε φοιτητής μπορεί να πάρει 3 μαθήματα κάθε χρόνο, έτσι ώστε να συμπληρώσει τα 3 χρόνια του προγράμματος της σχολής.

Κανονισμοί

- Ένας φοιτητής μπορεί να πάρει ένα μάθημα του επιπέδου 2 ή 3, μόνο αν έχει ήδη ολοκληρώσει το/α κατώτερο/α επίπεδο/α του μαθήματος του προηγούμενου χρόνου. Για να πάρει το **Ελληνικά 2** πρέπει να έχει τελειώσει το **Ελληνικά 1** του προηγούμενου χρόνου.
- Ένας φοιτητής μπορεί να πάρει το μάθημα **Λάτιν – Επίπεδο 1**, αν έχει ήδη ολοκληρώσει το μάθημα **Μοντέρνοι – Επίπεδο 1**.
- Ένας φοιτητής μπορεί να πάρει το μάθημα **Λάτιν – Επίπεδο 2**, αν έχει ήδη ολοκληρώσει το μάθημα **Μοντέρνοι – Επίπεδο 2**.

Με ποια σειρά μπορεί η σχολή να προσφέρει τα μαθήματα, έτσι ώστε ένας φοιτητής να τελειώσει σε τρία χρόνια;

Δώσε την απάντησή σου, συμπληρώνοντας τον πίνακα πιο κάτω (μην ξεχάσεις να γράψεις το μάθημα και το επίπεδό του).

	Μάθημα	Μάθημα	Μάθημα
1 ^{ος} χρόνος			
2 ^{ος} χρόνος			
3 ^{ος} χρόνος			

Δομή του δοκιμίου αξιολόγησης – Κατασκευή παραλλαγών

Το κάθε δοκίμιο αξιολόγησης ικανοτήτων μαθηματικής μοντελοποίησης αποτελείται από έξι προβλήματα, δυο από κάθε τύπο (*λήψη απόφασης, ανάλυση συστήματος και σχεδιασμός*

και αντιμετώπιση προβληματικής κατάστασης), έτσι ώστε να αξιολογούνται ισοδύναμα οι διαδικασίες.

Για να οικοδομηθούν οι τέσσερις παραλλαγές δημιουργήθηκε αρχικά μια βάση. Αυτή αποτελείται από τρία σκόπιμα επιλεγμένα έργα, ένα από κάθε είδος. Αυτή η βάση είναι κοινή και στις τέσσερις παραλλαγές του δοκιμίου. Το κάθε δοκίμιο συμπληρώνεται από τα υπόλοιπα έργα, ώστε να γίνουν έξι τα έργα. Στο σχηματισμό της κάθε εξάδας (άρα δοκίμιο), τηρήθηκαν κανόνες:

- Κάθε παραλλαγή δοκιμίου, είχε δυο προβλήματα από κάθε τύπο.
- Εκτός απ'τα τρία κοινά έργα, τα υπόλοιπα χρησιμοποιήθηκαν ισάριθμες φορές.
- Η σειρά παρουσίασης του κάθε έργου άλλαζε κυκλικά.

Τα έξι έργα που δεν είναι κοινά, χρησιμοποιήθηκαν από δυο φορές για να δώσουν τέσσερις τριάδες, οι οποίες συμπλήρωναν τη βάση για να δώσουν τις τέσσερις παραλλαγές του δοκιμίου αξιολόγησης.

Τα τρία κοινά έργα παρουσιάζονται πάντοτε πρώτα σε κάθε δοκίμιο και εναλλάσσονται κυκλικά στις θέσεις 1, 2 και 3 (1,2,3 ή 2,3,1 ή 3,1, 2). Τα άλλα έξι εμφανίζονται στις θέσεις 4, 5 και 6. Για παράδειγμα το έργο «Διακοπές» στο δοκίμιο Α εμφανίζεται 6^ο στη σειρά, αλλά στο δοκίμιο Δ, 4^ο στη σειρά.

Ως κοινά έργα επιλέχθηκαν το «Θερμίδες που καίει» (λήψη απόφασης), το «Παιδική κατασκήνωση» (ανάλυση συστήματος ή σχεδιασμός) και το «Διακλάδωση νερού» (αντιμετώπιση προβληματικής κατάστασης). Η σκοπιμότητα πίσω από την επιλογή των συγκεκριμένων έργων, είναι ότι, επειδή ως γενική αποτίμηση, τα δοκίμια έχουν ψηλό βαθμό δυσκολίας, η έρευνα θέλει κατά τη χορήγηση του κάθε δοκιμίου, οι μαθητές να έρχονται αντιμέτωποι αρχικά με προσιτά έργα και να μην αποθαρρύνονται ή να απογοητεύονται. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 2 (είναι τα έργα με αριθμό 1, το μικρότερο βαθμό δυσκολίας, 2, χαμηλό βαθμό δυσκολίας και 3, μέτριο βαθμό δυσκολίας), τα τρία κοινά έργα είναι στο σύνολο τους αρκετά προσιτά.

Πιλοτική χορήγηση

Έγινε μια πρώτη πιλοτική χορήγηση σε ένα τμήμα ΣΤ' τάξης με 18 μαθητές στις αρχές του Μάη 2015. Κατά τη συμπλήρωση οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να ρωτήσουν τυχόν απορίες ή να ζητήσουν διευκρινήσεις σε λογικά πλαίσια. Μέσα από τη χορήγηση διαφάνηκε ότι υπήρχαν κάποια σημεία που τους δυσκόλευαν, κυρίως στο έργο «Σχεδιασμός μαθήματος χορού», αλλά και κάποια άλλα μικρότερης σημασίας στα έργα «Διακοπές» και «Ενέργεια που χρειάζεται». Οι περισσότεροι μαθητές, 17 από τους 18, ολοκλήρωσαν το δοκίμιο στο χρονικό διάστημα μεταξύ 50 – 62 λεπτών με μέσο όρο τα 55 λεπτά.

Την επόμενη μέρα της χορήγησης του δοκιμίου, ο ερευνητής συζήτησε και έλυσε με τους μαθητές που έλαβαν μέρος στην πιλοτική χορήγηση του δοκιμίου, όλα τα έργα. Έτσι ο ερευνητής είχε την ευκαιρία να εντοπίσει και να καταγράψει με περισσότερη σαφήνεια τα σημεία που προκαλούσαν σύγχυση και μεγάλες δυσκολίες κατανόησης στους μαθητές. Για παράδειγμα, καταδείχτηκε στο έργο «Σχεδιασμός μαθήματος χορού», ότι οι σύνθετες ονομασίες των μαθημάτων χορού μπέρδευαν κάποιους μαθητές. Κατά

συνέπεια, ο ερευνητής άλλαξε κάπως τα μαθήματα προσπαθώντας να είναι πιο απλή και ξεκάθαρη η διάκριση μεταξύ τους. Παράλληλα προχώρησε και σε κάποιες αλλαγές κυρίως, διατύπωσης και χωρικές, έτσι ώστε να απαλειφθούν όσα σημεία δημιουργούσαν ασάφεια ή σύγχυση.

Μία βδομάδα αργότερα, αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία βελτίωσης του δοκιμίου, έγινε μία δεύτερη χορήγηση σε άλλο τμήμα ΣΤ΄ τάξης με 19 μαθητές. Η δεύτερη πιλοτική χορήγηση κατέδειξε ότι οι βελτιωτικές κινήσεις ήταν αποτελεσματικές καθώς κύλησε πολύ ομαλά. Διαφάνηκε ότι το δοκίμιο ήταν πλέον έτοιμο για να δοθεί σε μεγαλύτερο δείγμα. Ο μέσος όρος του χρόνου ολοκλήρωσης του δοκιμίου αυτή τη φορά ήταν 52 λεπτά. Μέσα από τη διαδικασία των δυο χορηγήσεων εξήχθηκε το συμπέρασμα ότι ένα χρονικό διάστημα κοντά στα 60 λεπτά θα ήταν αρκετό, για την ολοκλήρωση του δοκιμίου από τους μαθητές που θα αποτελούσαν το κανονικό δείγμα.

Δείγμα

Στη διαδικασία εγκυροποίησης του δοκιμίου αξιολόγησης ικανοτήτων μαθηματικής μοντελοποίησης συμμετείχαν 297 μαθητές ΣΤ΄ τάξης. Έγινε δειγματοληψία συστάδων και συμμετείχαν μαθητές από δέκα διαφορετικά σχολεία των πόλεων Λεμεσού και Πάφου. Η συμπλήρωση του δοκιμίου έγινε σε χρόνο του μαθήματος των Μαθηματικών, ως να ήταν μέρος του κανονικού προγράμματος του μαθήματος.

Ανάλυση δεδομένων

Για να εξεταστούν οι ψυχομετρικές ιδιότητες του δοκιμίου αξιολόγησης ικανοτήτων μαθηματικής μοντελοποίησης μαθητών δημοτικού σχολείου, χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα της Σύγχρονης Θεωρίας Μέτρησης (Item Response Theory, [IRT]), και ειδικότερα το Λογιστικό Μοντέλο του Rasch (Extended Rasch model, Andrich, 1988).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο Πίνακας 2 παρέχει πληροφορίες σχετικά με την εγκυροποίηση του δοκιμίου με βάση τις απαντήσεις των 294 μαθητών ΣΤ΄ τάξης στα 9 έργα του δοκιμίου. Διάφορα κριτήρια θεωρήθηκαν έτσι ώστε να αξιολογηθεί το δοκίμιο που αναπτύχθηκε. Αρχικά, όσον αφορά στα έργα βρέθηκε να έχουν ένα πολύ καλό βαθμό αξιοπιστίας ($r = 0.86$), ενώ ο βαθμός αξιοπιστίας των ατόμων είναι οριακά αποδεκτός ($r = 0.66$), λαμβάνοντας υπόψη και το μέγεθος του δείγματος. Οι μέσοι όροι στο τετράγωνο (mean square) των infit/outfit είναι κοντά στο 1, και των infit/outfit t 's είναι κοντά στο 0, γεγονός που εισηγείται την καλή προσαρμογή των δεδομένων στην κλίμακα που αναπτύχθηκε (Adams & Khoo, 1996). Είναι αξιοπρόσεκτο ότι ο μέσος όρος της ικανότητας των μαθητών ($M = -0.45$, $SD = 0.91$) υποδηλώνει ότι το δοκίμιο ήταν σχετικά δύσκολο για τους μαθητές, όπως ήταν αναμενόμενο, καθώς οι συμμετέχοντες δεν ήταν εξοικωμένοι με τέτοιας μορφής προβλήματα.

Πίνακας 2: Παραμετρικά στατιστικά έργων και μαθητών, με βάση την κλίμακα που αναπτύχθηκε

Παραμετρικές στατιστικά		Μαθητές (N=294)
Μέσος όρος	(έργα)	0.00
	(μαθητές)	-0.45
Τυπική απόκλιση	(έργα)	0.92
	(μαθητές)	0.91
Αξιοπιστία	(έργα)	0.86
	(μαθητές)	0.66
Infit mean square	(έργα)	0.99
	(μαθητές)	0.99
Outfit mean square	(έργα)	0.97
	(μαθητές)	0.98
Infit t	(έργα)	0.01
	(μαθητές)	0.04
Outfit t	(έργα)	-0.10
	(μαθητές)	0.12

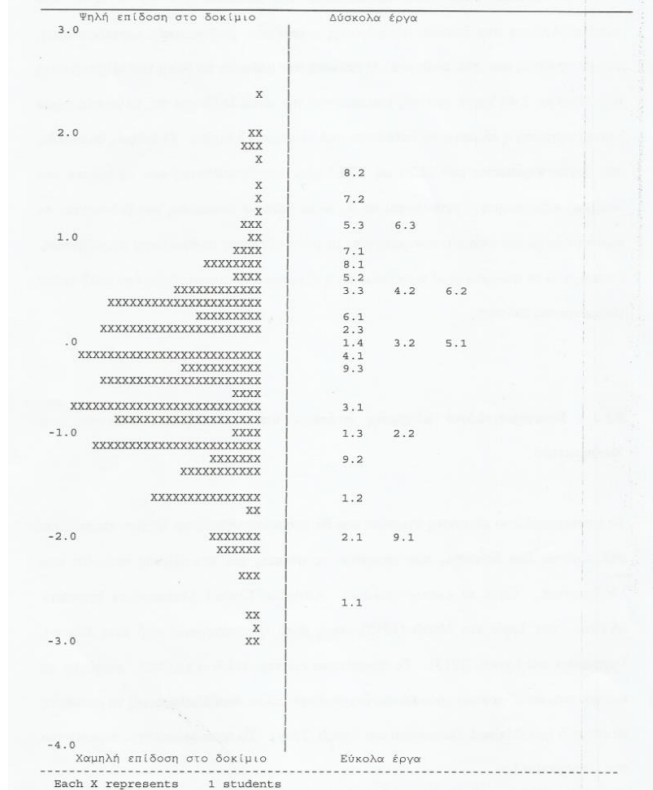
Το Διάγραμμα 2 παρουσιάζει την κλίμακα για τα 9 έργα που περιλαμβάνονται στο δοκίμιο αξιολόγησης ικανοτήτων μαθηματικής μοντελοποίησης και την επίδοση των 294 μαθητών. Η επίδοση των μαθητών με βάση την κλίμακα αυτή κυμαίνεται από -3.00 ως 2.40 logits, γεγονός που ενισχύει την καταλληλότητα της κλίμακας, αφού κανείς αναμένει η κλίμακα να εκτείνεται από -3 μέχρι +3 logits. Με άλλα λόγια, το εργαλείο που αναπτύχθηκε καλύπτει ένα εύρος επιδόσεων, κάτι που είναι αναγκαίο για την ανάπτυξη δοκιμίων αξιολόγησης των ικανοτήτων των μαθητών. Ο βαθμός δυσκολίας των έργων κυμαίνεται από -2.70 ως 1.70 logits, καταδεικνύοντας πως τα όργανα του δοκιμίου αξιολόγησης εκτείνονται σε διάφορα επίπεδα δυσκολίας και βρίσκονται σε αντιστοιχία με την επίδοση των μαθητών, με μόνη εξαίρεση το άνω άκρο της κλίμακας. Συγκεκριμένα, η κλίμακα θα μπορούσε να βελτιωθεί με τη συμπερίληψη μερικών πιο δύσκολων έργων, ώστε ο βαθμός δυσκολίας τους να εκτείνεται και μέχρι τα 2.40 logits που αντιστοιχούν στην υψηλότερη επίδοση των μαθητών. Γενικά, από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι η κλίμακα που αναπτύχθηκε έχει πολύ καλές ψυχομετρικές ιδιότητες.

ΣΥΜΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μαθηματική μοντελοποίηση αποτελεί μια πλούσια εναλλακτική προοπτική στη λύση προβλήματος, που μεταχειρίζεται τη λύση προβλήματος ως αναπόσπαστο κομμάτι στην ανάπτυξη της κατανόησης οποιασδήποτε μαθηματικής έννοιας και διαδικασίας (Lesh & Zawojewski 2007). Κάποιοι ερευνητές του χώρου, θεωρούν την μαθηματική μοντελοποίηση, ως τη λύση προβλήματος για τον 21^ο αιώνα. Όντας μια σχετικά καινούρια περιοχή, παρουσιάζει έλλειψη εργαλείων μέτρησης, ιδιαίτερα σε σχέση με την δημοτική εκπαίδευση, όπως τεκμηριώνεται από τη βιβλιογραφία (π.χ. μετα-ανάλυση του

Sokolowski, 2015). Το δοκίμιο χαρακτηρίζεται από μια ολιστική προσέγγιση, αφού μεταχειρίζεται τις ικανότητες ως ολότητα. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, η εργασία αυτή αποκτά μεγάλη σημαντικότητα, καθώς έρχεται να συνεισφέρει ένα αξιόπιστο δοκίμιο αξιολόγησης ικανοτήτων μαθηματικής μοντελοποίησης, για μαθητές δημοτικού, σε τέσσερις παραλλαγές.

Διάγραμμα 2: Κλίμακα έργων και μαθητών με βάση την κλίμακα που αναπτύχθηκε



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adams, R. J. & Khoo, S. T. (1996). *QUEST: The interactive test analysis system*. Melbourne, Australia: The Australian Council for Educational Research Ltd.

Blomhøj, M., & Kjeldsen, T. H. (2011). Students reflections in mathematical modeling projects. Στο G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Επιμ.), *Trends in teaching and learning of mathematical modeling*, 385- 396. New York, NY: Springer.

- Confrey, J (2007). Epistemology and Modelling-Overview. Στο W. Blum, P. Galbraith, H.W. Henn, & M. Niss (Επιμ.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI Study* (pp. 125-128). New York, NY: Springer.
- Confrey, J., & Maloney, A. (2007). A theory of mathematical modelling in technological settings. Στο W. Blum, P. Galbraith, H.W. Henn, & M. Niss (Επιμ.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI Study* (pp. 57-68). New York, NY: Springer.
- English, L. D. (2006). Mathematical modeling in the primary school: Children's construction of a consumer guide. *Educational Studies in Mathematics*, 63, 303-323.
- English, L. and Watters, J. (2005). Mathematical modeling with 9-year-olds. Στο Chick, H. L. & Vinsent, J. L. (Επιμ.). *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 2, 297-304. Melbourne: PME.
- Lesh, R., & Zawojewski, J. S. (2007). Problem solving and modeling. Στο F. Lester (Επιμ.), *The Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 763– 804). Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Mayer, R.E. (1992). *Thinking, Problem solving, Cognition* (2nd ed.), Freeman, New York.
- Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (2006). Problem solving. Στο P. A. Alexander & P. H. Winne (Επιμ.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 287–303). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum
- Mousoulides, N. (2007). The modeling perspective in the teaching and learning of mathematical problem solving. Unpublished Doctoral Dissertation, Nicosia, University of Cyprus.
- Organization for Economics Co-Operation and Development [OECD] (2003). *The PISA 2003: Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, <http://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694881.pdf>. Ανάκληση 18.09.2015.
- Organization for Economics Co-Operation and Development [OECD] (2004). *Problem solving for tomorrows world – First measures of cross-curricular competencies from PISA 2003*. <http://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/34009000.pdf>. Ανάκληση 18.09.2015
- Organization for Economics Co-Operation and Development [OECD] (2012). *The PISA 2012: Assessment and Analytical Framework – Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*, http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA%202012%20framework%20e-book_final.pdf. Ανάκληση 27.09.2015
- Sokolowski, A. (2015). The effects of mathematical modeling on students' achievement- meta-analysis of research. *The JAFOR jornal of education*, 3 (1), 93-114.

Κατασκευή προβλημάτων με χρήση εικόνων

Διονυσία Γεωργέλη¹ & Κωνσταντίνος Τάτσης²

¹ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, diongeorg12@hotmail.gr

² Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ktatsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κατασκευή και η επίλυση προβλημάτων αποτελούν θεμελιώδεις διαδικασίες για τη μαθηματική εκπαίδευση. Με βάση αυτή την παραδοχή αναδεικνύεται και η σημασία της σχετικής προετοιμασίας των υποψηφίων εκπαιδευτικών. Η έρευνά μας πραγματοποιήθηκε με φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος, από τους οποίους ζητήθηκε να κατασκευάσουν, να επιλύσουν και να ανασκευάσουν μαθηματικά προβλήματα, με βάση μια εικόνα γεωμετρικού σχήματος. Τα αποτελέσματα της μελέτης μας καταδεικνύουν κυρίως τις ελλείψεις των φοιτητών σε ζητήματα κατανόησης βασικών μαθηματικών εννοιών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επίλυση προβλήματος, κατασκευή προβλήματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Καθημερινά οι άνθρωποι επιλύουν προβλήματα για να ικανοποιήσουν ποικίλες ανάγκες τους. Η ικανότητα όμως να συνθέτουν μέσα στην περιπλοκότητα των καταστάσεων φαίνεται να είναι το ίδιο χρήσιμη μιας και μπορεί να προλαμβάνει πιθανά προβλήματα (Singer & Voica, 2013). Η κατασκευή προβλημάτων έχει λοιπόν αναγνωριστεί ως μια πολύ σημαντική διανοητική δραστηριότητα (Cai, 2015) για τους μαθητές στα πλαίσια του μαθήματος των Μαθηματικών. Μάλιστα, όπως αναφέρεται από την Cai (2015), σύμφωνα με τον Einstein η δημιουργία ενός ενδιαφέροντος προβλήματος είναι πολύ πιο σημαντική από την επίλυση αυτού. Επιπλέον, η κατασκευή προβλημάτων συνδέεται άρρηκτα με την επίλυση προβλημάτων, η οποία θεωρείται από τις σημαντικότερες μαθηματικές δραστηριότητες. Σύμφωνα με τα προηγούμενα, ο εκπαιδευτικός αναμένεται να έχει την ικανότητα σχεδιασμού και οργάνωσης κατάλληλων δραστηριοτήτων, οι οποίες θα επικεντρώνονται όχι μόνο στην επίλυση, αλλά και στην κατασκευή προβλημάτων. Αυτό με τη σειρά του απαιτεί την αντίστοιχη προετοιμασία από τη μεριά του εκπαιδευτικού, επομένως και την αντίστοιχη εκπαίδευσή του. Σε αυτό το πλαίσιο οργανώσαμε την έρευνά μας με μελλοντικούς εκπαιδευτικούς. Στόχος μας ήταν να αναδειχτεί κατά πόσο αυτοί είναι σε θέση να κατασκευάσουν μαθηματικά προβλήματα, πώς αντιμετωπίζουν τη διαδικασία αυτή γενικότερα, αν δηλαδή είναι θετικοί ή αρνητικοί στη διαδικασία κατασκευής προβλημάτων, καθώς και ποια είναι τα ενδεχόμενα λάθη ως προς τη διατύπωση και την επίλυση των προβλημάτων. Τα ερευνητικά μας ερωτήματα ήταν:

- α) Ποιες μαθηματικές έννοιες περιέχουν τα προβλήματα που κατασκευάστηκαν με βάση μια εικόνα που περιείχε γεωμετρικά σχήματα;
- β) Ποια ήταν τα λάθη ή οι παραλείψεις που εμφανίστηκαν σε αυτά τα προβλήματα;
- γ) Ποιες ήταν οι στρατηγικές που χρησιμοποίησαν οι φοιτητές για να βελτιώσουν τα αρχικά τους προβλήματα;
- Ακολουθεί η περιγραφή του θεωρητικού μας πλαισίου, το οποίο βασίζεται κυρίως στην κατασκευή προβλημάτων στη μαθηματική εκπαίδευση.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η κατασκευή προβλημάτων περιγράφεται με διαφορετικούς όρους (Singer & Voica, 2015) και αυτό συμβαίνει, γιατί διαφορετικοί συγγραφείς χρησιμοποιούν και διαφορετικό πλαίσιο για τη μελέτη των δραστηριοτήτων κατασκευής προβλημάτων. Σύμφωνα με τις Stoyanova and Ellerton (1996) η κατασκευή προβλημάτων ορίζεται ως η διαδικασία μέσω της οποίας «οι μαθητές κατασκευάζουν προσωπικές ερμηνείες από πραγματικές καταστάσεις και τις διαμορφώνουν σε μαθηματικά προβλήματα που έχουν νόημα» (σ. 518). Επιπλέον, η κατασκευή προβλημάτων μπορεί να λάβει χώρα σε τρία διαφορετικά πλαίσια: δομημένο, το οποίο πρέπει να βασίζεται σε συγκεκριμένες μαθηματικές προτάσεις, ημι-δομημένο, το οποίο περιλαμβάνει ένα πλαίσιο με αρκετές πληροφορίες, μη δομημένο ή ελεύθερο, το οποίο δεν έχει κανένα περιορισμό (Stoyanova & Ellerton, 1996).

Έρευνες που αφορούν στην κατασκευή προβλημάτων έχουν γίνει με μαθητές, υποψήφιους αλλά και εν ενεργεία εκπαιδευτικούς (Cai & Hwang, 2002; Cifarelli & Cai 2005; Koichu & Kontorovich, 2013; Leung & Silver, 1997; Rosli et al., 2015; Silver & Cai, 1996; Singer & Voica, 2013). Μαθητές και εκπαιδευτικοί είναι ικανοί να κατασκευάσουν ενδιαφέροντα μαθηματικά προβλήματα, παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιοι μαθητές και δάσκαλοι που κατασκευάζουν μη μαθηματικά προβλήματα ή προβλήματα που δεν λύνονται. Συγκεκριμένα, οι Silver and Cai (1996) βρήκαν ότι το 30% των προβλημάτων που κατασκευάστηκαν από μαθητές γυμνασίου σε ελεύθερο πλαίσιο, ήταν μη μαθηματικά ή δεν συνιστούσαν κατάσταση προβληματισμού. Βέβαια, σε ημι-δομημένο ή δομημένο πλαίσιο οι υποψήφιοι δάσκαλοι κατασκεύασαν ορθότερα μαθηματικά προβλήματα. Ειδικότερα, οι Leung and Silver (1997) καταδεικνύουν το γεγονός ότι οι συγκεκριμένες αριθμητικές πληροφορίες που παρείχαν στο πλαίσιο για την κατασκευή προβλημάτων έπαιξαν καθοριστικό ρόλο για τους συμμετέχοντες στην τελική κατασκευή των προβλημάτων.

Η επίλυση του προβλήματος κατά την κατασκευή ή αμέσως μετά την κατασκευή του φαίνεται να είναι καθοριστικής σημασίας. Σύμφωνα με τους Silver and Cai (1996) η επίλυση ενός προβλήματος συσχετίζεται στενά με τη διαδικασία της κατασκευής ενός προβλήματος. Μάλιστα προέκυψε ότι εκείνοι που αποτελούσαν τους πιο δυνατούς λύτες προβλημάτων ήταν εκείνοι που κατασκεύαζαν ορθά και πιο πολύπλοκα μαθηματικά προβλήματα. Πιο πρόσφατα, οι Koichu and Kontorovich (2013) κατέδειξαν στην έρευνά τους ότι οι μελλοντικοί δάσκαλοι κατασκεύασαν με επιτυχία και τα πιο ενδιαφέροντα προβλήματα, όταν σύνδεαν την κατασκευή με την εξερεύνηση και την επίλυση των

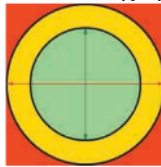
προβλημάτων. Επίσης, οι μαθητές φαίνεται να είχαν στο μυαλό τους τη διαδικασία της επίλυσης του προβλήματος όταν κατασκεύαζαν προβλήματα και μάλιστα αυτό γινόταν παράλληλα με τη διαδικασία της κατασκευής (Cai & Hwang, 2002; Cifarelli & Cai, 2005). Συνεπώς, η επίλυση του προβλήματος πρέπει να προηγείται της κατασκευής (Rosli et al., 2015).

Στην παρούσα έρευνα λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψη και τη σχετική βιβλιογραφία, ασχοληθήκαμε με την ικανότητα κατασκευής μαθηματικών προβλημάτων από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, συγκεκριμένα από φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης. Για το σκοπό αυτό, σχεδιάσαμε μια σειρά δραστηριοτήτων στις οποίες ζητήθηκε αρχικά κατασκευή προβλήματος, έπειτα επίλυσή του και στη συνέχεια εκ νέου κατασκευή. Τα στοιχεία της έρευνας, καθώς και η μεθοδολογία μας παρουσιάζονται στην ενότητα που ακολουθεί.

ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 70 φοιτήτριες και φοιτητές του 3ου έτους του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Οι φοιτητές είχαν διδαχθεί και είχαν εξασκηθεί κατά τη διάρκεια μαθήματός τους τις διαδικασίες επίλυσης και κατασκευής προβλημάτων. Σε αυτούς δόθηκε ένα φύλλο εργασίας, το οποίο περιείχε μια εικόνα από το Τετράδιο Εργασιών των Μαθηματικών ΣΤ' Δημοτικού (βλ. Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Το ημι-δομημένο πλαίσιο κατασκευής προβλήματος.



Η εικόνα πρόσφερε δυνατότητες αξιοποίησης για την κατασκευή προβλημάτων από τους υποψήφιους δασκάλους και θεωρήθηκε ότι ανταποκρινόταν επαρκώς στους στόχους της έρευνας. Το Φύλλο Εργασίας (για συντομία στο εξής ΦΕ) περιλάμβανε κάποιες δραστηριότητες και κάποιες ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Οι ερωτήσεις επιλέχθηκαν με βάση τα ερωτήματα που έπρεπε να απαντηθούν στα πλαίσια της έρευνας και βασίστηκαν σε ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν είτε σε συνέντευξη άλλης έρευνας (Singer & Voica, 2015), είτε σε φύλλο εργασίας άλλης έρευνας (Rosli et al, 2015). Διευκρινίζεται για τη συνέχεια ότι το γράμμα Δ (π.χ. Δ1) αναφέρεται σε δραστηριότητα, ενώ το γράμμα Ε (π.χ. Ε1) σε ερώτηση του ΦΕ που δόθηκε στους συμμετέχοντες. Παρακάτω παρουσιάζονται σε πλήρη μορφή οι δραστηριότητες και οι ερωτήσεις με τη σειρά που διατυπώθηκαν στο ΦΕ:

Δ1: Κατασκεύασε ένα πρόβλημα έχοντας ως δεδομένο την εικόνα. Το πρόβλημα που θα κατασκευάσεις πρέπει να απευθύνεται σε μαθητές ΣΤ' Δημοτικού, και θα δοθεί στους μαθητές στο τέλος της σχολικής χρονιάς.

- E1: Τι σε ενέπνευσε για να κατασκευάσεις αυτό το πρόβλημα;
E2: Γιατί επέλεξες τις συγκεκριμένες μαθηματικές έννοιες;
Δ2: Επίλυσε το πρόβλημα που κατασκεύασες προηγουμένως.
E3: Βλέποντας τη λύση του προβλήματος είσαι ικανοποιημένος/η από το πρόβλημα που κατασκεύασες; Γιατί;
Δ3: Τώρα, μετά από την αυτο-αξιολόγηση που έκανες στην προηγούμενη ερώτηση, καλείσαι να τροποποιήσεις το αρχικό σου πρόβλημα.
E4: Τι άλλαξες σε σχέση με το αρχικό σου πρόβλημα; (επιγραμματικά)
E5: Τώρα που κατασκεύασες για 2η φορά το πρόβλημα έκανες επίλυση του προβλήματος κατά την κατασκευή; Γιατί;
E6: Πώς εργάστηκες για να κατασκευάσεις το νέο αυτό πρόβλημα; Περιέγραψε αναλυτικά τις σκέψεις σου από την αρχή της κατασκευής του νέου προβλήματος, όπως επίσης και τις διαδικασίες που ακολούθησες στη συνέχεια.
E7: Τι σκέφτεσαι / τι σε προβληματίζει όταν έχεις να κατασκευάσεις ένα πρόβλημα;

Αρχικά τα ΦΕ δοκιμάστηκαν πιλοτικά σε μεταπτυχιακούς φοιτητές του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων της κατεύθυνσης «Θετικές επιστήμες» για να εξεταστεί η σαφήνεια των ερωτήσεων και να διαπιστωθεί κατά πόσο οι απαντήσεις που δίνονται καλύπτουν τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην έρευνα. Μετά την πιλοτική έρευνα έγιναν διορθώσεις και δημιουργήθηκε ο οδηγός για τη διεξαγωγή της έρευνας που περιλάμβανε τα στάδια έρευνας με παρατηρήσεις οι οποίες έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην διεξαγωγή της. Πιο συγκεκριμένα, οι φοιτητές καλούνταν να κατασκευάσουν αρχικά ένα πρόβλημα με ένασμα την εικόνα που τους δόθηκε, στη συνέχεια να το επιλύσουν και τέλος να κατασκευάσουν και δεύτερο πρόβλημα εφόσον το κρίνουν απαραίτητο. Ο μόνος περιορισμός ήταν το πρόβλημα να απευθύνεται σε μαθητές ΣΤ' Δημοτικού, καθώς επίσης και ότι το πρόβλημα θα μπορούσε να δοθεί στο τέλος της σχολικής χρονιάς (οπότε οι μαθητές θα έχουν διδαχτεί όλη την ύλη).

Από τους 70 φοιτητές, 66 συμπλήρωσαν το φύλλο εργασίας, 3 δεν συμμετείχαν στη διαδικασία λέγοντας ότι δεν μπορούν να κάνουν κατασκευή προβλημάτων και μία φοιτήτρια έδωσε λευκό φύλλο εργασίας. Σύμφωνα με τα ερευνητικά μας ερωτήματα, για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης επικεντρωθήκαμε στα προβλήματα που κατασκεύασαν οι φοιτήτριες και οι φοιτητές στις δύο φάσεις της έρευνας, δηλαδή πριν και μετά την επίλυση. Συγκεκριμένα, δημιουργήσαμε τις εξής κατηγορίες:

α) *μαθηματικές έννοιες*: με βάση τις έννοιες που χρησιμοποιήθηκαν από φοιτήτριες και τους φοιτητές στα προβλήματά τους, καταγράψαμε και κατηγοριοποιήσαμε τις σχετικές έννοιες,

β) *ελλείψεις και λάθη*: κατηγοριοποιήσαμε τις ελλείψεις και τα λάθη που, κατά τη δική μας ανάλυση, επηρέασαν την καταλληλότητα των προβλημάτων που κατασκευάστηκαν,

γ) *στρατηγικές βελτίωσης προβλημάτων*: κατηγοριοποιήσαμε τις στρατηγικές που εφάρμοσαν όσες και όσοι επέλεξαν να επαναδιατυπώσουν το αρχικό τους πρόβλημα, με σκοπό να το βελτιώσουν.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

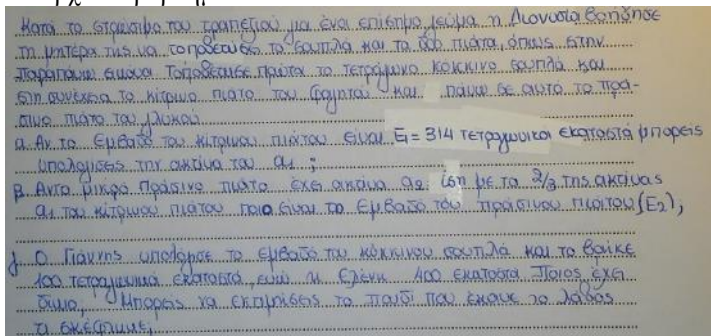
Μαθηματικές έννοιες

Οι περισσότεροι συμμετέχοντες επέλεξαν να ασχοληθούν με θέματα που σχετίζονται με τις έννοιες: διάμετρος, ακτίνα, εμβαδό. Από αυτούς, 48 συμμετέχοντες ζήτησαν, στα προβλήματα που κατασκεύασαν, το εμβαδό του πράσινου κυκλικού δίσκου και 33 ζήτησαν το εμβαδό του κίτρινου κυκλικού δίσκου. Ιδιαίτερη εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι ζητήθηκε από αρκετούς το εμβαδό του κίτρινου κυκλικού δίσκου καθώς, η επιφάνεια του συγκεκριμένου κυκλικού δίσκου δεν είναι πλήρως ορατή στο σχήμα. Για παράδειγμα, στο ΦΕ 8 ρωτάει στο πρόβλημα που κατασκεύασε ποιο σχήμα έχει το μεγαλύτερο εμβαδόν και αναφέρεται σε ολόκληρα τα σχήματα και όχι στις περιοχές που είναι ορατές: «Στην διπλανή εικόνα φαίνονται 3 σχήματα όπου είναι το ένα μέσα στο άλλο. Ποιο σχήμα πιστεύεις ότι έχει μεγαλύτερο εμβαδόν;»

Υπήρξαν 12 συμμετέχοντες που αξιοποίησαν την κίτρινη περιοχή του σχήματος ζητώντας το εμβαδό της περιοχής αυτής. Υπήρξε μία περίπτωση (ΦΕ 12) που ενώ αρχικά φάνηκε να ζητείται στο πρόβλημα το εμβαδό της κίτρινης περιοχής (δακτύλιος, όπως αναφέρεται), στην τελική ερώτηση του προβλήματος όπως και στην επίλυση, ζητήθηκε και δόθηκε απάντηση για το εμβαδό του κίτρινου κυκλικού δίσκου.

Αρκετοί συμμετέχοντες, συγκεκριμένα 15, ζήτησαν στα προβλήματα που κατασκεύασαν το εμβαδό του τετραγώνου, η επιφάνεια του οποίου είναι καλυμμένη και δεν φαίνεται ολόκληρη στην εικόνα. Ένα ενδεικτικό τέτοιο παράδειγμα υπάρχει στο ΦΕ 30, όπου το εμβαδό του τετραγώνου είναι και το ζητούμενο του προβλήματος που κατασκευάστηκε. Υπήρξε μία περίπτωση στην οποία χρησιμοποιήθηκε στα δεδομένα το εμβαδό του τετραγώνου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, σε αντίθεση με τις προηγούμενες, το εμβαδόν του τετραγώνου αποκτά και νόημα, μιας και παρουσιάζεται ως σουπλά (βλ. Εικόνα 2). Μόνο δύο φοιτήτριες από τους συμμετέχοντες που ασχολήθηκαν με τα εμβαδά επέλεξαν να κάνουν σύγκριση εμβαδών (ΦΕ 8, 42).

Εικόνα 2: Το αρχικό πρόβλημα του ΦΕ 42



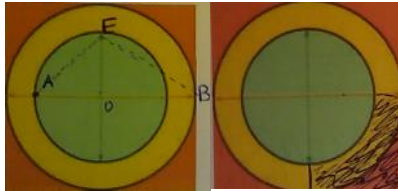
Το εμβαδό της πορτοκαλί επιφάνειας χρησιμοποιήθηκε από πέντε φοιτήτριες κατά την κατασκευή προβλημάτων. Σε αυτή την περίπτωση έπρεπε πρώτα να βρεθεί το

εμβαδό του τετραγώνου για να επιλυθεί το πρόβλημα. Φαίνεται λοιπόν ότι ο υπολογισμός ενός εμβαδού του οποίου η επιφάνεια δεν είναι πλήρως ορατή στο σχήμα κάποιες φορές έχει νόημα, όταν για παράδειγμα χρησιμοποιείται για την εύρεση της πορτοκαλί περιοχής που υπάρχει στο δοσμένο σχήμα.

Η παραπάνω εικόνα αποτελεί κάτοψη της κεντρικής πλατείας του δήμου. Ο πράσινος κύκλος αντιπροσωπεύει την έκταση που θα καλυφθεί με χλοοτάπητα, ο κίτρινος κύκλος είναι το τμήμα που θα πλακοστρωθεί, ενώ στα τέσσερα πορτοκαλί κομμάτια που περισσεύουν, θα φυτευτούν δέντρα. Με δεδομένο ότι η διάμετρος του πράσινου κύκλου είναι 10 μ. και η διάμετρος του κίτρινου κύκλου είναι 14 μ., να υπολογίσετε το εμβαδόν της περιοχής που θα φυτευτεί με χορτάρι και το εμβαδόν της περιοχής που θα καλυφθεί με δέντρα. (ΦΕ 25)

Παρόλο που είχε δοθεί απόλυτη ελευθερία στον τρόπο που θα αξιοποιήσουν το σχήμα που τους δόθηκε στο ΦΕ, μόνο δύο συμμετέχοντες ζήτησαν στο πρόβλημά τους το εμβαδό συγκεκριμένης επιφάνειας που δημιούργησαν οι ίδιοι (βλ. Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Τα σχήματα των ΦΕ 1 και ΦΕ 35



Το εμβαδόν του μεγάλου κυκλικού δίσκου είναι 32 τ.μ. Η ακτίνα του μικρού δίσκου είναι 3 μ. Πόση είναι η απόσταση των σημείων Α και Β; Στη συνέχεια βρες το εμβαδόν του τριγώνου ΑΕΒ. (ΦΕ 1)

Δίνεται διάμετρος του μικρού κύκλου ίση με 4 εκατοστά, ενώ η ακτίνα του μεγάλου κύκλου είναι 3 εκατοστά. α) Πόσο είναι το εμβαδόν όλου του σχήματος (τετράγωνο); β) Πόση είναι η έκταση που έχει σκιαγραφηθεί; γ) Πόσο μεγαλύτερο είναι το εμβαδόν του μεγάλου κύκλου σε σχέση με το αντίστοιχο του μικρού; (ΦΕ 35)

Με την περίμετρο-μήκος κύκλου ασχολήθηκαν πέντε συμμετέχοντες, από τους οποίους μάλιστα κάποιοι χρησιμοποίησαν λανθασμένα τις έννοιες αυτές (βλ. επόμενη κατηγορία ανάλυσης). Τρεις συμμετέχοντες ασχολήθηκαν με ημικύκλιο ή αναφέρθηκαν σε αυτό. Υπήρξαν επίσης συμμετέχοντες που εστίασαν σε άλλες μαθηματικές έννοιες. Μία φοιτήτρια ασχολήθηκε με τον κύβο (ΦΕ 6), συγκεκριμένα με τη θεωρία που αφορά στον κύβο και απλά τη χρησιμοποίησε στο ΦΕ χωρίς να γίνεται εμφανής κάποια σύνδεση. Μία άλλη φοιτήτρια ασχολήθηκε με τη συμμετρία (ΦΕ 21) και το ζητούμενό της ήταν με πόσους τρόπους μπορεί να διπλωθεί ο κύκλος ώστε να υπάρχει συμμετρία. Στην επίλυση του προβλήματος αναφέρει ότι μπορούμε να βρούμε τουλάχιστον τέσσερις τρόπους να διπλώσουμε τον κύκλο συνεπώς και 4 άξονες συμμετρίας. Η συγκεκριμένη φοιτήτρια λοιπόν δεν είναι ξεκάθαρη στην επίλυσή της και αφήνει ανοιχτή την απάντηση γεγονός που ίσως αναδεικνύει και την αδυναμία της σε θέματα συμμετρίας κύκλου.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το ΦΕ 66 στο οποίο χρησιμοποιούνται εξισώσεις. Η συγκεκριμένη φοιτήτρια, παρόλο που είχε λιγότερο χρόνο να συμπληρώσει

το ΦΕ, λόγω της καθυστέρησής της στο μάθημα, κατασκεύασε ενδιαφέροντα ρεαλιστικά προβλήματα, αξιοποιώντας τις γνώσεις των μαθητών στις εξισώσεις μιας και είναι σημαντική μαθηματική έννοια και για την Α' Γυμνασίου. Τρία ΦΕ περιείχαν προβλήματα με κλάσματα. Ειδικότερα, το ΦΕ 18 περιέχει ένα πολύ απλό πρόβλημα στο οποίο ζητάει σύγκριση τριών κλασμάτων δίνοντας μάλιστα και το σύμβολο «<» στην εκφώνηση. Η σύγκριση κλασμάτων και η συγκεκριμένη διευκρίνιση για την αύξουσα σειρά είναι περιττή σε μαθητές της ΣΤ' τάξης. Επιπλέον, η επίλυση του προβλήματος γίνεται με τα κλάσματα σε φθίνουσα σειρά, παρόλο που στην εκφώνηση το ζητούμενο είναι η αύξουσα σειρά. Πολλοί φοιτητές ενώ κατασκεύασαν πολύ εύκολα προβλήματα, δεν προσπάθησαν κατά τη δεύτερη κατασκευή προβλήματος να τροποποιήσουν το αρχικό πρόβλημά τους, γεγονός που ίσως καταδεικνύει την κούραση ή τη δυσκολία τους στην κατασκευή προβλημάτων. Επιπρόσθετα, ένας φοιτητής κατασκεύασε πρόβλημα με αναλογία (ΦΕ 27), στο οποίο αφού ζήτησε ακτίνα, εμβαδό και περίμετρο των δύο κύκλων, ζήτησε να οριστεί και η «αναλογία των δύο κύκλων». Στην επίλυση του προβλήματος απαντάται το ερώτημα αυτό ως εξής: «ο κίτρινος κύκλος είναι 1,77 φορές μεγαλύτερος σε εμβαδό από τον πράσινο». Τέλος, σε δύο ΦΕ αναφέρονται οι ομόκεντροι κύκλοι (ΦΕ 54, 65). Στο ΦΕ 54 γίνεται απλά αναφορά στο ότι οι κύκλοι του σχήματος είναι ομόκεντροι, ενώ στο ΦΕ 65 αναφέρει ότι οι δύο κύκλοι έχουν ίδιο κέντρο χωρίς όμως να χρησιμοποιείται η έννοια «ομόκεντροι κύκλοι».

Ελλείψεις και λάθη

Στη συγκεκριμένη κατηγορία εντοπίσαμε τις εξής υποκατηγορίες: κακή διατύπωση, λανθασμένη επίλυση και προβλήματα στα δεδομένα. Οι κατηγορίες προέκυψαν τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά την επίλυση των προβλημάτων:

α) Κατά την κατασκευή

Όσον αφορά στα λάθη που υπάρχουν στα προβλήματα που κατασκεύασαν οι συμμετέχοντες λόγω κακής διατύπωσης μπορούμε να σημειώσουμε ότι, όσον αφορά στο σχήμα, υπήρξαν τρεις περιπτώσεις (ΦΕ 8, 20, 39) στις οποίες δεν εκφράστηκαν με σαφή τρόπο τα ζητούμενα που έθεσαν οι συμμετέχοντες που κατασκεύασαν το πρόβλημα:

Στην διπλανή εικόνα φαίνονται 3 σχήματα όπου είναι το ένα μέσα στο άλλο. Ποιο σχήμα πιστεύεις ότι έχει μεγαλύτερο εμβαδόν; (ΦΕ 8)

Η διάμετρος του πράσινου κύκλου είναι 8 τ.εκ. Να υπολογίσω πόσο είναι η διάμετρος του κίτρινου κύκλου αν το σημείο της κόκκινης διαμέτρου που καλύπτει την μία μεριά του κίτρινου κύκλου είναι 2cm. Στη συνέχεια να υπολογίσω τα εμβαδά των δύο κύκλων και να υπολογίσω τη διαφορά τους. Τέλος να υπολογίσω το εμβαδόν του κόκκινου τετραγώνου και του ορθογωνίου παραλληλογράμμου που σχηματίζεται. (ΦΕ 20)

Στο παρακάτω σχήμα, στο πράσινο κύκλο, βρείτε το εμβαδόν των τριγώνων. (ΦΕ 39)

Εικόνα 4: Το σχήμα του ΦΕ 39



Όσον αφορά στα ζητούμενα των προβλημάτων και τις ερωτήσεις που τίθενται, υπήρξαν περιπτώσεις ασάφειας στη διατύπωσή τους. Συγκεκριμένα, στο ΦΕ 23 το ερώτημα είναι για το εμβαδόν του κυκλικού δίσκου χωρίς όμως να διευκρινίζει ποιου χρώματος κυκλικό δίσκο. Το αυτόνοτο είναι να απαντήσει κάποιος για τον πράσινο που βλέπει στο σχήμα, όμως από την επίλυση φαίνεται ότι η φοιτήτρια ζητούσε το εμβαδόν του κίτρινου. Στο ΦΕ 28 ο φοιτητής θέλει να ασχοληθεί με τη περιγραφή της περιοχής που ορίζεται στο σχήμα, που είναι μια ενδιαφέρουσα ιδέα. Ζητούμενο του προβλήματος είναι το εμβαδό περιφραξής, κάτι που όμως δεν έχει νόημα. Μάλιστα, στο ίδιο ΦΕ ο φοιτητής αναφέρει ότι ο διαβήτης βοηθά στην μέτρηση του εμβαδού.

β) Κατά την επίλυση

Ως λάθη επίλυσης θεωρήσαμε αυτά που οφείλονται σε λάθος κατανόηση μαθηματικών εννοιών (5 ΦΕ), σε λάθη στις πράξεις (5 ΦΕ) και σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιήθηκε μόνο ο τύπος και δεν έγινε επίλυση (5 ΦΕ). Στα ΦΕ 55 & 58 οι φοιτήτριες δεν έκαναν επίλυση του προβλήματος, αλλά έδωσαν μόνο τον (σωστό) τύπο του εμβαδού, ενδεχομένως για να έχουν χρόνο να απαντήσουν και στις ερωτήσεις του ΦΕ. Στο ΦΕ 16 έχει ενδιαφέρον το πρόβλημα που κατασκευάστηκε αφού δίνει τη διαφορά από τα μήκη κύκλων και ζητάει διαφορά ακτινών και διαμέτρων, όμως λύθηκε λανθασμένα.

Όσον αφορά στα δεδομένα, σε 8 ΦΕ τα δεδομένα δεν δόθηκαν με σαφήνεια, σε τέσσερα ΦΕ ήταν ελλιπή και σε δύο ΦΕ δόθηκαν δεδομένα που δεν είχαν κανένα νόημα τελικά στην επίλυση του προβλήματος. Ειδικότερα, στο ΦΕ 14 ζητήθηκε να εκτιμήσουν το εμβαδόν χωρίς να δώσουν αρχικά την ακτίνα. Ομοίως, στο ΦΕ 37 αναφέρεται ότι το θέατρο διαθέτει ημικυκλική ορχήστρα και στη συνέχεια ζητάει το εμβαδό του πράσινου κύκλου. Επίσης, δίνει στα δεδομένα τη διάμετρο χωρίς να διευκρινίζει αρχικά ακριβώς ποια διάμετρο δίνει, ενώ στη δεύτερη κατασκευή αναφέρει ότι είναι η διάμετρος του κίτρινου κυκλικού δίσκου. Με αυτά τα δεδομένα δεν λύνεται το πρόβλημα και επιπλέον δεν έχει νόημα η συγκεκριμένη ερώτηση. Τέλος, προκάλεσε εντύπωση το ΦΕ 61, όπου η φοιτήτρια απαντώντας στην ερώτηση 3 αναφέρει ότι θέλει με το πρόβλημα που κατασκεύασε να ελέγξει κατά πόσο ξέρουν καλά οι μαθητές την προπαίδεια, παρόλο που οι μαθητές της ΣΤ' αναμένεται να γνωρίζουν την προπαίδεια και σίγουρα δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα όταν πολλαπλασιάζουν έναν αριθμό με τον εαυτό του (r^2).

Στρατηγικές βελτίωσης προβλημάτων

Σε κατασκευή δεύτερου προβλήματος προχώρησαν μόνο 23 συμμετέχοντες. Οι αλλαγές που επέλεξαν να κάνουν στο δεύτερο πρόβλημα μπορούν να συνοψιστούν σε προσθήκη ερωτήσεων, αφαίρεση ερώτησης, αλλαγή διατύπωσης. Συγκεκριμένα 10 συμμετέχοντες

πρόεβησαν σε προσθήκη ερωτήσεων. Από αυτούς, δύο επέλεξαν να προσθέσουν μια πιο δύσκολη ερώτηση (ΦΕ 38, 43), από τις οποίες η μία δεν ήταν σαφής. Για παράδειγμα, στο ΦΕ 38 η φοιτήτρια προσπάθησε να δυσκολέψει το πρόβλημα ζητώντας το εμβαδό της ημικυκλικής ορχήστρας, χωρίς όμως να καθορίζει σαφώς την περιοχή της οποίας ζητείται το εμβαδόν. Ερώτηση ίδιου βαθμού δυσκολίας με την πρώτη κατασκευή προβλήματος επέλεξαν δύο φοιτήτριες. Κάποιες επέλεξαν να προσθέσουν μία πιο εύκολη ερώτηση και συγκεκριμένα τέσσερις ζήτησαν εμβαδό τετραγώνου και ένας εμβαδό κύκλου. Ακόμη, δύο επέλεξαν να προσθέσουν ερωτήσεις που θα οδηγούσαν σε βηματική επίλυση, για να διευκολύνουν τους μαθητές στην επίλυση των προβλημάτων. Σε μία περίπτωση (ΦΕ 60) η φοιτήτρια επέλεξε να αφαιρέσει κάποια πολύ εύκολη ερώτηση που είχε χρησιμοποιήσει αρχικά για να κάνει λίγο πιο περίπλοκο το πρόβλημα όπως αναφέρει και η ίδια στην αντίστοιχη ερώτηση ανοιχτού τύπου.

Όσον αφορά στην στρατηγική αλλαγής διατύπωσης, την προσθήκη δεδομένων επέλεξαν πέντε συμμετέχοντες, από τους οποίους μία ήταν πάνω στο υπάρχον σχήμα (ΦΕ 58), μία αφορούσε τον τρόπο που δίνονται τα δεδομένα (ΦΕ 26) και σε τρεις δίνεται η ακτίνα (ΦΕ 13, 14, 60). Σε ένα (ΦΕ 35) έγινε αλλαγή στη σειρά των ερωτήσεων έτσι ώστε να διευκολυνθεί ο λύτης όπως αναφέρει η ίδια η φοιτήτρια σε ερώτηση του ΦΕ. Ακόμη, στην αλλαγή διατύπωσης υπήρξαν τρεις συμμετέχοντες που επέλεξαν να εντάξουν το πρόβλημα που κατασκεύασαν σε ρεαλιστικό πλαίσιο. Καλύτερη διατύπωση επιχείρησαν να κάνουν έξι συμμετέχοντες από τις οποίες μία ήταν διευκρινιστική και εξηγούσε σε ποιον κύκλο αναφέρεται, μία ήταν καθοδήγησης ώστε να βοηθήσει τον λύτη κατά την επίλυση και 3 περιπτώσεις διόρθωσαν σημεία των προβλημάτων τα οποία δεν ήταν κατανοητά. Μάλιστα υπήρξε μία περίπτωση όπου η αλλαγή που έγινε ΦΕ 27 οδήγησε σε χειρότερη διατύπωση, η οποία επιπλέον δεν οδηγούσε σε λύση. Τέλος, δύο επέλεξαν να αλλάξουν τους αριθμούς που δόθηκαν αρχικά και μάλιστα επέλεξαν πιο δύσκολους αριθμούς. Στο ΦΕ 42 αναφέρει ότι θα μπορούσε να τροποποιήσει τις διαστάσεις που έδωσε αρχικά ώστε αυτές να είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα, αλλά μια τέτοια κίνηση θα δυσκόλευε τους μαθητές- λύτες.

Από αυτούς που δεν κατασκεύασαν δεύτερο βελτιωμένο πρόβλημα μία (ΦΕ 3) ανέφερε ότι δεν είχε τον απαιτούμενο χρόνο, ένας (ΦΕ 39) ότι ήταν κουρασμένος και δεν μπορούσε να κατασκευάσει πρόβλημα και από ό,τι φάνηκε από τον τρόπο που απαντούσαν στο ΦΕ, έντεκα έδειξαν ότι δεν είχαν διάθεση να απαντήσουν.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας κατέδειξαν ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί είναι γενικά σε θέση να κατασκευάσουν προβλήματα, τα οποία όμως περιορίζονται σε πολύ απλές δομές. Από τα συμπληρωμένα ΦΕ λίγα ήταν εκείνα που ξεχώρισαν και περιείχαν αξιόλογα προβλήματα, δηλαδή ορθά μαθηματικά και κάποιες φορές και περίπλοκα. Η διαδικασία φάνηκε να δυσκολεύει κάποιους φοιτητές, αφού τόσο κατά τη διάρκεια της έρευνας όσο και σε απαντήσεις στα ΦΕ εξέφρασαν τη δυσκολία τους στην κατασκευή προβλημάτων. Επομένως, είναι ξεκάθαρη η ανάγκη επιμόρφωσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε καταστάσεις κατασκευής προβλημάτων (Leung & Silver 1997).

Τα λάθη των φοιτητών οφείλονταν κυρίως σε λανθασμένη κατανόηση μαθηματικών εννοιών και σε κακή διατύπωση σε ζητούμενα και δεδομένα. Υπήρξαν περιπτώσεις που το πρόβλημα λύθηκε λανθασμένα από τον ίδιο τον φοιτητή και μάλιστα δεν έγινε καμιά προσπάθεια για βελτίωση του αρχικού προβλήματος στη δεύτερη φάση της έρευνας. Λίγα λάθη υπήρξαν σε πράξεις μιας και πολλοί χρησιμοποίησαν και υπολογιστή τσέπης. Αρκετοί προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν μονάδες μέτρησης, των οποίων η χρήση τις περισσότερες φορές δεν ήταν σωστή.

Παρόλο που υπήρξε ελευθερία στον τρόπο αξιοποίησης του σχήματος που δόθηκε, ελάχιστες ήταν οι σημαντικές παρεμβάσεις που έγιναν. Μόνο το 1/3 των συμμετεχόντων κατασκεύασαν πρόβλημα στη δεύτερη φάση της έρευνας, γεγονός που δείχνει ίσως την αρνητική διάθεση των περισσότερων συμμετεχόντων σε διαδικασίες κατασκευής προβλημάτων. Παρόλα αυτά, από όσους το επιχείρησαν, μόνο δύο περιπτώσεις θεωρήθηκαν άστοχες. Συνεπώς, η επίλυση του προβλήματος πάνω στο ΦΕ και όχι η νοητή επίλυση των προβλημάτων συνέβαλε αρκετά στην δεύτερη κατασκευή (Cai & Hwang, 2002; Cifarelli & Cai, 2005; Rosli et al., 2015).

Περαιτέρω έρευνα μπορεί να πραγματοποιηθεί εστιάζοντας στον τρόπο που έγινε η επίλυση των προβλημάτων και με συνεντεύξεις να διαπιστωθεί αν συμβαδίζει με τις τέσσερις φάσεις που αναφέρουν οι Singer and Voica (2013): αποκωδικοποίηση, αναπαράσταση, διαχείριση, εφαρμογή. Επίσης, ενδιαφέρον έχει να αναλυθούν σε μεγαλύτερο βάθος οι στρατηγικές που ακολουθήθηκαν για την κατασκευή προβλημάτων στη δεύτερη φάση, έπειτα από την επίλυση και την ανάλυση του αρχικού προβλήματος με τις φάσεις που αναφέρουν οι Singer and Voica (2013). Μια τέτοια ανάλυση θα μπορούσε να βοηθήσει σημαντικά στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η επίλυση μπορεί να επηρεάσει τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται στην εκ νέου κατασκευή προβλημάτων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Cai, J., Hwang, S., Jiang, C., & Silber, S. (2015). Problem-posing research in mathematics education: Some answered and unanswered questions. In F. M. Singer, N. F. Ellerton & J. Cai (Eds.), *Mathematical Problem Posing: From research to effective practice* (pp. 3-34). New York: Springer.
- Cai, J., & Hwang, S. (2002). Generalized and generative thinking in U.S. and Chinese students' mathematical problem solving and problem posing. *The Journal of Mathematical Behavior*, 21, 401-421.
- Cifarelli, V. V., & Cai, J. (2005). The evolution of mathematical explorations in open-ended problem-solving situations. *The Journal of Mathematical Behavior*, 24, 302-324.
- Crespo, S., & Sinclair, N. (2008). What makes a problem mathematically interesting? Inviting prospective teachers to pose better problems. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11, 395-415.
- Koichu, B., & Kontorovich, I. (2013). Dissecting success stories on mathematical problem posing: A case of the Billiard Task. *Educational Studies in Mathematics*, 83, 71-86.

- Leung, S. S., & Silver, E. A. (1997). The role of task format, mathematics knowledge, and creative thinking on the arithmetic problem posing of prospective elementary school teachers. *Mathematics Education Research Journal*, 9, 5–24.
- Rosli, R., Capraro, M. M., Goldsby, D., Gonzalez y Gonzalez, E., Onwuegbuzie, J., & Capraro, R. M. (2015). Middle-grade preservice teachers' and mathematical problem solving and problem posing. In F. M. Singer, N. F. Ellerton & J. Cai (Eds.), *Mathematical Problem Posing: From research to effective practice* (pp. 333-353). New York: Springer.
- Silver, E. A., & Cai, J. (1996). An analysis of arithmetic problem posing by middle school students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27, 521–539.
- Singer, F., & Voica, C. (2013). A problem-solving conceptual framework and its implications in designing problem-posing tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 83, 9–26.
- Singer, F. M., & Voica, C. (2015). Is problem posing a tool how identifying and developing mathematical creativity? In F. M. Singer, N. F. Ellerton & J. Cai (Eds.), *Mathematical Problem Posing: From research to effective practice* (pp. 141-167). New York: Springer.
- Stoyanova, E., & Ellerton, N. F. (1996). A framework for research into students' problem posing. In P. Clarkson (Ed.), *Technology in mathematics education* (pp. 518–525). Melbourne, Australia: Mathematics Education Research Group of Australasia.

Εκπαιδευτικό υλικό ως στοιχείο της μαθηματικής δραστηριότητας

Μαριάννα Τζεκάκη¹

¹ Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, tzekaki@auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μαθηματική δραστηριότητα έχει αναλυθεί ως θεμελιακό στοιχείο της μαθηματικής εκπαίδευσης στις μικρές ηλικίες (και όχι μόνο). Αναπόσπαστο συστατικό της δραστηριότητας αποτελεί το εκπαιδευτικό υλικό και ο τρόπος με τον οποίο το υλικό αυτό συνδέει τη δράση του παιδιού με τις εμπλεκόμενες μαθηματικές έννοιες.

Στην εισήγηση γίνεται προσπάθεια να παρουσιαστεί μια συστηματική ανάλυση της εμπλοκής του εκπαιδευτικού υλικού και των χαρακτηριστικών του στις δράσεις των μαθητών και της ανάπτυξης νοήματος μέσα από αυτό. Για το σκοπό αυτό παρουσιάζονται συγκεκριμένες εφαρμογές εκπαιδευτικού υλικού σε διαφορετικές θεματικές περιοχές και μέσα από τα σχετικά έργα αναλύονται οι συνδέσεις τόσο με τις δράσεις όσο και με τις αντίστοιχες μαθηματικές έννοιες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μαθηματική δραστηριότητα, μαθηματικά έργα, εκπαιδευτικό υλικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γενικά αποδεκτό, ιδιαίτερα στις μικρότερες ηλικίες, ότι η χρήση του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού υποστηρίζει τη προσέγγιση των μαθηματικών εννοιών. Η διαμεσολάβηση όμως του εκπαιδευτικού υλικού στις μαθηματικές δραστηριότητες κάνει ακόμα πιο περίπλοκο τον προβληματισμό αναφορικά με την καταλληλότητα των δράσεων που μπορούν να υποστηρίξουν τα παιδιά στην επιδιωκόμενη μαθηματική ανάπτυξη. Κανένα από τα δύο στοιχεία, που θεωρούνται θεμελιακά στη μαθηματική εκπαίδευση, οι μαθηματικές δραστηριότητες και το εμπλεκόμενο εκπαιδευτικό υλικό, δεν είναι αυτονόητα και άρα από μόνα τους δεν εξασφαλίζουν ουσιαστική κατανόηση και ανάπτυξη μαθηματικών νοημάτων (Van oers, 2013; McNeil, & Uttal, 2009).

Στις διδακτικές προτάσεις για τα Μαθηματικά, ακόμα και στις μικρότερες ηλικίες, η ιδιαίτερη φύση των Μαθηματικών εισάγει πολλά και σημαντικά στοιχεία όπως για παράδειγμα, η εξαγωγή συμπερασμάτων και οι διαδικασίες αφαίρεσης - γενίκευσης (Τζεκάκη, 2014; 2011). Η ιδιαιτερότητα αυτή εγείρει επίσης και πολλά ερωτήματα σχετικά με το ποιές δράσεις και με ποιο υλικό μπορούν να υποστηρίξουν την προσέγγιση εννοιών, να συνδέσουν αφηρημένες έννοιες με συγκεκριμένες εφαρμογές, να ενθαρρύνουν διαδικασίες αφαίρεσης και γενίκευσης και να οδηγήσουν βαθμιαία στις σχετικές μαθηματικές έννοιες και διεργασίες που επιδιώκεται να αναπτυχθούν.

Συμπληρώνοντας λοιπόν την προηγούμενη εισήγηση (Τζεκάκη, 2014) που ανέλυε τη μαθηματική δραστηριότητα σε σύνδεση με τα αντίστοιχα έργα, στην παρούσα εισήγηση θα πλαισιώσουμε την ανάλυση αυτή με την αντίστοιχη του υλικού, το οποίο καλείται να παίξει ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Μαζί με τα παραδείγματα από τις σχετικές εφαρμογές που επικεντρώνονται κυρίως στη μαθηματική εκπαίδευση, θα δοκιμάσουμε να αναδείξουμε κάποια στοιχεία για ομοιότητες και διαφορές σχετικά με την ανάπτυξη άλλων εννοιών, όπως είναι οι έννοιες των φυσικών επιστημών.

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Μαθηματική δραστηριότητα

Είναι γενικά κατανοητό ότι η ανάπτυξη αυθεντικής μαθηματικής δραστηριότητας στις μικρές ηλικίες δεν είναι μια απλή διαδικασία. Συχνά οι προτεινόμενες διδακτικές προτάσεις εμπλέκουν απλές ή ακόμα και απλοϊκές δράσεις που δεν οδηγούν στην ανάπτυξη εννοιών (πολύ περισσότερο μαθηματικών εννοιών). Τα παιδιά ενθαρρύνονται να μετρούν, να αντιγράφουν μοτίβα, να αναπαράγουν σχήματα και σχηματισμούς, δράσεις που πραγματοποιούν συχνά χωρίς να οδηγούνται σε κάποιες πιο γενικευμένες και πιο ουσιαστικές ιδέες. Αντιμετωπίζουν καταστάσεις με καθημερινές έννοιες ή κιναισθητικές δράσεις και δεν καταλήγουν να αναπτύξουν αυτό που εντάσσεται μέσα στους στόχους της μαθηματικής εκπαίδευσης, δηλαδή υψηλού επιπέδου σκέψη και ικανότητες επίλυσης προβλημάτων, μοντελοποίησης και συστηματικής επεξεργασίας.

Αναφέρθηκε ήδη σε προηγούμενες παρουσιάσεις ότι το περιεχόμενο της μαθηματικής δραστηριότητας, δηλαδή της επεξεργασίας που προσεγγίζει τον μαθηματικό τρόπο σκέψης και λειτουργίας, είναι ουσιαστικά ένα σύνολο από ότι θα ονομάζαμε *μαθηματικές δράσεις*, δηλαδή δράσεις που αναπτύσσονται στο πλαίσιο της ίδιας της μαθηματικής επιστήμης (Τζεκάκη, 2014; 2011). Οι δράσεις αυτές περιλαμβάνουν:

«...αναζήτηση ιδιοτήτων και σχέσεων, αναγνώριση και αναζήτηση κανονικοτήτων και κοινών δομών, ανάλυση και σύνθεση σε μέρη και μοναδιαία μέρη, συνδέσεις, γλωσσική και αναπαρασταστική απόδοση (με εικόνες, σχήματα, σύμβολα), εξηγήσεις και τεκμηριώσεις, αναστοχασμός και γενίκευση... Όλες αυτές οι δράσεις εκκινούν από αυθεντικά ερωτήματα, πραγματικά προβλήματα, άγνωστες και προκλητικές καταστάσεις, παιχνίδια και συνδυάζονται με τις αντίστοιχες διεργασίες που περιλαμβάνουν διατύπωση υποθέσεων, επιλύσεις, μοντελοποιήσεις, χρήση πηγών και εργαλείων, αποδείξεις, μεταγνωστικές επεξεργασίες και τυποποιήσεις...» (Τζεκάκη, 2014, σ.64)

Κατά συνέπεια, στις διδακτικές προτάσεις τα έργα που προτείνουμε πρέπει φυσικά (αρχικά) να σχετίζονται με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες των παιδιών, να συνοπλογογίζουν τις προηγούμενες εμπειρίες και γνώσεις, να είναι προκλητικά, ευχάριστα, να κινούν το ενδιαφέρον των παιδιών, αλλά επίσης είναι απαραίτητο να ενθαρρύνουν τις μαθηματικές δράσεις που περιγράψαμε και να συνδέονται με το σχετικό μαθηματικό περιεχόμενο. Ο εκπαιδευτικός επιλέγοντας ή σχεδιάζοντας ένα μαθηματικό έργο δοκιμάζει πάντα να αποσαφηνίσει (α) την *μαθηματική ιδέα* με την οποία συνδέται και την σχέση μαζί της, (β) το *είδος του προτεινόμενου έργου*, (γ) τις *μαθηματικές δράσεις* που

ενθαρρύνει, (δ) τις αναπαραστάσεις που χρησιμοποιεί (εικόνες, σχήματα, σχέδια, σύμβολα κλπ), και (ε) το εκπαιδευτικό υλικό (με τη μορφή *εργαλείων*) που εμπλέκει (βλ. σχετική Τζεκάκη, 2014; Keitel 2006).

Τα προτεινόμενα για την ανάπτυξη μιας μαθηματικής ιδέας ή έννοιας έργα δεν είναι περιορισμένα ή μεμονωμένα. Ακολουθούν μια βαθμιαία πορεία οικοδόμησης σε ένα βάθος χρόνου στη βάση ενός συγκεκριμένου αλλά και ολοκληρωμένου σχεδίου που ακολουθεί:

«όχι μόνο την πρόοδο της σκέψης των παιδιών, αλλά και την πρόοδο της ίδιας της γνώσης σε αυτό το επίπεδο της σκέψης των παιδιών...» (Τζεκάκη, 2014, σ.66; Duval, 2000).

Εκπαιδευτικό υλικό

Η αναγκαιότητα χρήσης εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία των Μαθηματικών είναι αδιαμφισβήτητη. Ωστόσο ο όρος εκπαιδευτικό υλικό είναι μάλλον γενικός και περιλαμβάνει διαφορετικών διαστάσεων αντικείμενα ή υλικά που χρησιμοποιούνται μέσα στην τάξη, ανάμεσα στα οποία είναι τα (κατασκευασμένα) παιχνίδια, το εμπράγματο χειραπτικό υλικό, οι παραστάσεις ή άλλο υλικό με δραστηριότητες, οι φωτογραφίες, οι εικόνες, οι ταινίες, στοιχεία διαμόρφωσης του χώρου ή ψηφιακές εφαρμογές, κ.ά. Με τον όρο *μαθηματικό χειραπτικό υλικό* (mathematical manipulative) σε διάκριση από άλλα εργαλεία ή βοηθήματα οι Swan & Marshali (2010) ονομάζουν:

«...ένα αντικείμενο το οποίο ένας μαθητής μπορεί να χειριστεί με ένα αισθησιοκινητικό τρόπο έτσι ώστε να αναπτυχθεί συνειδητός ή μη συνειδητός μαθηματικός συλλογισμός ...» (σ. 14).

Αντίστοιχα οι Moyer, et al. (2002) με τον όρο *εικονικό χειραπτικό υλικό* (virtual manipulative), που συχνά αποτελεί αντιγραφές χειραπτικών υλικών, ονομάζουν:

«...μια αλληλεπιδραστική, ψηφιακή και/ή διαδικτυακή αναπαράσταση ενός δυναμικού αντικειμένου που ενθαρρύνει μαθηματική μάθηση...» (σ. 373).

Το στοιχείο που είναι γενικά αναγνωρίσιμο στη χρήση μαθηματικού εκπαιδευτικού υλικού είναι η σύνδεση του 'συγκεκριμένου' και ρεαλιστικού, όπως είναι το υλικό, με το 'αφηρημένο' και ιδεατό όπως είναι οι μαθηματικές έννοιες. Φυσικά η έννοια του 'συγκεκριμένου' αλλάζει χαρακτηριστικά όταν μιλάμε για ψηφιακό υλικό, αλλά γενικότερα, όπως αναφέρθηκε ήδη σε προηγούμενες εισηγήσεις, η διάκριση 'συγκεκριμένο' ή 'αφηρημένο' είναι μάλλον ανακριβής καθώς:

«...μια ιδέα ή μια έννοια δεν μπορεί να θεωρηθεί συγκεκριμένη ή μη συγκεκριμένη, γιατί γενικά είναι *αφηρημένη* και το αντίστοιχο ισχύει και για το υλικό που την παρουσιάζει...» (Τζεκάκη, 2014, σ. 67).

Η διάκριση αφορά μόνο το είδος της κατάστασης (ρεαλιστικής, εμπράγματης ή αναπαραστατικής/ψηφιακής) που παρουσιάζει και το είδος της δράσης (πρακτικής, αισθητηριακής, αντληπτικής ή νοεράς) που επιτρέπει. Για παράδειγμα, το υλικό Dienes, είναι ένα υλικό που το παιδί μπορεί να δει, να πιάσει, να αναλύσει και συνθέσει, γενικότερα να μελετήσει ή να χειριστεί. Όμοια το γεωπλάνο, όπου το παιδί τοποθετεί λαστιχάκια και δημιουργεί σχήματα ή τα μετακινεί και τα μετασχηματίζει. Αντίθετα στη

βάση του δέκα ή στους σχηματισμούς με τη μορφή ζαριού (και αντίστοιχες ψηφιακές παραστάσεις (βλ. σχετικά εικόνα 2) η προσέγγιση είναι μάλλον αντιληπτική, αν και ‘συγκεκριμένη’ και ορατή. Ωστόσο και στις τρεις περιπτώσεις η ίδια η δράση αλλά και οι έννοιες που αφορά (ποσότητες ή σχήματα) είναι αφηρημένες θεωρητικές κατασκευές και τα υλικά που αναφερθήκαν παραστάσεις αυτών των ιδεών. Το *πρώτο λοιπόν ερώτημα* που απασχολεί τον προβληματισμό σχετικά με τη χρήση κάποιου υλικού στις μαθηματικές δραστηριότητες είναι αν οι δράσεις και εμπειρίες που αναπτύσσει αυτή η χρήση συνδέονται (και με ποιο τρόπο) με τα μαθηματικά νοήματα που επιδιώκεται να αναπτυχθούν; Αν τα παιδιά είναι ικανά να σκεφτούν με όρους αφηρημένων εννοιών και συμβόλων, πώς θα τα οδηγήσουμε σε αυτό με τη χρήση συγκεκριμένου υλικού;

Είναι γνωστό ότι οι μαθηματικές έννοιες είναι ιδεατές κατασκευές και ως τέτοιες αποδίδονται με τη χρήση διαφορετικών αναπαραστατικών μέσων (αντικειμένων, εικόνων, σχεδίων, σχημάτων, σχεδιαγραμμάτων, μοντέλων ή συμβόλων). Ο Bruner είχε υποστηρίξει ήδη από πολύ νωρίς ότι η ανάπτυξη τους απαιτεί ένα πέρασμα από (α) τη δράση πάνω στα συγκεκριμένα αντικείμενα (enactive), στο σχηματισμό εικόνων από το συγκεκριμένο (iconic) και (γ) μεταγενέστερα στην ανάπτυξη συμβόλων (symbolic). Ωστόσο τα μαθηματικά εκπαιδευτικά υλικά που χρησιμοποιούνται είναι επίσης αναπαραστάσεις καταστάσεων, όπως για παράδειγμα οι πέντε βούλες σε μια κάρτα τύπου ζάρι ή το αντικείμενο που παριστάνει ένα τρίγωνο (Τζεκάκη, 2014). Τα στοιχεία λοιπόν αυτά *διαμεσολαβούν* για να δώσουν εννοιολογική υπόσταση σε κάποια έννοια, είναι όμως σε αντιστοιχία με την έννοια για την οποία διαμεσολαβούν (Goldin, 1998); Κι αυτό αποτελεί το *δεύτερο ερώτημα* σχετικά με τη χρήση του υλικού. Έρευνες έχουν καταδείξει ότι υλικά με μεγάλο ‘αντιληπτικό φόρτο’ ή κοινή καθημερινή χρήση για άλλο σκοπό, αποσπών από την κατάσταση που θέλουν να αναδείξουν και δεν επιτρέπουν τη μετάβαση στην πιο γενικευμένη συμβολική έννοια που θεωρείται ότι παρουσιάζουν (Petersen & McNeil, 2012).

Η έρευνα έχει δείξει σε πολλές και διαφορετικές περιπτώσεις ότι η μεταφορά από το χειριστικό ή γενικότερο πιο ‘συγκεκριμένο’ υλικό στα σύμβολα ή σχετικές μαθηματικές έννοιες (όπως πχ. οι αριθμητικές πράξεις) δεν είναι τόσο αυτονόητη (Uttal, et al., 2013). Συστηματικές μελέτες διδασκαλιών με και χωρίς χρήση χειραπτικού υλικού δίνουν αβέβαια αποτελέσματα ως προς τη σχετική μαθηματική μάθηση (Laski, et al., 2015; Carbonneau, Marley, & Selig, 2013). Καθώς οι μαθηματικές έννοιες προέρχονται από διαδοχικές αφαιρέσεις σε μεγάλο βάθος χρόνο (και όχι από άμεση αφαίρεση από το πραγματικό περιβάλλον όπως πολλές φορές συμβαίνει στις φυσικές έννοιες), δεν είναι απλό να δημιουργηθούν ή να προέλθουν από μία συγκεκριμένη κατάσταση ή την απλή χρήση ενός υλικού. Απαιτούν διαφορετικές δράσεις σε διαφορετικά υλικά, βαθμιαίο πέρασμα από τη μια μορφή αναπαράστασης στην άλλη (όλο και περισσότερο αφηρημένης, Fuson, 2009 στο Morin, & Samelson, 2015), όπως και γενίκευση της δράσης μέσα από την σύνδεση διαφορετικών καταστάσεων και διαφορετικών υλικών (Noss, Heyly & Hoyles, 1997). Και αυτό αποτελεί το *τρίτο ερώτημα* που σχετίζεται με τη διδασκαλία αναφορικά με το ποιο υλικό και ποια χρήση μπορούν να οδηγήσουν σε *κάθε συγκεκριμένη μαθηματική έννοια* επιδιώκεται να αναπτυχθεί;

Ανακεφαλαιώνοντα τα ειδικά χαρακτηριστικά που θα χρειαστεί να έχει το μαθηματικό εκπαιδευτικό υλικό (κυρίως χειριστικό ή ψηφιακό) για την προσέγγιση μαθηματικών εννοιών οδηγούμαστε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Αρχικά, το σχετικό εκπαιδευτικό υλικό οφείλει (1) να *παριστά κατάλληλα* τη μαθηματική ιδέα που αφορά ως προς τα χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες και τις σχέσεις που εμπλέκονται. Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστεί ότι τα περισσότερα από τα χρησιμοποιούμενα εκπαιδευτικά υλικά για τα Μαθηματικά δεν παριστάνουν παρά κάποιες διαστάσεις από την αντιμετωπιζόμενη έννοια. Για παράδειγμα, το υλικό *Diepés* αναπαριστά και εκφράζει κυρίως ανάλυση και σύνθεση (ακεραίων) μονάδων, δεκάδων κλπ. αφήνοντας ακάλυπτες άλλες ομαδοποιήσεις, διαιρέσεις ή υποδιαιρέσεις. Όμοια οι σχηματισμοί του τύπου ζαριού, δημιουργούν μια ποικιλία ομαδοποιήσεων αλλά επιμένουν στην παρουσίαση (ακεραίων) μονάδων. Η έρευνα δείχνει ότι η προσέγγιση των υποδιαιρέσεων των μονάδων είναι πιθανό να υποστηρίζεται σημαντικά από τη χρήση της αριθμητικής γραμμής.

Σε δεύτερο επίπεδο το εκπαιδευτικό υλικό οφείλει (2) να ενθαρρύνει την ανάπτυξη *κατάλληλων μαθηματικών δράσεων*, όπως περιγράφηκαν στη μαθηματική δραστηριότητα. Κι εδώ χρειάζεται να αποσαφηνιστεί ότι το κάθε υλικό δεν είναι σε θέση παρά να προκαλεί κάποιες από τις περιγραφείσες δράσεις. Για παράδειγμα, τα τανγκράμ ενθαρρύνουν αναλύσεις και συνθέσεις, ενώ οι κατασκευές των σχημάτων με διάφορα υλικά αναδεικνύουν τα μοναδιαία μέρη και τις συνδέσεις ανάμεσα στις σχετικές ιδιότητες. Τέλος το χρησιμοποιούμενο στις διδακτικές προσεγγίσεις υλικό καλείται (3) να υποστηρίζει το *πέρασμα από το 'συγκεκριμένο' και ειδικό στο 'αφηρημένο' και γενικό*. Η έρευνα έχει δείξει ότι η γνώση που τα παιδιά αναπτύσσουν όταν χρησιμοποιούν μόνο ένα συγκεκριμένο παράδειγμα είναι συχνά επικεντρωμένη στην ειδική μορφή και δεν μεταφέρεται σε διαφορετικά (αν και ισόμορφα) περιεχόμενα (McNeil & Alibali, 2005). Ακόμα κάποιες φορές η μορφή, η παράσταση, η δομή ή η λειτουργία που ενθαρρύνουν κάποια υλικά οδηγούν τους μαθητές σε άλλες από τις επιδιωκόμενες προσεγγίσεις. Για παράδειγμα, το υλικό με κυβάρια ή άλλα διακριτά αντικείμενα οδηγεί τα μικρά παιδιά (αποκλειστικά) στη διαδικασία καταμέτρησης, αποθαρρύνοντας άλλες λειτουργίες και αναπτύσσουν έτσι μια αθροιστική και όχι μια πολλαπλασιαστική δομή προσέγγισης των ποσοτήτων και των αριθμών.

Συνοψίζοντας, πολλοί ερευνητές έχουν καταδείξει ότι τα υλικά είναι βέβαια απαραίτητα αλλά υφίστανται περιορισμούς ως προς τις δράσεις που ενθαρρύνουν, τις παραστάσεις που χρησιμοποιούν, τη γενίκευση που υποστηρίζουν (Petersen, & McNeil, 2012; Sarama, & Clements, 2009). Έρευνες σε εκπαιδευτικούς σχετικά με τη χρήση μαθηματικού εκπαιδευτικού υλικού καταδεικνύουν υστερήσεις στη σχετική αξιοποίηση ή μονομερή χρήση κάποιων συγκεκριμένων στοιχείων (Moyer-Packenham, et al., 2013). Γενικότερα η χρήση τους δεν οδηγεί αυτονόητα στην ανάπτυξη των ιδεών που επιδιώκεται, αλλά οπωσδήποτε η μη οργανωμένη ή μεμονωμένη χρήση τους οδηγεί σε μάλλον αμφιλεγόμενο αποτελέσματα. Κοινή άποψη όλων των ερευνητών είναι ότι η ανάπτυξη των μαθηματικών εννοιών απαιτούν (όπως αναφέρθηκε ήδη), *σαφή σύνδεση* του/των υλικών με την υπό ανάπτυξη μαθηματικών εννοιών, *πολλαπλότητες υλικών*,

αναπαραστάσεων και δράσεων που να επιτρέψουν την σφαιρική προσέγγιση των εννοιών, εφαρμογή και συστηματική χρήση με μεγάλη διάρκεια και σταδιακή μετάβαση από πιο 'συγκεκριμένα' σε πιο αφηρημένα (σε αυτό που ονομάζεται 'ξεθόρρασμα του συγκεκριμένου) και επιδίωξη αφαιρέσεων και γενικεύσεων (Marley, & Carbonneau, 2014).

Πολλά από τα στοιχεία αυτά είναι σημαντικά και για την ανάπτυξη εννοιών των φυσικών επιστημών, όπως η πολλαπλότητα υλικών και δράσεων και η διάρκεια ενασχόλησης που μπορούν να επιτρέψουν τη σφαιρική προσέγγιση των σχετικών ιδεών και την εξαγωγή κανόνων. Ωστόσο η σύνδεση των εννοιών αυτών με πραγματικές καταστάσεις δίνει στη χρήση του υλικού διαφορετικά χαρακτηριστικά και οδηγεί σε αμεσότερη αντιστοίχιση, καθώς το φαινόμενο για το οποίο επιδιώκεται να αναπτυχθούν ιδέες είναι ρεαλιστικό και συχνά 'ορατό' (με μία έννοια). Αντίθετα, η γενίκευση και αφαίρεση, αν και διαφορετικού τύπου, απαιτούν επίσης επεξεργασία και σταδιακή εξαγωγή συμπερασμάτων. Όπως αναφέρθηκε ήδη, ακόμα και αν προέρχονται από ρεαλιστικές καταστάσεις, οι έννοιες των φυσικών επιστημών είναι αντίστοιχα αφηρημένες (όπως άλλωστε όλες οι έννοιες) (Ραβάνης, 2003). Καταλήγοντας, και οι δύο προσεγγίσεις (των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών) επιδιώκουν την προσέγγιση και την κατανόηση της πραγματικότητας, με τη χρήση μοντελοποιήσεων και εξαγωγή κανόνων, όμως έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά λόγω της φύσης των εννοιών.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΥΛΙΚΟΥ

Γεωμετρικά Σχήματα

Η ενότητα αυτή στο πρόγραμμα των Μαθηματικών για τις μικρές ηλικίες μοιάζει σχετικά απλή και αρκετά οικεία στους περισσότερους εκπαιδευτικούς. Κοινή είναι η αντίληψη ότι η ενασχόληση με μορφές και χειραπτικά σχήματα μπορούν να επιτρέψουν τους μικρούς μαθητές να γνωρίσουν και να χειριστούν τις σχετικές μαθηματικές έννοιες. Ωστόσο είναι αμφιλεγόμενο σε ποιο βαθμό τα παιδιά μπορούν να οδηγηθούν σε πιο αφηρημένες και πιο συμβολικές αντιλήψεις για τα απλά αυτά μαθηματικά αντικείμενα, πέρα από τις αντιλήψεις που έχουν για αυτά από καθημερινές χρήσεις.

Ο πρώτος προβληματισμός σχετικά με τις προτεινόμενες διδασκαλίες των γεωμετρικών σχημάτων και τη χρήση υλικού σχετίζεται με τον τρόπο μετάβασης από την ολιστική αντίληψη των σχημάτων στην αναλυτική προσέγγιση ιδιοτήτων και σχέσεων. Η μετάβαση αυτή απαιτεί δράσεις και υλικό που αναδεικνύουν τα δομικά χαρακτηριστικά των σχημάτων, ιδιότητες και σχέσεις, αναλύσεις και συνθέσεις και γενικότερα μετασχηματισμούς και γεωμετρικές κατασκευές. Οι έρευνες, οι οποίες αναδεικνύουν αδυναμίες των μαθητών στην ανάπτυξη αυτών των δράσεων αλλά και προσκόλληση στις πρωτοτυπικές μορφές και προσανατολισμούς των σχημάτων (Παπαδοπούλου & Τζεκάκη, 2014; Levenson, et al., 2012) καθοδηγούν την επιλογή του κατάλληλου υλικού ώστε να μην ενισχύουν τις δυσκολίες που αναφέραμε:

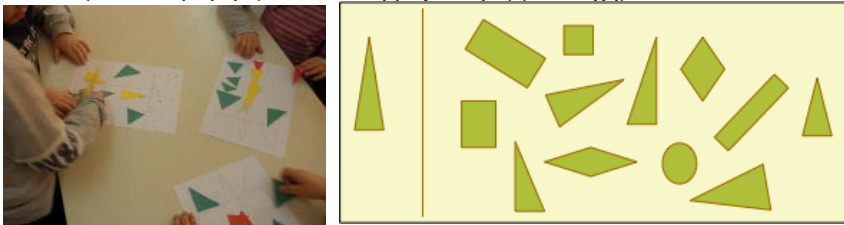
(α) Αρχικά απαιτείται ποικιλία μορφών, μεγεθών και θέσεων, ώστε τα παιδιά να αναζητήσουν κοινά χαρακτηριστικά ξεπερνώντας ολιστικές και πρωτοτυπικές μορφές για παράδειγμα, μικρά ή μεγάλα σχήματα, όχι μόνο συμμετρικά αλλά και στενόμακρα ή πολύ πλατιά, όχι μόνο σε οριζόντια και κατακόρυφη θέση αλλά και πλάγια ή ανάποδα.

Παράλληλα χρησιμοποιούνται διαφορετικά σχήματα από την ίδια κατηγορία, για παράδειγμα όχι μόνο ισόπλευρα τρίγωνα αλλά και σκαληνά ή αμβλυγώνια, όχι μόνο ορθογώνια αλλά και πλάγια παραλληλόγραμμα, όπως και διάφορες μορφές τετραπλεύρων. Αντίστοιχα στις κατασκευές των σχημάτων χρησιμοποιείται μια ποικιλία από υλικά ώστε να πολλαπλασιασθούν τα χαρακτηριστικά που αναδεικνύονται από τις κατασκευές, όπως για παράδειγμα γραμμικό ή σημειακό υλικό, συνθετικό ή ολιστικό, σταθερό ή μεταβαλλόμενο, πχ. ξυλάκια αλλά και πινέζες, ή συναρμολογούμενα σχήματα ή γεωπλάνο, κλπ.

Η έρευνα δείχνει ότι όσο τα παιδιά αντιμετωπίζουν τα σχήματα αισθησιο-αντιληπτικά δεν είναι σε θέση να διακρίνουν ιδιότητες, κατηγορίες και σχέσεις (Sarama & Clements, 2009), αλλά όταν μπουν στην λογική των συγκρίσεων διαφόρων μορφών ή μεγεθών καταλήγουν να αντιληφθούν τις αλλαγές στα σχήματα και τις μεταξύ τους σχέσεις.

(β) Στη συνέχεια, σε αυτή την πολλαπλότητα υλικού, προτείνονται δράσεις που ξεπερνούν την απλή αναγνώριση και βοηθούν τα παιδιά να επικεντρωθούν σε χαρακτηριστικά και να εμβαθύνουν σε ιδιότητες και σχέσεις, όπως είναι για παράδειγμα η αναγνώριση ιδιοτήτων μέσα από το παιχνίδι ‘βρες τον κανόνα μου’ ή κατηγοριών στην ίδια ομάδα όπως ομαδοποιήσεις σε τρίγωνα ή τετράπλευρα ή συγκρίσεις σχημάτων, κλπ. (Τζεκάκη, 2010).

Εικόνα 1. Ομαδοποίηση τριγώνων και ‘βρες το κρυμμένο σχήμα’



Αναφέρθηκε ήδη η ανάγκη ενασχόλησης με διάρκεια (γ) και (δ) η απομάκρυνση από το ‘συγκεκριμένο’, στοιχεία που επιβεβαίωσε η έρευνα των Παπαδοπούλου και Τζεκάκη (2014) στην οποία, με το κατάλληλο υλικό και δράσεις, τα παιδιά σταδιακά καταφέρνουν, όχι μόνο να αναγνωρίσουν αλλά και να περιγράψουν σε ένα ‘γενικευμένο’ για τον τρόπο σκέψης τους επίπεδο, τα σχήματα, τις ιδιότητες και τις μεταξύ τους σχέσεις.

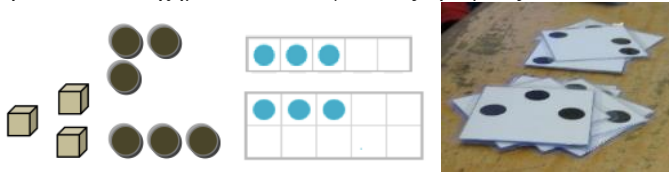
Αριθμητικές έννοιες

Μία από τις πιο σημαντικές αλλά και πιο απαιτητικές ενότητες στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών ηλικιών είναι η θεμελίωση της έννοιας του αριθμού. Τα παιδιά καλούνται να διαμορφώσουν ισχυρές και ευέλικτες *εσωτερικές αναπαραστάσεις* των αριθμών και των σχέσεων της πρώτης δεκάδας και στη βάση αυτή να στηρίξουν το επαναλαμβανόμενο σχήμα του δεκαδικού συστήματος και να προσεγγίσουν την δομή των άλλων αριθμητικών συνόλων (Τζεκάκη, 2010; Sarama, & Clements, 2009).

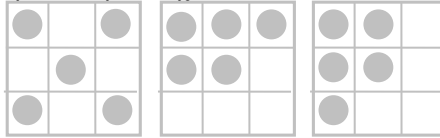
Η εννοιολογική συγκρότηση του αριθμού απαιτεί μια ποικιλία *εξωτερικών αναπαραστάσεων*. Τα μέσα που χρησιμοποιούνται (από χειριστικά υλικά μέχρι σχηματικά μοντέλα) καλούνται να αποδώσουν όλες του τις διαστάσεις και να αναπτύξουν βαθμιαία το νόημα με τις ιδιότητες και τις σχέσεις των αριθμών, συνδέοντας στη συνέχεια με τις αριθμητικές λέξεις και τα γραπτά σύμβολα. Η χρήση υλικού στην ενότητα αυτή είναι η περισσότερο αναπτυγμένη αλλά και η περισσότερο παραξηγημένη, καθώς το ενδιαφέρον μοιάζει να επικεντρώνεται διδακτικά, αρχικά, στην απαρίθμηση ή αργότερα στις εικόνες και τα αριθμητικά σύμβολα. Αντίθετα η απαιτούμενη ανάπτυξη απαιτεί μια αρχική μάλλον εικονιστική παράσταση των ποσοτήτων που θα εξελιχθεί και θα καταλήξει στις πιο αφηρημένες μορφές.

Έτσι με τη χρήση κατάλληλων δράσεων και υλικού, δοκιμάζουμε να συνδέσουμε (α) τις αριθμητικές έννοιες με μια ποικιλία αναπαραστατικών μέσων που θα τροφοδοτήσουν τα παιδιά με δυναμικές νοερές αναπαραστάσεις, όπως για παράδειγμα χειραπτικό υλικό, κύβοι ή υλικά μέτρησης (counters), αριθμητήρια ή υλικό Dienes, Montessori, κλπ., και μάλλον αφαιρετικό παρά καθημερινό υλικό. Ακολουθεί υλικό με σχηματικά μοντέλα και σχηματισμούς, όπως είναι το ζάρι, κάρτες σε ποικίλες μορφές ζαριού, ή παραστάσεις στη βάση του πέντα ή του δέκα, που εκτός από μία εικόνα της ποσότητας παρουσιάζουν και μια ποικιλία σχέσεων ανάμεσα στις ποσότητες.

Εικόνα 2. Χειραπτικό και σχηματικό υλικό για τους αριθμούς



Η πολλαπλότητα του υλικού είναι απαραίτητο να πλαισιώνεται από (β) ποικίλες δράσεις, όπως αναγνώριση συμβόλων, αναγνώριση ποσοτήτων με μια ματιά, απαρίθμηση (με διαφορετικά βήματα), συγκρίσεις και προσέγγιση σχέσεων, διάταξη ποσοτήτων και αριθμογραμμή, μετρήσεις μεγεθών, επίλυση προβλημάτων, κλπ. και σε (γ) σε βάθος χρόνου ώστε να δοθεί η ευκαιρία στα παιδιά, μέσα από την ποικιλία των αναπαραστάσεων και δράσεων να δημιουργήσουν δυναμικές αναπαραστάσεις για τους αριθμούς και τις σχέσεις τους. Έτσι για παράδειγμα οι δράσεις (κυρίως άμεσης αναγνώρισης) με σχηματισμούς όπως της βάσης του πέντε ή του δέκα, ή ακόμα και του ζαριού, δημιουργούν βαθμιαία (ασυνείδητες σχεδόν) αντιλήψεις για τις σχέσεις των αριθμών, όπως στην εικόνα που ακολουθεί όπου το 5 σχηματίζεται από 4 και 1, 3 και 2 ή 2, 2 και 1.

Εικόνα 3. Σχηματική παράσταση των σχέσεων του 5

Οι δραστηριότητες, τα παιχνίδια και οι κατασκευές με το υλικό αυτό δημιουργούν σταδιακά στο μυαλό των παιδιών ‘εικόνες’ των αντίστοιχων σχέσεων.

Η (δ) βαθμιαία απομάκρυνση από το ‘συγκεκριμένο’ και η κατοχύρωση του εννοιολογικού νοήματος του αριθμού και των αριθμητικών σχέσεων δημιουργεί στα μικρά παιδιά τη βάση για την ανάπτυξη και των επόμενων αριθμητικών εννοιών. Η συζήτηση και η ‘εξαγωγή συμπερασμάτων’ οργανώνει στην αντίληψη των μικρών μαθητών για τις επιδοκώμενες σχέσεις, όπως γίνεται αντιληπτό από τὰ λόγια ενός εξάχρονου που ‘συμπεριφέρει’ ότι «...όταν μας δίνουν πολλές βούλες... δεν τα μετράμε ένα – ένα, αλλά δύο – δύο, τρία – τρία, δηλαδή σε ομάδες...» (Παπαδοπούλου, υπό έκδοση).

ΓΕΝΙΚΑ ΣΧΟΛΙΑ

Ανακεφαλαιώνοντας μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι, αν και η χρήση μαθηματικού εκπαιδευτικού υλικού είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη μαθηματικών νοημάτων, η επιλογή, η εφαρμογή και η διαχείριση του υλικού αυτού δεν είναι αυτονόητη, ούτε οδηγεί αυτόματα σε μαθηματική μάθηση.

Αποτελέσματα μεγάλου αριθμού ερευνών επισημαίνουν ότι οι εκπαιδευτικοί, ενώ χρησιμοποιούν κάποια υλικά, δεν κατανοούν ακριβώς ποιά πρέπει να χρησιμοποιήσουν και για ποιο λόγο, και μειώνουν βαθμιαία τη χρήση του στις μεγαλύτερες τάξεις (Swan, & Marshali, 2010). Επιπλέον συγκρίσεις ανάμεσα στη μάθηση με τη χρήση του υλικού ή χωρίς αυτή, ή επίσης σύνδεσης της δράσης στο υλικό με τις δράσεις σε συμβολικές παραστάσεις δείχνουν αβέβαια αποτελέσματα ή οφέλη κάτω από προϋποθέσεις (Carbonneau, Marley, & Selig, 2013).

Είναι λοιπόν φανερό ότι η χρήση μαθηματικού εκπαιδευτικού υλικού οδηγεί με αυτές τις προϋποθέσεις στην ανάπτυξη μαθηματικών νοημάτων. Οι πιο σημαντικές από αυτές είναι η πολλαπλότητα, η πλαισίωση από κατάλληλες και δημιουργικές δράσεις, η μελέτη της επιλογής και της διαχείρισης και η συστηματική ανάπτυξη συνδέσεων ανάμεσα στο ‘συγκεκριμένο’ και τις μαθηματικές έννοιες. Για τον εκπαιδευτικό σημαίνει προσεκτική επιλογή και κατάλληλη χρήση με διαρκή προβληματισμό για το πώς οι συγκεκριμένες διαστάσεις του μαθησιακού αντικειμένου θα γίνουν αντιληπτές από τα παιδιά. Οι έρευνες στα ζητήματα αυτά είναι πολλές, αλλά δεν υπάρχουν ακόμα τελικές απαντήσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J.P. (2013). A Meta-Analysis of the Efficacy of Teaching Mathematics with Concrete Manipulatives. *Journal of Educational*

- Psychology*, Vol. 105, No. 2: 380 – 400.
- Duval, R. (2000). Basic Issues of research in mathematics education. In T. Nakahara & M. Koyama (eds.), *Proceedings of the 24th Conference of PME*, Vol. 1, pp. 55 - 72. Hiroshima University.
- Goldin, G. (1998). Representational systems, learning, and problem solving in mathematics. *The Journal of Mathematical Behavior*, Volume 17, Issue 2: 137 – 165.
- Keitel, C. (2006). ‘Setting a Task’ in German Schools. Different Frames for Different Ambitions. In D. J. Clarke, C. Keitel, & Y. Shimizu (eds.), *Mathematics Classrooms in Twelve Countries: The Insider’s Perspective*, pp. 37-57. Sense Publishers.
- Laski, E.V., Jor’dan, J.R., Daoust, C., & Murray, A. M. (2015). What Makes Mathematics Manipulatives Effective? Lessons from Cognitive Science and Montessori Education. *SAGE Open*, April-June 2015: 1 – 8.
- Levenson, E., Tirosh, D., & Tsamir, P. (2012). *Preschool Geometry*. Sense Publishers.
- Marley, S. C.M., & Carbonneau, K.J. (2014). Theoretical Perspectives and Empirical Evidence Relevant to Classroom Instruction with Manipulatives. *Educational Psychology Review*, Special Issue: Editorial.
- McNeil, N. M., & Uttal, D. H. (2009). Rethinking the Use of Concrete Materials in Learning: Perspectives From Development and Education. *Child Development Perspectives*, 3.3: 137 - 139
- Morin, J., & Samelson, V.M. (2015). Congruent Manipulative displays. *Teaching children mathematics*, Vol. 21, No. 6: 363 – 370.
- Moyer, P. S., Bolyard, J.J. & Spikell, M.A (2002). What Are Virtual Manipulatives? *Teaching Children Mathematics* 8 (February): 372 – 77.
- Moyer-Packenham, P., S., Salkind, G. M., Bolyard, J., & Suh J. M. (2013). Knowledgeable and Experienced Teachers’ Uses of Manipulatives to Teach Mathematics. *Online Journal of Education Research*, Volume 2, Issue 2: 18 - 33.
- Noss, R., Healy, L., & Hoyles, C. (1997). The construction of mathematical meanings: Connecting the visual with the symbolic. *Educational Studies of Mathematics*, 33: 203 – 233.
- Παπαδοπούλου, Ε., & Τζεκάκη, Μ. (2014). Γενίκευση στην προσχολική ηλικία: μια εφαρμογή στα γεωμετρικά σχήματα. Στο Μ. Τζεκάκη & Μ. Κανατσούλη, *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή συμμετοχή «Ανα- στοχασμοί για την παιδική ηλικία»*, σ. 1103 - 1123. Θεσσαλονίκη: ΤΕΠΑΕ – ΑΠΘ.
- Petersen, L. A., & McNeil, N. M. (2012). Effects of perceptually rich manipulatives on preschoolers’ counting performance: Established knowledge counts. *Child Development*, Volume 84, Issue 3: 1020 – 1033.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). *Early Childhood Mathematics Educations Research. The learning trajectories for young children*. Routledge.
- Swan, P., & Marshali, I. (2010). Revisiting Mathematics Manipulative Materials. *APMC* 15 (2): 13 – 19.
- Ραβάνης, Κ. (2003). Εισαγωγή στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

- Τζεκάκη, Μ. (2014). Μαθηματική δραστηριότητα μέσα στο παιχνίδι και στο εκπαιδευτικό υλικό. Στο Σκουμπουρδή, Χ. & Σκουμιός, Μ. (επιμ.), *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες"*, σ. 60 - 71. Ρόδος: ΤΕΠΕΣ, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Τζεκάκη, Μ. (2011). Μαθηματική Δραστηριότητα και Μαθηματικά Έργα. Στο Καλδρυμίδου, Μ. & Βαμβακούση, Ξ. (επιμ.), *Πρακτικά από το 4ο Συνέδριο της Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών*, σ. 51-66. Ιωάννινα, ΕΝΕΔΙΜ - Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Τζεκάκη, Μ. (2010). *Μαθηματική Εκπαίδευση για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*. Θεσσαλονίκη: Ζυγός.
- Uttal, D., O'Doherty, K., Newland, R., Hand, L. L., & DeLoache, J. (2009). Dual representation and the linking of concrete and symbolic representations. *Child Development Perspectives*, 3: 156 – 159.
- Van Oers, B. (2013). Communicating About Number: Fostering Young Children's Mathematical Orientation in the World. In L. D. English & J. T. Mulligan (eds.), *Reconceptualizing early mathematics learning*, pp. 183 – 2014. Springer.

Απόψεις υποψήφιων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για το υλικό στη διδασκαλία των μαθηματικών

Μαρία Καλαφατά ¹, Χρυσάνθη Σκουμπουρδή ² &
Παρασκευή-Τσαμπίκα Χρυσανθή ³

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

psed15011@rhodes.aegean.gr, kara@aegean.gr, psed15009@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θεωρώντας τη γνώση του ρόλου των υλικών ως συμπλήρωμα της γνώσης περιεχομένου και της παιδαγωγική γνώσης, οι οποίες είναι απαραίτητες σε έναν εκπαιδευτικό για να διδάξει μαθηματικά, στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι απόψεις υποψήφιων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών αναφορικά με τη θέση, τον ρόλο και την αναγκαιότητα χρήσης υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση.

Η εργασία επικεντρώνεται στον προσδιορισμό, από τους εκπαιδευτικούς, δραστηριοτήτων στις οποίες είναι απαραίτητη ή όχι η χρήση υλικού και αποτελεί μία αρχική αποτύπωση των τοποθετήσεών τους, η οποία θα αποτελέσει την αφορμή για περαιτέρω διερευνήσεις. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι τόσο οι υποψήφιοι όσο και οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί εκδήλωσαν θετική στάση στη χρήση υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση, τονίζοντας ότι το υλικό καλύπτει περισσότερο γνωστικές και διδακτικές ανάγκες. Βέβαια, αρκετοί εκπαιδευτικοί δυσκολεύτηκαν να προτείνουν υλικά και να περιγράψουν δραστηριότητες με αυτά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Υλικό, υποψήφιοι και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί, μαθηματικά

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον προβληματισμό της ερευνητικής κοινότητας για το τι γνώσεις είναι απαραίτητες σε έναν εκπαιδευτικό ώστε να διδάξει μαθηματικά σε οποιοδήποτε επίπεδο, η γνώση περιεχομένου και η παιδαγωγική γνώση (Shulman, 1986) είναι οι δύο κύριες διαστάσεις που μονοπωλούν σχεδόν τις σχετικές συζητήσεις. Η πρώτη, η γνώση περιεχομένου, αφορά σε πράξεις, κανόνες, διαδικασίες, έννοιες, αλλά και στο βάθος και εύρος της γνώσης που πρέπει να υπάρχει για τα σχολικά μαθηματικά. Η δεύτερη, η παιδαγωγική γνώση, περιλαμβάνει την κατανόηση του τι κάνει τη μάθηση συγκεκριμένων μαθηματικών εννοιών εύκολη ή δύσκολη, λαμβάνοντας υπόψη, εκτός των άλλων, το τι είναι ικανά τα παιδιά διαφορετικών ηλικιών και κοινωνικών ομάδων να καταφέρουν για το συγκεκριμένο θέμα.

Η γνώση περιεχομένου και η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου των εκπαιδευτικών συνδέεται στενά και με τα υλικά και άλλα μέσα που επιλέγουν για να προάγουν τη μαθηματική δραστηριότητα στην τάξη (Nührenbörger & Steinbring, 2008; Parada & Sacristán, 2010; Straßer, 2009). Προκύπτει λοιπόν η αναγκαιότητα να γνωρίζουν οι εκπαιδευτικοί την ποικιλία των διαθέσιμων υλικών, τη λειτουργικότητά τους, τους τρόπους χρήσης τους, τις δυνατότητες, καθώς και τα όριά τους, αλλά και πώς να τα πλαισιώσουν, κριτικά και δημιουργικά, με ενδιαφέρουσες καταστάσεις προβληματισμού, ώστε να επιτευχθεί η μάθηση (Σκουμπουρδή, 2012). Κανένα τεχνούργημα δεν συμβάλλει από μόνο του στην απόδοση μαθηματικού νοήματος, αν οι κοινωνικές πρακτικές που εισάγει ο εκπαιδευτικός στην τάξη των μαθηματικών δεν είναι αποτελεσματικές (Bartolini Bussi, 2011). Μόνο αν οι εκπαιδευτικοί επικεντρώνονται στο περιεχόμενο που θέλουν να διδάξουν, στη μεθοδολογία που θέλουν να χρησιμοποιήσουν, έχοντας λάβει υπόψη τις ιδιαιτερότητες των μαθητών τους, μπορούν να ενσωματώσουν τα υλικά, στις δραστηριότητές τους, ώστε να βοηθήσουν την κατανόηση του υπό διδασκαλία μαθηματικού αντικειμένου.

Από τα δεδομένα των ερευνών έχει καταγραφεί ότι η εκπαιδευτική βαθμίδα, η εμπειρία των εκπαιδευτικών, αλλά και ο τρόπος που αντιλαμβάνονται οι εκπαιδευτικοί τη διδασκαλία συχνά καθορίζει και τις απόψεις τους για τη θέση και τον ρόλο του υλικού στη διδακτική πράξη, το είδος των υλικών που χρησιμοποιούν, αλλά και τη συχνότητα χρήσης τους. Οι νηπιαγωγοί υποστηρίζουν ότι στην προσχολική εκπαίδευση η χρήση εποπτικού υλικού για τη διδασκαλία των μαθηματικών εννοιών είναι απαραίτητη και το χρησιμοποιούν πάντα ή πολύ συχνά όταν διδάσκουν (Δεσλή & Κωστελίδου, 2008). Οι λόγοι που αναφέρουν σχετίζονται με την αφηρημένη φύση των μαθηματικών, καθώς και τη δημιουργία ενδιαφέροντος και ελκυστικού περιβάλλοντος μάθησης για τα παιδιά. Τα είδη του υλικού που χρησιμοποιούν πιο συχνά είναι αντικείμενα από το νηπιαγωγείο, φυσικά υλικά και επιτραπέζια παιχνίδια. Λιγότερο συχνά χρησιμοποιούν οπτικοακουστικά μέσα και φύλλα εργασίας.

Τόσο οι εν ενεργεία όσο και οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί είναι ενημερωμένοι για διάφορα υλικά. Σε έρευνα φάνηκε ότι οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί ήταν πιο ενημερωμένοι για τον ρόλο των συνδεδεμένων κύβων, των μπλοκς πολλαπλών βάσεων του Dienes, του άβακα, καθώς και του πίνακα της εκατοντάδας στην ανάπτυξη των αριθμητικών εννοιών (Kolar & Čadež, 2010). Οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί ήταν πιο ενημερωμένοι για τη χρήση του γεωπίνακα. Οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ανέφεραν ότι χρησιμοποιούν ποικίλο υλικό κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών, ότι τα υλικά βοηθούν τη διαδικασία της μάθησης και ότι η χρήση υλικού είναι σημαντική για όλες τις τάξεις.

Σε άλλη έρευνα φάνηκε ότι το εποπτικό υλικό αποτελούσε, για τους εκπαιδευτικούς, σημαντικό βοήθημα για την κατανόηση μαθηματικών εννοιών από τους μαθητές τους, καθώς και για την εισαγωγή καινούριων εννοιών (Καφούση & Ντζιαχρήστος, 2000). Ιδιαίτερη έμφαση έδιναν στη χρήση υλικού για τη διδασκαλία αριθμητικών εννοιών στις μικρές τάξεις και για τη διδασκαλία της γεωμετρίας στις μεγάλες τάξεις

Θεωρώντας τη γνώση του ρόλου των υλικών ως συμπλήρωμα της γνώσης περιεχομένου και της παιδαγωγική γνώσης, στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι απόψεις υποψήφιων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών αναφορικά με τη θέση, τον ρόλο και την αναγκαιότητα χρήσης υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση. Η εργασία επικεντρώνεται στον προσδιορισμό, από τους εκπαιδευτικούς, δραστηριοτήτων στις οποίες είναι απαραίτητη ή όχι η χρήση υλικού και αποτελεί μία αρχική αποτύπωση των τοποθετήσεών τους, η οποία θα αποτελέσει την αφορμή για περαιτέρω διερευνήσεις. Μόνο γνωρίζοντας την οπτική των εκπαιδευτικών για το συγκεκριμένο θέμα μπορεί να αποσαφηνιστεί τι είδους υποστήριξη τους είναι απαραίτητη για τη σχεδιασμένη εισαγωγή υλικών και άλλων μέσων στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία.

ΜΕΘΟΛΟΓΙΑ

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν υποψήφιοι (118 φοιτητές ΤΕΠΑΕΣ και 30 φοιτητές ΠΤΔΕ) και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί (40 νηπιαγωγοί και 20 δάσκαλοι). Το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος απαρτιζόταν από γυναίκες (100% ν, 80% δ, 96% φν, 73% φδ¹). Τα χρόνια υπηρεσίας των εν ενεργεία εκπαιδευτικών ήταν μεταξύ 6 και 15 (45% ν, 55% δ), ενώ το έτος σπουδών των φοιτητών ήταν το πρώτο (36% φν, 27% φδ) και το δεύτερο (41% φν, 57% φδ). Να σημειωθεί, ότι οι φοιτητές προσχολικής εκπαίδευσης του δεύτερου έτους σπουδών, μόλις είχαν ολοκληρώσει το εξαμηνιαίο μάθημα που είχε ως αντικείμενο τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και τη διαχείριση εκπαιδευτικού υλικού για τα μαθηματικά.

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίου. Οι ερωτήσεις που αποτέλεσαν τους κεντρικούς άξονες της συγκεκριμένης εργασίας ήταν οι παρακάτω:

1. Ποια θεωρείτε ότι είναι η θέση και ο ρόλος του υλικού στη διδασκαλία των μαθηματικών;
2. Για τη διδασκαλία ποιων μαθηματικών εννοιών θεωρείτε απαραίτητη τη χρήση υλικού; Γιατί; Μπορείτε να περιγράψετε μία δραστηριότητα;
3. Για τη διδασκαλία ποιων μαθηματικών εννοιών δεν θεωρείτε απαραίτητη τη χρήση υλικού; Γιατί; Μπορείτε να περιγράψετε μία δραστηριότητα;

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν ανά ερώτηση. Να σημειωθεί ότι οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να δώσουν παραπάνω από μια απάντηση σε κάθε ερώτηση.

Ποια θεωρείτε ότι είναι η θέση και ο ρόλος του υλικού στη διδασκαλία των μαθηματικών του νηπιαγωγείου/δημοτικού σχολείου;

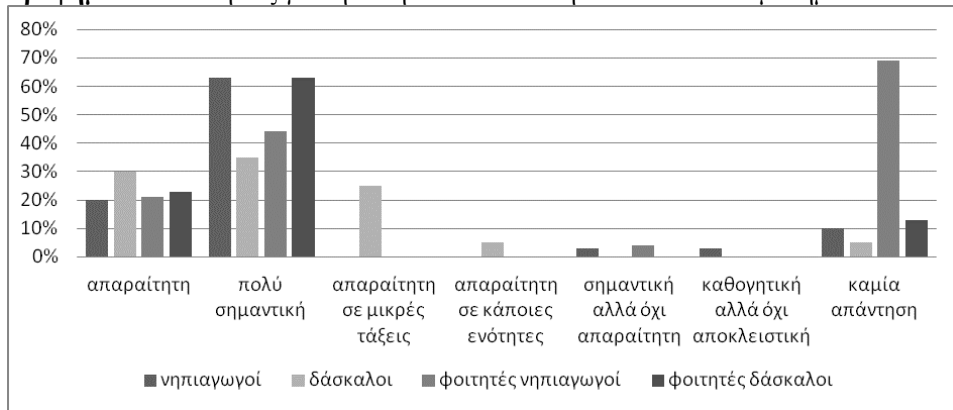
Όλες οι απαντήσεις τόνισαν τη σπουδαιότητα της θέσης του υλικού στη διδασκαλία των μαθηματικών και κυρίως εκείνες, που συγκέντρωσαν και τα μεγαλύτερα ποσοστά, οι οποίες χαρακτήρισαν τη θέση του απαραίτητη και πολύ σημαντική (Γράφημα 1). Βέβαια

1 Όπου ν: νηπιαγωγοί (εν ενεργεία εκπαιδευτικοί), δ: δάσκαλοι (εν ενεργεία εκπαιδευτικοί), φν: φοιτητές νηπιαγωγοί (υποψήφιοι εκπαιδευτικοί) και φδ: φοιτητές δάσκαλοι (υποψήφιοι εκπαιδευτικοί)

αξίζει να σημειωθεί ότι αρκετοί δάσκαλοι (25%) διευκρίνισαν ότι είναι απαραίτητη μόνο στις μικρές τάξεις.

Η σημασία που δίνουν οι υποψήφιοι και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί στη θέση του υλικού, αναδείχθηκε και από τις απαντήσεις τους σε άλλες ερωτήσεις. Πιο συγκεκριμένα, στην ερώτηση: «Πόσο συχνά θεωρείτε ότι χρησιμοποιείτε/θα χρησιμοποιείτε υλικό κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών;», η πλειοψηφία του δείγματος απάντησε ότι χρησιμοποιεί ή θα χρησιμοποιούσε υλικό κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών κάθε εβδομάδα (68% ν, 45% δ, 72% φν, 64% φδ) ή συχνότερα από μία φορά την εβδομάδα (18% ν, 25% δ, 18% φν, 23% φδ). Σε παρόμοια ερώτηση: «Ποια χρονική περίοδο προτιμάτε/θα προτιμάτε να χρησιμοποιείτε υλικό;», οι ερωτηθέντες δήλωσαν ότι σε κάθε χρονική περίοδο θα χρησιμοποιούσαν υλικό (88% ν, 70% δ, 40% φν, 53% φδ).

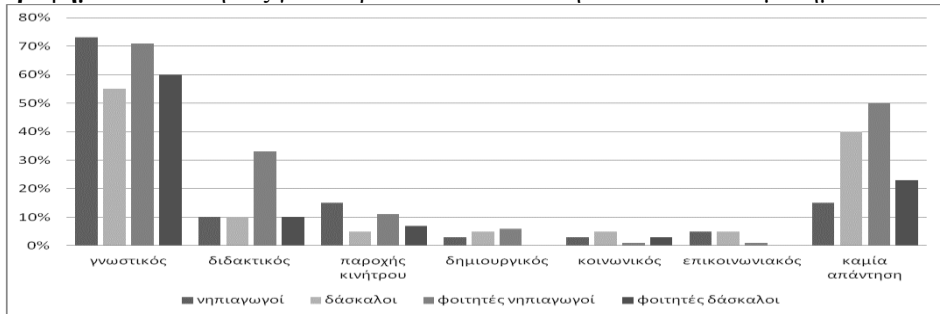
Γράφημα 1: Απαντήσεις για τη θέση του υλικού στη διδασκαλία των μαθηματικών



Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών για τον ρόλο του υλικού κατηγοριοποιήθηκαν σε έξι κατηγορίες (Γράφημα 2): 1. γνωστικός, 2. διδακτικός, 3. παροχής κινήτρου, 4. δημιουργικός, 5. κοινωνικός και 6. επικοινωνιακός. Ως προς τον γνωστικό του ρόλο (73% ν, 55% δ, 71% φν, 60% φδ) υποστήριξαν ότι το υλικό βοηθάει στην κατανόηση εννοιών/σχέσεων/ασκήσεων κ.λπ. Σε ανάλογη ερώτηση κατά την οποία ζητούνταν οι λόγοι για τους οποίους είναι απαραίτητη η χρήση του υλικού, σχεδόν οι μισοί νηπιαγωγοί (45%) και φοιτητές νηπιαγωγοί (53%), αλλά και αρκετοί δάσκαλοι (30%) και φοιτητές δάσκαλοι (26%) δήλωσαν, ότι είναι απαραίτητη η χρήση υλικού περισσότερο για γνωστικούς λόγους. Για τον διδακτικό του ρόλο (10% ν, 10% δ, 33% φν, 10% φδ) οι απαντήσεις ήταν της μορφής: «βοηθάει: στην απόδοση/ ενίσχυση των μαθηματικών/ της εκπαιδευτικής διαδικασίας, στην επίτευξη στόχου, κ.α.». Όσον αφορά στην παροχή κινήτρου (15% ν, 5% δ, 11% φν, 7% φδ) ανέφεραν ότι η χρήση υλικού είναι σημαντική για ποικιλία, πρόκληση ενδιαφέροντος, κίνητρο, διασκέδαση, ψυχαγωγία. Η παροχή κινήτρου αναφέρθηκε και στις απαντήσεις τους στην ερώτηση για τους λόγους που είναι απαραίτητη η χρήση υλικού (3% ν, 2% φν, 7% φδ). Τέλος, ένα μικρό ποσοστό του

δείγματος αναφέρθηκε στους υπόλοιπους ρόλους του υλικού: στον δημιουργικό του ρόλο (3% ν, 5% δ, 6% φν), αναφέροντας τη «δημιουργική συμμετοχή του παιδιού». στον κοινωνικό του ρόλο (3% ν, 5% δ, 1% φν, 3% φδ), σημειώνοντας απαντήσεις του τύπου «κατανόηση της σημασίας που έχουν τα μαθηματικά στη ζωή μας», καθώς και στον επικοινωνιακό του ρόλο (5% ν, 5% δ, 1% φν) με απαντήσεις του τύπου «ενίσχυση της μαθηματικής συζήτησης στην τάξη».

Γράφημα 2: Απαντήσεις για τον ρόλο του υλικού στη διδασκαλία των μαθηματικών



Αξίζει να σημειωθεί ότι μεγάλο ποσοστό του δείγματος (15% ν, 40% δ, 50% φν, 23% φδ) δεν εξέφρασε άποψη για τον ρόλο του υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση (Γράφημα 2). Επίσης, φοιτητές νηπιαγωγοί (69%) δεν έδωσαν κάποια απάντηση στο ερώτημα για τη θέση του υλικού, ενώ στις απαντήσεις τους ανέδειξαν τον ρόλο του.

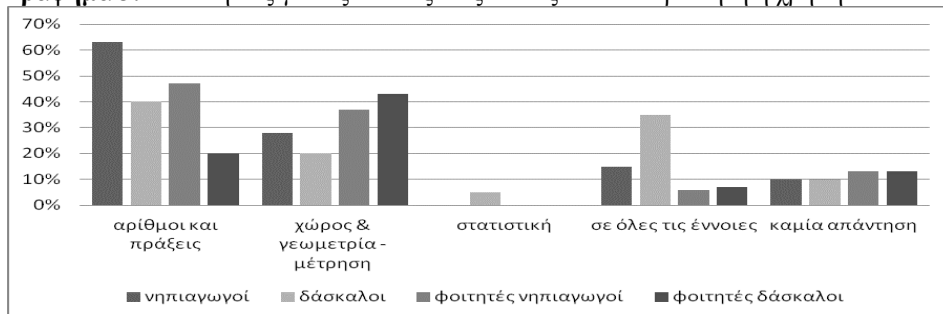
Για τη διδασκαλία ποιων μαθηματικών εννοιών θεωρείτε απαραίτητη τη χρήση υλικού; Γιατί; Μπορείτε να περιγράψετε μία δραστηριότητα;

Από το γράφημα 3 φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί, τόσο οι εν ενεργεία όσο και οι υποψήφιοι, θεωρούν απαραίτητη τη χρήση υλικού για τη διδασκαλία των αριθμών και των πράξεων (63% ν, 40% δ, 33% φν και 20% φδ), καθώς και του χώρου και της γεωμετρίας-μέτρησης (28% ν, 20% δ, 3% φν και 43% φδ). Από την άλλη, ένα σημαντικό ποσοστό του δείγματος των ερωτηθέντων (15% ν, 35% δ, 28% φν και 7% φδ) δήλωσε ότι: «σε όλες τις έννοιες είναι απαραίτητη η χρήση υλικού». Τέλος, υπήρχαν κάποιοι από το δείγμα που δεν ανέφεραν κάποια έννοια (10% ν, 10% δ, 29% φν και 13% φδ).

Ωστόσο, όταν τους ζητήθηκε να περιγράψουν μία δραστηριότητα για την οποία είναι απαραίτητη η χρήση υλικού αρκετοί ερωτηθέντες δεν έδωσαν κάποια απάντηση (28% ν, 40% δ, 50% φν και 30% φδ) (γράφημα 4). Οι υπόλοιποι πρότειναν δραστηριότητες είτε με πλαίσιο και προβληματισμό είτε χωρίς, οι οποίες ήταν τόσο

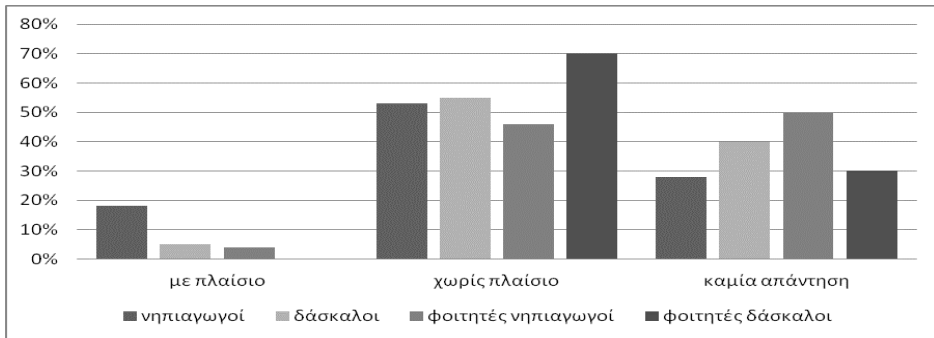
διερευνητικές όσο και εκφραστικές¹. Συγκεκριμένα, ελάχιστοι περιγράφαν δραστηριότητες με πλαίσιο (18% ν, 5% δ, 4% φν) (γράφημα 4). Οι προτεινόμενες δραστηριότητες σχετίζονταν με θέματα από την καθημερινότητα, με επιτραπέζια παιχνίδια και με βιβλία/ιστορίες. Ενδεικτικά τα παραδείγματά τους αφορούσαν στη δίκαιη μοιρασιά διάφορων υλικών (π.χ. καραμέλες, μαρκαδόροι κλπ.), στην κατασκευή γλυκού, στην αναζήτηση όμοιων σχημάτων με αφορμή εικονογραφημένο βιβλίο κ.λπ. Οι ιστορίες που αναφέρθηκαν από τους ίδιους τους ερωτηθέντες ήταν της μορφής: «Υπάρχει μία πόλη. Θέλουν να την ονομάσουν. Στην πόλη αυτή υπάρχουν πολλών ειδών στερεά. Εκείνα που είναι τα περισσότερα, αυτό το όνομα θα πάρει η πόλη». Όλες οι δραστηριότητες ήταν διερευνητικές εκτός από μία, η οποία ήταν εκφραστική και περιέγραφε την κατασκευή κολιέ σε ομάδες όπου κάθε ομάδα επιλέγει πόσες χάντρες θα πάρει, τις μοιράζει ισάριθμα και φτιάχνει το κολιέ για τη γιορτή της μητέρας.

Γράφημα 3: Απαντήσεις για τις έννοιες στις οποίες είναι απαραίτητη η χρήση υλικού



Χωρίς πλαίσιο και προβληματισμό ήταν οι δραστηριότητες οι οποίες προτάθηκαν από το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων (53% ν, 55% δ, 46% φν και 70% φδ) (γράφημα 4). Οι δραστηριότητες αυτές σχετίζονταν κυρίως με πράξεις, με αναγνώριση συμβόλων κ.λπ. με χρήση υφιστάμενων ή εξειδικευμένων υλικών. Επιπλέον, αναφέρθηκαν λεκτικά προβλήματα του τύπου: «Βλέπεις δύο κουτιά το μαύρο έχει μέσα 9 καραμέλες. Το άσπρο κουτί έχει μέσα 8 καραμέλες. Πόσες είναι όλες μαζί οι καραμέλες;». Και σε αυτήν την περίπτωση οι πλειοψηφία των δραστηριοτήτων ήταν διερευνητικές. Οι εκφραστικές δραστηριότητες που προτάθηκαν ήταν δύο τύπων: 1. σύγκριση ή κατασκευή σχημάτων με ελεύθερη χρήση υλικού και 2. μετρήσεις με ελεύθερη επιλογή υλικού-μονάδας μέτρησης από τα παιδιά.

¹ Οι Zbiek, Heid, Blume και Dick (2007) αναφέρουν δύο τύπους δραστηριοτήτων: τις διερευνητικές και τις εκφραστικές. Η διερευνητική δραστηριότητα είναι δομημένη και περιγραφική και εμπλέκει συνήθως καθοδηγούμενη εξερεύνηση προς ένα προκαθορισμένο αποτέλεσμα, που έχει επιλεγεί από τον εκπαιδευτικό. Η εκφραστική δραστηριότητα αφήνει ελεύθερο το παιδί να αποφασίσει για το είδος του υπολογισμού που θα πραγματοποιήσει και να επιλέξει το υποστηρικτικό μέσο που θα χρησιμοποιήσει για να γίνει αυτός ο υπολογισμός.

Γράφημα 4: Δραστηριότητες με και χωρίς πλαίσιο στις οποίες είναι απαραίτητη η χρήση υλικού

Σε ερώτηση σχετικά με το τι υλικά γνώριζαν για τη διδασκαλία των εννοιών αυτών, οι περισσότεροι έδειξαν προτίμηση σε υφιστάμενα υλικά και συγκεκριμένα υλικά και μέσα της καθημερινής ζωής (π.χ. πρόσθεση–αφαίρεση: 48% ν, 65% δ, 19% φν, 33% φδ, στερεά σχήματα: 48% ν, 65% δ, 19% φν, 33% φδ, μέτρηση: 70% ν, 95% δ, 53% φν, 67% φδ). Δηλαδή, εστίασαν περισσότερο σε συλλεκτικά αντικείμενα όπως πέτρες, καπάκια, κουμπιά, κ.λπ., σε πολιτισμικά εργαλεία όπως χάρακα, χρονόμετρο, θερμομέτρο, κ.λπ. και σε σχολικά είδη όπως μαρκαδόροι, ξυλομπογιές. Ακόμη, αρκετοί νηπιαγωγοί, πρότειναν και παιχνίδια που έχουν να κάνουν είτε με κατασκευή είτε με ελεύθερη χρήση από τα παιδιά. Επίσης, υπήρξαν κάποιοι, σε μικρό ποσοστό, που πρότειναν ως υλικό για τη μέτρηση το ανθρώπινο σώμα και τα μέλη του όπως τα δάχτυλα και τις πατούσες. Από τις απαντήσεις των ερωτηθέντων φάνηκε η αδυναμία να προτείνουν εξειδικευμένα υλικά με εξαίρεση κάποιες αναφορές στον άβακα, στις ράβδους Cuisenaire, στα δώρα του Frobel, στα τάνγκραμ, κ.λπ. οι οποίες έγιναν από τους φοιτητές που είχαν παρακολουθήσει σχετικό μάθημα.

Για τη διδασκαλία ποιων μαθηματικών εννοιών δεν θεωρείτε απαραίτητη τη χρήση υλικού; Γιατί; Μπορείτε να περιγράψετε μία δραστηριότητα;

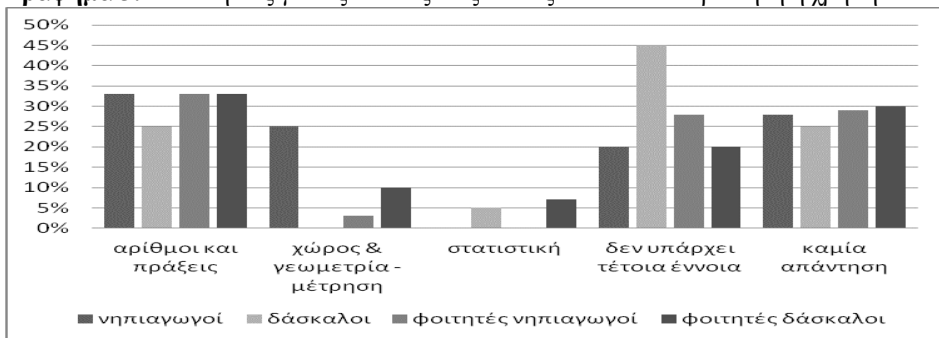
Οι ίδιες με τις παραπάνω έννοιες αναφέρθηκαν από κάποιους εκπαιδευτικούς ως έννοιες για τις οποίες δεν είναι απαραίτητη η χρήση υλικού (γράφημα 5). Για παράδειγμα, αναφέρθηκαν οι αριθμοί και οι πράξεις (33% ν, 25% δ, 33% φν, 33% φδ), καθώς και ο χώρος, η γεωμετρία και η μέτρηση (25% ν, 3% φν, 10% φδ). Κάποιοι υποστήριξαν ότι δεν υπάρχει έννοια που να μην έχει ανάγκη από υποστήριξη κάποιου υλικού (20% ν, 45% δ, 28% φν, 20% φδ).

Ενδιαφέρον, σε αυτήν την ερώτηση παρουσιάζει το γεγονός ότι όταν στους συμμετέχοντες του δείγματος ζητήθηκε να εξηγήσουν γιατί δεν θα χρησιμοποιούσαν κάποιο υλικό για τη διδασκαλία της έννοιας που πρότειναν, η πλειοψηφία του δείγματος δεν έδωσε κάποια απάντηση (72% ν, 84% δ, 66% φν, 65% φδ). Οι υπόλοιποι εστίασαν είτε σε γνωστικούς λόγους (16% ν, 16% δ, 12% φν, 31% φδ) του τύπου: «τα παιδιά έχουν

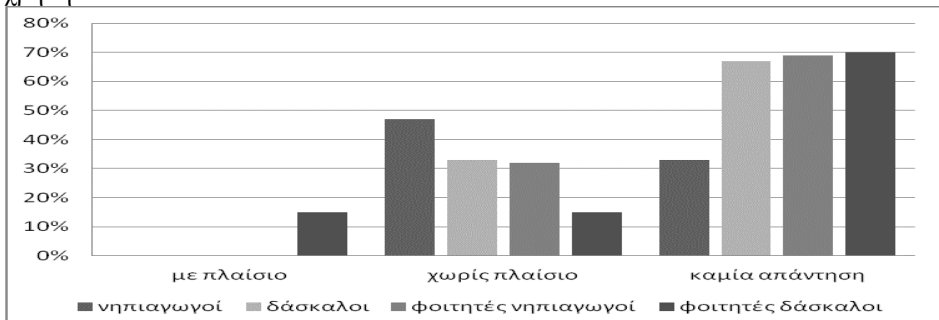
κατακτήσει ήδη βασικές μαθηματικές δεξιότητες», είτε σε λόγους σύγχυσης (5% φν) εξηγώντας ότι το υλικό μπερδεύει τα παιδιά.

Οι δραστηριότητες που πρότειναν ήταν διερευνητικές, στην πλειοψηφία τους χωρίς πλαίσιο (γράφημα 6) και σχετίζονταν κυρίως με τον κάθετο πολλαπλασιασμό διψήφιων αριθμών, με πράξεις, με προφορική αρίθμηση (π.χ. «Μπορείς να μου μετρήσεις μέχρι το 20;») και με λεκτικά προβλήματα (π.χ. «Ο Γιώργος έχει πέντε αυτοκινητάκια και χάρισε στον αδερφό του Γιάννη τα δύο. Πόσα αυτοκινητάκια έχει τώρα ο Γιώργος;»). Υπήρχαν όμως και ορισμένοι νηπιαγωγοί (15%) οι οποίες όταν προσπάθησαν να περιγράψουν δραστηριότητες για τη διδασκαλία μίας μαθηματικής έννοιας χωρίς τη χρήση υλικού τελικά κατέφυγαν σε υλικό. Ενδεικτικά τα υλικά που συμπεριέλαβαν στις δραστηριότητές τους ήταν: εικόνες σε χαρτί, συλλεκτικά αντικείμενα, το ανθρώπινο σώμα και τα μέλη του κ.α. Χαρακτηριστικά παραδείγματα δραστηριοτήτων ήταν τα εξής: «Σε ένα χαρτί έχουμε 3 μήλα, 3 λεμόνια. Μετρήστε και γράψτε τον αριθμό.», «Μπορείς να μου μετρήσεις πόσα κορίτσια είναι σήμερα στην τάξη;» ή «Έχεις 2 δάχτυλα σηκωμένα. Πόσα πρέπει να σηκώσεις ακόμα για να γίνουν 7;».

Γράφημα 5: Απαντήσεις για τις έννοιες στις οποίες δεν είναι απαραίτητη η χρήση υλικού



Γράφημα 6: Δραστηριότητες με και χωρίς πλαίσιο στις οποίες δεν είναι απαραίτητη η χρήση υλικού



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με σκοπό τη διερεύνηση των απόψεων των υποψήφιων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών, πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, για τη θέση και τον ρόλο του εκπαιδευτικού υλικού, καθώς και την αναγκαιότητα χρήσης του, στη μαθηματική εκπαίδευση, πραγματοποιήθηκε έρευνα τα αποτελέσματα της οποίας έδειξαν θετική στάση από όλες τις ομάδες του δείγματος κάτι που αναδεικνύεται και στα ερευνητικά δεδομένα. Εκφράσεις όπως απαραίτητη και πολύ σημαντική δίνουν κεντρική θέση στο υλικό το οποίο, όπως αναφέρθηκε πρέπει να χρησιμοποιείται κάθε εβδομάδα ή και συχνότερα, σε όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς. Ο ρόλος που αποδόθηκε στο υλικό ήταν κυρίως για την κάλυψη γνωστικών και διδακτικών αναγκών. Βέβαια σημειώθηκαν και ελάχιστες περιπτώσεις στις οποίες παρατηρήθηκε μια ουδέτερη στάση ως προς τη θέση και τον ρόλο του υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση.

Τα υλικά που ανέφεραν οι εκπαιδευτικοί και οι φοιτητές, για τις περισσότερες έννοιες, ήταν κυρίως υφιστάμενα, δηλαδή υλικά που υπάρχουν στην καθημερινότητά μας ανεξάρτητα από τη μαθηματική εκπαίδευση. Υφιστάμενα ήταν και κάποια από τα υλικά και άλλα μέσα—ανθρώπινα μέλη, ως μονάδα μέτρησης, φυσικά αντικείμενα—που ανέφεραν στις δραστηριότητες που πρότειναν. Τα εξειδικευμένα υλικά που αναφέρθηκαν, από όλες τις ομάδες, ήταν ελάχιστα μεταξύ των οποίων οι εικόνες συλλογών αντικειμένων και τα σχολικά εγχειρίδια. Ωστόσο, οι δευτεροετείς φοιτητές της προσχολικής εκπαίδευσης ανέφεραν αρκετά υλικά αυτής της κατηγορίας πιθανότατα γιατί μόλις τα είχαν διδαχθεί σε σχετικό μάθημα. Αυτή, η υπεροχή των υφιστάμενων υλικών φανερώνει την προσπάθεια των εκπαιδευτικών και των φοιτητών να εντάξουν στη διδασκαλία των μαθηματικών υλικά οικεία στα παιδιά και στους ίδιους από την καθημερινότητά τους.

Για τη διδασκαλία συγκεκριμένων εννοιών, άλλοι δήλωσαν ότι είναι απαραίτητη η χρήση υλικού και άλλοι ότι δεν είναι απαραίτητη η χρήση του. Αυτή η αντίθεση προέκυψε από παράγοντες όπως η βαθμίδα εκπαίδευσης και το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, όπου φάνηκε να υποστηρίζεται ότι όσο μικρότερη είναι η τάξη και όσο πιο αδύναμοι είναι οι μαθητές τόσο περισσότερο αναγκαίο είναι το υλικό.

Επιπλέον, στη φάση που καλούνταν να περιγράψουν ένα παράδειγμα δραστηριότητας για τη διδασκαλία συγκεκριμένης μαθηματικής έννοιας χωρίς τη χρήση υλικού τελικά κατέφυγαν σε υλικό. Ακόμη, παρατηρήθηκε μια αδυναμία ένταξης δραστηριοτήτων σε κάποιο πλαίσιο όπως ιστορία, επιτραπέζιο παιχνίδι κ.λπ., καταλήγοντας σε προβληματισμούς χωρίς νόημα για τα παιδιά.

Εν κατακλείδι, αν και φάνηκε ότι όλες οι ομάδες του δείγματος ήταν πεπεισμένες ότι πρέπει να χρησιμοποιείται το υλικό για την υποστήριξη της διδασκαλίας των μαθηματικών, παρόλα αυτά δεν ήταν σε θέση να προτείνουν εξειδικευμένα υλικά και δραστηριότητες μέσα στις οποίες να εντάσσονται αυτά. Οι υποψήφιοι νηπιαγωγοί είχαν τη γνώση του ρόλου του υλικού, αλλά τους έλειπε η εμπειρία. Οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί είχαν την εμπειρία και ίσως τη γνώση που τους προσέφερε η εμπειρία. Οι υποψήφιοι δάσκαλοι είχαν τη διαίσθηση. Ο συνδυασμός των παραπάνω παραμέτρων, μαζί με εκείνους που θα προκύψουν από περαιτέρω έρευνα, μπορεί να συμβάλλει στον σχεδιασμό επιμορφωτικού προγράμματος για τη σχεδιασμένη ένταξη υλικών και άλλων

βοηθητικών μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση, ώστε να συμπληρωθεί και να ενισχυθεί η μαθηματική και η παιδαγωγική γνώση των εκπαιδευτικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bartolini Bussi, M. (2011). Artefacts and utilization schemes in mathematics teacher education: place value in early childhood education. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 14(2), 93-112.
- Δεσλή, Δ., & Κωστελίδου Μ. (2008). Ο ρόλος του εποπτικού υλικού στη διδασκαλία των μαθηματικών στην προσχολική εκπαίδευση: Οι απόψεις των εκπαιδευτικών. Στο Δ. Κακανά & Γ. Σιμούλη (Επιμ.), *Η προσχολική εκπαίδευση στον 21^ο αιώνα: Θεωρητικές προσεγγίσεις και διδακτικές πρακτικές* (σελ. 154-163). Εκδόσεις Επίκεντρο, Θεσσαλονίκη.
- Καρούση, Σ., & Ντζιαχρήστος, Β. (2000). Τα εποπτικά υλικά στα μαθηματικά: Οι απόψεις των δασκάλων του δημοτικού σχολείου. *Ευκλείδης γ'*, 17(53-54), 102-114.
- Kolar, V.-M., & Čadež, T.-H. (2010). Didactic material as a mediator between physical manipulation and thought processes in learning mathematics. In B. Maj, E. Swoboda & K. Tatsis (Eds.), *Motivation Via Natural Differentiation in Mathematics* (pp. 342-353). Poland: Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- Nührenböcker, M., & Steinbring, H. (2008). Manipulatives as tools in mathematics teacher education. In D. Tirosh & T. Wood (eds.), *International Handbook of Mathematics Teacher Education* (Vol. 2 pp. 157-181). Rotterdam, Sense Publishers.
- Parada, S.-E., & Sacristán, A.-I. (2010). Teacher's reflections on the use of instruments in their mathematics lessons: A case-study. In M. Pinto & T. Kawasaki (ed.), *Proceedings of the 34th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 25-32). Belo Horizonte, Brazil: PME.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15(2), 4-14.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.
- Straßer, R. (2009). Instruments for learning and teaching mathematics: An attempt to theorise about the role of textbooks, computers and other artifacts to teach and learn mathematics. In M. Tzekaki, M. Kaldrimidou & H. Sakonidis (Eds.), *Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 67-81), Thessalonica, Greece: PME.
- Zbiek, R., Heid, M., Blume, G., & Dick, T. (2007). Research on technology in mathematics education. In F. Lester (Ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 1169-1207). USA: Information Age Publishing.

Διαδρομές συνάντησης μέσω των αριθμών: Μελέτη περίπτωσης μαθήτριας με ήπια νοητική υστέρηση και παραμέληση

Ασημίνα Τσιμπιδάκη

Επίκουρη Καθηγήτρια Ειδικής Αγωγής, ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αιγαίου
tsimpidaki@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την αναπτυξιακή πορεία μίας μαθήτριας ηλικίας 8½ ετών με ήπια νοητική υστέρηση και παραμέληση στην εκμάθηση και διδασκαλία των μαθηματικών. Η μελέτη συνιστά μια ποιοτική έρευνα και ειδικότερα, καταγραφή μίας μελέτης περίπτωσης. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η συμμετοχική παρατήρηση. Τα ευρήματα της μελέτης αναδεικνύουν ότι η χρήση των μαθηματικών, μέσα από μία πολυεστιάκη και πολυαισθητηριακή προσέγγιση της γνώσης, μπορεί να πετύχει τους περισσότερους μαθησιακούς και συναισθηματικούς – κοινωνικούς στόχους ενός εξατομικευμένου προγράμματος σε παιδί με διπλή διαταραχή: α) έκφραση συναισθημάτων εγγύτητας και δεσιάματος, β) εκμάθηση βασικών μαθηματικών δεξιοτήτων και γ) στιγμές ψυχαγωγίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκμάθηση μαθηματικών, ήπια νοητική υστέρηση, παραμέληση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ερευνητικά δεδομένα αλλά και η καθημερινή σχολική πρακτική αναδεικνύουν την αναγκαιότητα της ανάπτυξης της συμπεριληπτικής εκπαίδευσης και μίας συμπεριληπτικής κοινωνίας. Η συμπεριληπτική εκπαίδευση συνιστά μια εκπαιδευτική πολιτική, σύμφωνα με την οποία θα πρέπει να υπάρξει υπερπήδηση των υπαρχόντων φραγμών προκειμένου όλα τα παιδιά να εκπαιδούνται στο σχολείο της γειτονιάς τους και να έχουν ίσες ευκαιρίες μάθησης (Αγγελίδης & Αβρααμίδου, 2011). Μία τέτοια περίπτωση παιδιών είναι και αυτά που εμφανίζουν νοητική υστέρηση με ή χωρίς συννοσηρότητα, όπως είναι η παραμέληση.

Η νοητική υστέρηση συνιστά: «μια δυσκολία που χαρακτηρίζεται από σημαντικούς περιορισμούς στη νοητική λειτουργικότητα και στην προσαρμοστική συμπεριφορά όπως αυτοί εκφράζονται στις αντιληπτικές, κοινωνικές και πρακτικές δεξιότητες. Αυτή η δυσκολία εκδηλώνεται πριν από την ηλικία των 18 χρόνων» (Luckasson et al., 1992 αναφορά Στασινός, 2013:90). Με βάση το Διαγνωστικό Στατιστικό Εγχειρίδιο Ψυχικών Διαταραχών (DSM-IV-TR) της Αμερικανικής Ψυχιατρικής Εταιρείας (American

Psychiatric Association, 2000), η νοητική υστέρηση ταξινομείται σε τέσσερα επίπεδα: ήπια/ελαφρά (IQ μεταξύ 55-70), η οποία αφορά την πλειονότητα των παιδιών (περίπου 85%-89%), μέτρια, βαριά και βαθιά νοητική υστέρηση. Στην ήπια νοητική υστέρηση κατατάσσεται το 85% των ατόμων με νοητική υστέρηση. Αν και τα αίτια της σχετίζονται συνήθως με ψυχοκοινωνικούς παράγοντες, η αιτιολογία για το μεγαλύτερο ποσοστό (περίπου 94%) των περιπτώσεων της νοητικής υστέρησης παραμένει μέχρι και σήμερα άγνωστη (Πολυχρονοπούλου, 2012; Στασινός, 2103). Μία βασική αιτιολογία νοητικής υστέρησης αποτελούν και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως είναι ένα ανεπαρκές και στερητικό οικογενειακό περιβάλλον, το οποίο παραμελεί ένα παιδί. Η παραμέληση περιλαμβάνει «τόσο μεμονωμένα περιστατικά, όσο και ένα πρότυπο διαρκούς αποτυχίας του γονέα ή άλλου μέλους της οικογένειας να φροντίσει –τουλάχιστον στις περιπτώσεις που ο γονέας είναι σε θέση να το κάνει– έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω τομείς ανάπτυξης και ευημερίας του παιδιού: υγεία, εκπαίδευση, συναισθηματική ανάπτυξη, διατροφή, στέγη και ασφαλείς συνθήκες διαβίωσης» (Ινστιτούτο Υγείας του Παιδιού, χ.η., σ.14).

Σκιαγραφώντας το προφίλ παιδιών με ήπια νοητική υστέρηση και παραμέληση μπορούμε να επιστημόνουμε τα εξής:

Τα παιδιά με ήπια νοητική υστέρηση έχουν μεγαλύτερη πρόσβαση στο συνηθισμένο σχολείο με βάση την αρχή της συμπεριληπτικής ή ολικής εκπαίδευσης. Χαρακτηρίζονται από δυσκολίες σε γνωστικό-νοητικό επίπεδο (Πολυχρονοπούλου, 2012). Φοιτούν συνήθως σε τμήματα ένταξης και οι σχολικές τους δεξιότητες μπορούν να φτάσουν σε επίπεδο Δ' – Ε' τάξης δημοτικού περίπου (Πολυχρονοπούλου, 2012; Στασινός, 2013). Οι μαθητές με ήπια νοητική υστέρηση, σε σύγκριση με την πλειονότητα των συνομηλίκων τους, μαθαίνουν με βραδύτερο ρυθμό, προσλαμβάνουν περισσότερο συγκεκριμένες παρά αφηρημένες έννοιες, έχουν μειωμένη προσοχή και συγκέντρωση, παρουσιάζουν δυσκολίες στη αντίληψη και τη μνήμη, έχουν περιορισμένες ικανότητες συλλογισμού και λύσης προβληματικών καταστάσεων και έχουν δυσκολίες στο συνδυασμό, στη μεταφορά και στη γενίκευση των πληροφοριών και της γνώσης που τους παρέχεται (ΥΠΕΠΘ-ΠΠ, 2004).

Επιπρόσθετα, οι μαθητές με ήπια νοητική υστέρηση εμφανίζουν καθυστέρηση στην εκμάθηση βασικών μαθηματικών δεξιοτήτων. Ωστόσο, πολλοί μαθητές με ήπια νοητική αναπηρία είναι σε θέση να αναπτύξουν τις βασικές δεξιότητες αλφαριθμητισμού και λειτουργικών δεξιοτήτων στα μαθηματικά. Οι περισσότεροι μαθητές με ήπια νοητική υστέρηση μπορούν να μάθουν τις βασικές δεξιότητες υπολογισμού και τις λειτουργικές δεξιότητες της αριθμητικής που σχετίζονται με τα χρήματα, το χρόνο, και τη μέτρηση. Ωστόσο, οι περισσότεροι από αυτούς τους μαθητές εξακολουθούν να έχουν δυσκολία με πιο προηγμένες δεξιότητες που σχετίζονται με το περιεχόμενο, όπως η μαθηματική λογική και η εφαρμογή εννοιών για την επίλυση προβλημάτων (Beirne-Smith et al., 2006 αναφορά Rosenberg, Westling & McLeskey, 2011).

Η ήπια νοητική υστέρηση μπορεί να συνυπάρχει με διάφορα ψυχολογικά προβλήματα, τα οποία εκτείνονται από την επιθετικότητα μέχρι την εσωστρέφεια. Είναι γεγονός ότι τα ελλείμματα στις δεξιότητες επικοινωνίας και κοινωνικοποίησης, η χαμηλή αυτοεκτίμηση

που έγκειται στο στίγμα της νοητικής υστέρησης, το έλλειμμα στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και το στρες στο εσωτερικό της οικογένειας δυσχεραίνουν ακόμη περισσότερο την προσαρμοστική συμπεριφορά του παιδιού (Στασινός, 2013).

Η συνύπαρξη της νοητικής υστέρησης με την παραμέληση συνιστά μία ιδιαίτερη περίπτωση, όπου το παιδί φέρει τα κλινικά στοιχεία δύο διαταραχών με συνέπεια να έχει πέρα από τα νοητικά ελλείμματα και βασικά προσαρμοστικά ελλείμματα, λόγω της αδυναμίας του οικογενειακού περιβάλλοντος να καλύψει τις βασικές ανάγκες του παιδιού και ειδικότερα, επικρατεί η αδυναμία κάλυψης των συναισθηματικών και εκπαιδευτικών αναγκών, καθώς και η έλλειψη επίβλεψης προς αυτό.

Η παρούσα μελέτη

Αναλογιζόμενοι τη μοναδικότητα ενός παιδιού με ήπια νοητική υστέρηση και παραμέληση, και την έλλειψη αντίστοιχων ερευνών, η παρούσα εργασία στοχεύει να παρουσιάσει τον σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος που βασίστηκε στη χρήση των αριθμών με στόχο τη μαθηματική και συναισθηματική – κοινωνική ανάπτυξη ενός παιδιού με διπλή διάγνωση.

Ειδικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας είναι τα ακόλουθα:

- *Ποιο είναι το προφίλ του παιδιού όσον αφορά στην επίδοση στα μαθηματικά και στην ψυχοσυναισθηματική και κοινωνική ανάπτυξη;*
- *Ποια ήταν η επίδραση του προγράμματος σε γνωστικό και συναισθηματικό – κοινωνικό επίπεδο;*
- *Πώς αξιολογείται ο ρόλος των μαθηματικών σε ένα παιδί με διπλή διαταραχή;*

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μελέτη αποτελεί μια ποιοτική έρευνα, η οποία βασίστηκε στη μεθοδολογία της μελέτης περίπτωσης. Η μελέτη περίπτωσης είναι η σε βάθος εξέταση μίας μοναδικής «περίπτωσης», ενός άτομο ή ενός γεγονότος. Συνιστά μία ενδιαφέρουσα και παραδοσιακή προσέγγιση στο σχεδιασμό και την εφαρμογή μίας έρευνας (Hinnells, 1993) και μας επιτρέπει να κατανοήσουμε γιατί τα πράγματα συνέβησαν με τον τρόπο που έγιναν, και να προχωρήσουμε σε αλλαγές (Greg, 2011).

Δείγμα

Το δείγμα της μελέτης είναι ένα κορίτσι 8½ ετών που φοιτά σε τμήμα ένταξης γενικού σχολείου, και για την παρούσα έρευνα ονομάζεται «Βαβέλυκα». Σύμφωνα με την επίσημη παιδοψυχιατρική γνωμάτευση το παιδί εμφανίζει ήπια νοητική υστέρηση και παραμέληση λόγω ανεπαρκούς και στερητικού οικογενειακού περιβάλλοντος. Την περίοδο της έρευνας το κορίτσι ήταν με εισαγγελική εντολή σε προσωρινή αναδοχή και ταυτόχρονα, παρακολουθούσε προγράμματα εκπαίδευσης και δημιουργικής απασχόλησης σε Κέντρο Προστασίας Παιδιού και Οικογένειας (μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα) για 2 φορές την εβδομάδα (διάρκειας 2 ωρών κάθε συνάντηση).

Μέσα συλλογής δεδομένων, διαδικασία και ανάλυση

Η συλλογή δεδομένων βασίστηκε στη συμμετοχική παρατήρηση. Σύμφωνα με τους Cohen, Manion & Morrison (2000) στην καρδιά κάθε μελέτης περίπτωσης βρίσκεται η μέθοδος της παρατήρησης. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της παρατήρησης ως τεχνική είναι η αμεσότητα της, και φαίνεται να είναι η κατεξοχήν κατάλληλη τεχνική για να συλλέξει κανείς δεδομένα στην «πραγματική ζωή» στον «πραγματικό κόσμο» (Robson, 2002). Ειδικότερα, στη συμμετοχική παρατήρηση, ο παρατηρητής συμμετέχει στις δραστηριότητες που έχει ως στόχο να παρατηρήσει (Robson, 2002).

Ο τύπος της παρατήρησης που υιοθετείται από τον ερευνητή συνδέεται με το είδος του πλαισίου που θα λάβει χώρα η έρευνα. Για την παρούσα μελέτη, το πλαίσιο ήταν ο χώρος μη Κερδοσκοπικού Οργανισμού για την Προστασία του Παιδιού και της Οικογένειας σε επαρχιακή πόλη της Ελλάδας. Η συμμετοχική παρατήρηση έδωσε τη δυνατότητα στην ερευνήτρια να συμμετάσχει με ποικίλους τρόπους: ως εκπαιδευτρια, ως συνεκπαιδευόμενη, ως συμπαίτρια με το κορίτσι της μελέτης. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι παρατηρήσεις ολοκληρώθηκαν σε 20 συναντήσεις (μία φορά την εβδομάδα για 5 μήνες: Από τον Σεπτέμβριο του 2015 έως τον Ιανουάριο του 2016), διάρκειας δύο ώρες τη φορά: μία ώρα ατομική εργασία με την ερευνήτρια και 1 ώρα με μία ομάδα άλλων 4 παιδιών και άλλων 4 εκπαιδευτών/επαγγελματιών ψυχικής υγείας που εργάζονταν όλοι εθελοντικά.

Τα δεδομένα της παρατήρησης καταγράφονταν αμέσως μετά από κάθε συνάντηση και στη συνέχεια, συγκρίνονταν με τα ευρήματα των προηγούμενων παρατηρήσεων. Με στόχο την καλύτερη καταγραφή των δεδομένων, οι σημειώσεις αυτές κατατάσσονταν σε κατηγορίες με βάση τους στόχους της μελέτης. Οι κατηγορίες αυτές επικεντρώθηκαν στα εξής: μαθησιακή διεργασία, μαθηματική εκμάθηση και επίδοση, αλληλεπίδραση με την ερευνήτρια και την ομάδα, και βασικές παρατηρήσεις καθόλη τη διάρκεια της συνάντησης. Αναφορικά με τον τρόπο καταγραφής των δεδομένων, υιοθετήθηκε η ελεύθερη παρατήρηση (unstructured observation), η οποία, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Παπαναστασίου & Παπαναστασίου, 2014), παρέχει τη δυνατότητα να συγκεντρωθούν σημαντικές και λεπτομερείς πληροφορίες για το ζήτημα το οποίο μελετάται, αποφεύγοντας ασάφειες, βιαστικές ερμηνείες και γενικεύσεις.

Περιγραφή Προγράμματος

Η μικρή προθυμία που έδειξε η Βαβέλυκα στο να απαντήσει και να εκτελέσει κάποιες βασικές μαθηματικές πράξεις, σε συνδυασμό με το ότι έδειξε ενδιαφέρον για τον ηλεκτρονικό υπολογιστή (H/Y) της ερευνήτριας καθώς και για ένα παιχνίδι στο κινητό (2048 game), αποτέλεσαν το ερέθισμα αλλά και τον «δρόμο συνάντησης» με το συγκεκριμένο παιδί, που βιώνει εσωτερικές και εξωτερικές πιέσεις (νοητική υστέρηση, παραμέληση, νέο οικογενειακό περιβάλλον) και «δείχνει» ότι επιλέγει τη μοναχικότητα.

Στόχοι προγράμματος:

1) Βασικός στόχος:

Η μαθηματική και συναισθηματική-κοινωνική ανάπτυξη ενός παιδιού με διπλή διάγνωση μέσω του σχεδιασμού και της εφαρμογής ενός προγράμματος.

2) Επιμέρους στόχοι:

- Η εκπαιδευτική και ψυχολογική αξιολόγηση του παιδιού
- Εκμάθηση αριθμών και βασικών πράξεων
- Συναισθηματική – κοινωνική ανάπτυξη: έκφραση συναισθημάτων, ανάπτυξη αισθήματος εμπιστοσύνης προς άλλα άτομα και συνεργασίας - συναναστροφής
- Ψυχαγωγία και μάθηση μέσα από το παιχνίδι.

Υλικά: Χαρτόνια, μογιές, ψαλίδι, κόλα, είδη ζωγραφικής, χάντρες, κορδέλες, πηλός. Περιοδικά, βιβλία, αφίσες, Παιχνίδια (επιτραπέζια και ηλεκτρονικά). Η/Υ, tablet και κινητό.

Μέθοδοι: Ομαδική - συνεργατική διδασκαλία. Εξατομικευμένη διδασκαλία. Χρήση τεχνολογίας. Χρήση τέχνης: πηλός, ζωγραφική, κατασκευές, μουσική. Βιωματικές δραστηριότητες – θεατρικό παιχνίδι, παιχνίδια: ομαδικά, στον Η/Υ.

Δομή προγράμματος:

Το πρόγραμμα είχε την ακόλουθη δομή:

- 1^{ος} μήνας: άτυπη αξιολόγηση παιδιού και εξοικείωση με την ομάδα και την ερευνήτρια (4 συναντήσεις)
- 2^{ος} – 5^{ος} μήνας: εφαρμογή και αξιολόγηση προγράμματος (16 δίωρες συναντήσεις):
α) 1^η ώρα κάθε συνάντησης: ατομική εργασία με την ερευνήτρια και β) 2^η ώρα κάθε συνάντησης: ομαδικά παιχνίδια και δραστηριότητες με άλλα 4 παιδιά και εθελόντριες (επαγγελματίες ψυχικής υγείας: μία ειδική παιδαγωγό, δύο ψυχολόγους, μία κοινωνικό λειτουργό και μία εργοθεραπεύτρια).

Στάδια προγράμματος:

Το πρόγραμμα υλοποιήθηκε σε τρία στάδια:

- Α' Φάση: Γνωριμία παιδιού και ομάδας και αξιολόγηση παιδιού (4 συναντήσεις)
- Β' Φάση: Εφαρμογή προγράμματος (14 συναντήσεις)
- Γ' Φάση: Αξιολόγηση προγράμματος (2 συναντήσεις).

Σχεδιάγραμμα υλοποίησης συναντήσεων:

Α' Φάση: 4 συναντήσεις συνολικά (1^η – 4^η)

- 1^η – 2^η συνάντηση: Γνωριμία – εξοικείωση με το παιδί και τα άλλα μέλη της ομάδας (κύκλος γνωριμίας, ενημέρωση των παιδιών για το πρόγραμμα και παιχνίδια).
- 3^η – 4^η συνάντηση: Αξιολόγηση παιδιού και προοδευτική ένταξή του στην ομάδα.

Β' Φάση: 14 συναντήσεις συνολικά (5^η – 18^η)

- 5^η συνάντηση: α) Επανάληψη αριθμών (0 – 30), φύλλα εργασίας: με αριθμούς και ασκήσεις πρόσθεσης. Ασκήσεις και παιχνίδια στον Η/Υ, β) Κύκλος φίλων σε ομάδα (παραμονή στην ομάδα 10 λεπτά) και παιχνίδια προσανατολισμού με συνεργάτες.
- 6^η συνάντηση: α) Εκμάθηση αριθμών: αναγνώριση, διάκριση, γραφή (31 – 40), Σύμβολα: -, +, =. Ασκήσεις στον Η/Υ με πρόσθεση και αφαίρεση. Ηλεκτρονικά

- παιχνίδια, β) Βιωματικά παιχνίδια γνωριμίας και συνεργασίας. Παιχνίδια ρόλων με αριθμούς και σχήματα (με συνεργάτη) (παραμονή στην ομάδα 15 λεπτά).
- 7^η συνάντηση: α) Εκμάθηση αριθμών: αναγνώριση, διάκριση, γραφή (41 – 50), β) Παιχνίδια και κατασκευές (πηλός και ζωγραφική) σχημάτων: κύκλος, τρίγωνο, τετράγωνο και ορθογώνιο (παραμονή στην ομάδα 15 λεπτά).
 - 8^η συνάντηση: α) Επανάληψη – εμπέδωση των στόχων της προηγούμενης συνάντησης και επανέλεγχος της κατάκτησης ή μη των στόχων. Πρόσθεση και αφαίρεση. Εισαγωγή στον χρόνο (εποχές, μήνες, ημέρα, ώρες), β) Μουσικά παιχνίδια (εκμάθηση χρόνου: εποχές και μήνες) και κύκλος φίλων (παραμονή στην ομάδα 25 λεπτά).
 - 9^η συνάντηση: α) Εκμάθηση αριθμών (51 – 60). Εξάσκηση στο χρόνο μέσω παιχνιδιών στον Η/Υ, β) Κύκλος φίλων και βιωματική άσκηση «Το καπέλο των συναισθημάτων» (παραμονή στην ομάδα 35 λεπτά).
 - 10^η συνάντηση: α) Επανάληψη και επανέλεγχος. Φύλλα ασκήσεων (έντυπα και ηλεκτρονικά). Εισαγωγή στις Ημέρες, β) Θεατρικό δράμα: «Ο Χρόνος τρέχει...» βασισμένο στο χρόνο (παραμονή στην ομάδα 45 λεπτά).
 - 11^η συνάντηση: α) Εκμάθηση αριθμών (61 – 70). Εισαγωγή στα νομίσματα, β) Ασκήσεις συνεργασίας και θεατρικό παιχνίδι: «Αγοραπωλησίες σε κατάσταση παιχνιδιών» (παραμονή στην ομάδα όλη την ώρα).
 - 12^η συνάντηση: α) Επανάληψη και επανέλεγχος. Ασκήσεις με νομίσματα (ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας), β) Παιχνίδια με αγοραπωλησίες και χρήματα (παραμονή στην ομάδα όλη την ώρα).
 - 13^η συνάντηση: α) Εκμάθηση αριθμών (71 – 80). Φύλλα εργασίας, β) Παιχνίδια και ασκήσεις χορού, όπου τα παιδιά είχαν ρόλους-αριθμούς (παραμονή στην ομάδα όλη την ώρα).
 - 14^η συνάντηση: α) Επανάληψη και επανέλεγχος. Σύμβολα =, +, <, >. Σύγκριση μεγεθών, β) Κατασκευές, κολλάζ και μουσικά παιχνίδια εστιασμένα σε μεγέθη (παραμονή στην ομάδα όλη την ώρα).
 - 15^η συνάντηση: α) Εκμάθηση αριθμών (81 – 90), β) Δημιουργίες και κατασκευές με χάντρες και πηλό (παραμονή στην ομάδα όλη την ώρα).
 - 16^η συνάντηση: α) Επανάληψη και επανέλεγχος. Εισαγωγή στο βάρος, β) Ασκήσεις συνεργασίας. Θεατρικό παιχνίδι: «Είμαι στη λαϊκή αγορά». Παιχνίδια εστιασμένα στο βάρος (παραμονή στην ομάδα όλη την ώρα).
 - 17^η συνάντηση: α) Εκμάθηση αριθμών (91 – 100). Εισαγωγή στον πολλαπλασιασμό, β) Ομαδικά παιχνίδια και κατασκευές (παραμονή στην ομάδα όλη την ώρα).
 - 18^η συνάντηση: α) Επανάληψη και επανέλεγχος. Μαθηματικά παιχνίδια στον Η/Υ, β) Ομαδικά παιχνίδια και κατασκευές (παραμονή στην ομάδα όλη την ώρα).

Γ' Φάση: 2 συναντήσεις (19^η – 20^η)

Αξιολόγηση σε μαθησιακό και συναισθηματικό – κοινωνικό επίπεδο.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Τα ευρήματα που παρουσιάζονται στη συνέχεια αποτελούν πορίσματα που προέκυψαν

από τον σχεδιασμό και την εφαρμογή του προγράμματος, και εστιάζονται σε τρεις περιοχές: (1) Προφίλ μαθήτριας, (2) Επίδραση προγράμματος σε γνωστικό και συναισθηματικό – κοινωνικό επίπεδο και (3) Ο ρόλος των μαθηματικών σε ένα παιδί με διπλή διαταραχή.

(1) Προφίλ μαθήτριας

Στην αρχή του προγράμματος η Βαβέλυκα εμφάνιζε το ακόλουθο προφίλ:

Διάσταση I: Διανοητική λειτουργία – Προσαρμοστικές ικανότητες

(i) Διανοητική λειτουργία

Σύμφωνα με τη διαφοροδιάγνωση το παιδί συγκαταλέγεται στην ομάδα της ήπιας νοητικής υστέρησης λόγω περιβαλλοντικής αιτιολογίας και συγχρόνως, φέρει σημάδια παραμέλησης λόγω ακατάλληλου οικογενειακού περιβάλλοντος. Το κορίτσι έχει επαναλάβει δύο φορές την α' δημοτικού και τώρα φοιτά στη β' τάξη, όπου τον περισσότερο χρόνο παρακολουθεί τμήμα ένταξης.

Όσον αφορά στα μαθηματικά:

- *Αριθμοί και πράξεις*: μπορεί να απαγγέλλει, να διαβάξει, να γράφει και να διατάσσουν τους φυσικούς αριθμούς μέχρι το 30. Ωστόσο, έχει δυσκολίες στο κατέβασμα των αριθμών. Εμφανίζει δυσκολίες στην αναγνώριση των προσήμων, παρότι είναι σε θέση να τα διαβάξει. Μπορεί να κάνει προσθέσεις και αφαιρέσεις χωρίς κρατούμενο με αργό ρυθμό, κάτι που δεν ισχύει για πράξεις με κρατούμενο. Δε γνωρίζει καθόλου προπαίδια, πολλαπλασιασμό και την έννοια του διαμερισμού. Μπορεί να λύσει απλά προβλήματα και να συγκρίνει μεγέθη, αλλά χρειάζεται καθοδήγηση στην οργάνωση και στη συλλογή των δεδομένων.
- *Μετρήσεις*: Εφαρμόζει τη διαδικασία μέτρησης μήκους και επιφανειών με αυθαίρετες μονάδες μέτρησης. Γνωρίζει το «ψηλός-κοντός», «μεγάλος-μικρός» και το «ίσο με κάτι άλλο», τις μέρες, τις εποχές, αλλά μπερδεύει τους μήνες. Μπορεί να κάνει συναλλαγές με χαρτονομίσματα των 5 και 10 ευρώ, ωστόσο έχει δυσκολίες με μεγαλύτερα χαρτονομίσματα και με κέρματα.
- *Γεωμετρία*: Μπορεί να σχεδιάσει και να αναγνωρίσει το τετράγωνο, το τρίγωνο και τον κύκλο.
- *Προσανατολισμός*: δεν δυσκολεύεται στον προσανατολισμό χώρου και στη διάκριση αριστερό-δεξί, αλλά έχει αδυναμία στον χρονικό προσανατολισμό και στη σειροθετική απαρίθμηση ορισμένων βασικών χρονικών εννοιών.

(ii) Προσαρμοστικές ικανότητες

Η Βαβέλυκα υπολείπεται τόσο σε γνωστικό όσο και σε προσαρμοστικό επίπεδο. Ο επικοινωνιακός της λόγος είναι μονολεκτικός, χρησιμοποιεί μόνο πολύ οικείες έννοιες και δεν είναι σε θέση να επικεντρωθεί στο σημασιολογικό και εννοιολογικό μέρος της προφορικής επικοινωνίας. Εμφανίζει απόσυρση και έντονη διάθεση για απομόνωση. Δείχνει ότι δεν επιθυμεί και δεν επιδιώκει την κοινωνική επαφή και συμμετοχή. Προτιμά να κάθεται μόνη της όλο το χρονικό διάστημα της παραμονής στο κέντρο και δεν επιδιώκει καμία συμμετοχή στο παιχνίδι ή σε κάποια οργανωμένη δραστηριότητα με τα υπόλοιπα παιδιά. Ακόμα και εάν υπάρξουν συνεχείς παρακλήσεις και παροτρύνσεις,

εκείνη παραμένει παθητική σε σχέση με τα άλλα παιδιά και ανέκφραστη, με έναν επίμονο αυτοπεριορισμό στον δικό της χώρο και χρόνο, με μία έμμονη και επίμονη ενασχόληση: να κοιτάει ένα παιχνίδι που κρατάει.

Διάσταση II: Ψυχολογική και συναισθηματική κατάσταση

Η Βαβέλυκα ακολουθεί πρόγραμμα ψυχολογικής στήριξης μέσω κοινωνικών υπηρεσιών, τόσο η ίδια όσο και η ανάδοχη οικογένεια. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ψυχολογική αξιολόγηση ανέδειξε ότι είναι ένα παιδί αποστερημένο συναισθηματικά, ευαίσθητο, συνεσταλμένο, και με έντονες φοβίες. Επίσης, δεν γνωρίζει και δεν επιθυμεί την ανθρώπινη διαπροσωπική επαφή.

Διάσταση III: Φυσική κατάσταση – Υγεία

Η Βαβέλυκα δεν εμφανίζει κάποιο πρόβλημα υγείας ή κάποια σωματική αναπηρία. Το τελευταίο χρονικό διάστημα των 6 μηνών ζει σε ένα περιβάλλον, όπου καλύπτονται οι βασικές ανάγκες υγιεινής, σίτισης, ένδυσης και περιθαλψής.

Διάσταση IV: Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Η Βαβέλυκα για τα πρώτα 8 χρόνια της ζωής της έζησε σε ένα ανεπαρκές και στερητικό οικογενειακό περιβάλλον, στο οποίο βίωσε παραμέληση-κακοποίηση με αρνητικές συνέπειες στην όλη της ανάπτυξη. Την περίοδο του προγράμματος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, το κορίτσι είναι σε στάδιο προσαρμογής σε ανάδοχη οικογένεια, η οποία κατανοεί τις δυσκολίες του παιδιού και του παρέχει ένα ασφαλές συναισθηματικά και κοινωνικά περιβάλλον.

(2) Επίδραση προγράμματος σε γνωστικό και συναισθηματικό – κοινωνικό επίπεδο

Η επίδραση του προγράμματος σε γνωστικό και συναισθηματικό επίπεδο έχει διττή ανάλυση, πεξήγηση αλλά και θέαση:

- 1) Εάν η αξιολόγηση του προγράμματος -στο διάστημα των 5 μηνών- εκτιμηθεί μέσα από τους δείκτες και τα στάνταρ επιτυχίας του γενικού αναλυτικού προγράμματος, το παιδί δεν ανταποκρίθηκε στην εκμάθηση του επιπέδου των μαθηματικών της β' τάξης δημοτικού, αλλά κυρίως της α' δημοτικού, μολονότι έμαθε να διακρίνει από το 1 έως το 100, να εκτελεί απλές πράξεις πρόσθεσης και αφαιρέσης με διψήφιους αριθμούς, τον πολλαπλασιασμό μέχρι το 3, καθώς και απλά προβλήματα καθημερινής ζωής.
- 2) Εάν η αξιολόγηση γίνει με βάση τη συναισθηματική – κοινωνική εκτίμηση, τότε το πρόγραμμα έχει πετύχει τους περισσότερους στόχους. Η Βαβέλυκα άρχισε να επικοινωνεί και να αφήνει έναν άλλο να «εισβάλει» στον προσωπικό της χώρο και χρόνο, συμμετείχε (με προθυμία την 1^η ώρα: ατομική εργασία) και συμμετείχε (με όχι πάντα προθυμία) στις κοινές δραστηριότητες με τα άλλα παιδιά. Η προσέγγιση ήταν βασισμένη στις δικές της ανάγκες, ενδιαφέροντα αλλά και αδυναμίες. Αυτό άλλωστε συνιστά βασική αρχή στην ειδική αγωγή και ουσιαστικό συστατικό στην εφαρμογή ενός εξατομικευμένου προγράμματος: αφενός ο μαθητής να καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το πρόγραμμα, και αφετέρου τα δικά του θέλω, τα δυνατά σημεία και τα ενδιαφέροντά του να αποτελούν πρωταρχικούς στόχους και συστατικά του προγράμματος (Τσιμπιδάκη, 2016). Στη μελέτη περίπτωσης τα δυνατά σημεία και τα ενδιαφέροντα της μαθήτριας ήταν οι αριθμοί και τα μαθηματικά παιχνίδια.

(3) Ο ρόλος των μαθηματικών σε ένα παιδί με διπλή διαταραχή

Οι αριθμοί αποτέλεσαν έναν διαφορετικό δρόμο επικοινωνίας με το παιδί και γι' αυτό αποτέλεσαν βασικό διδακτικό μέσο και ταυτόχρονα, μαθησιακό και συναισθηματικό στόχο.

Τα μαθηματικά, και κυρίως η ενασχόληση με τους αριθμούς, αποτέλεσαν σημείο αναφοράς για όλους τους εθελοντές, οι οποίοι συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε με βασικό άξονα τα μαθηματικά και μία πολυαισθητηριακή προσέγγιση της γνώσης και της επικοινωνίας μέσω της χρήσης της τεχνολογίας, του παιχνιδιού (αυθόρμητου, παραδοσιακού και θεατρικού), της τέχνης (ζωγραφική, πηλός και κατασκευές με χάντρες) και της μουσικής.

Η αξία των μαθηματικών είναι αποδεδειγμένη (ΑΠΣ-ΔΕΠΣ, 2003), και επιβεβαιώθηκε στην παρούσα μελέτη, σε ένα παιδί με διπλή διαταραχή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως όλοι γνωρίζουμε τα παιδιά με νοητική υστέρηση αποτελούν μια ανομοιογενή ομάδα καθώς τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που εκδηλώνουν εξαρτώνται τόσο από τον δείκτη νοημοσύνης τους και το κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται, όσο και από γενετικούς και βιολογικούς παράγοντες (Πολυχρονοπούλου, 2012). Η περίπτωση της Βαβέλκας συνιστά μία περίπτωση στον πολύπλοκο κόσμο της νοητικής υστέρησης που περιπλέκεται με την παραμέληση. Σε αυτή την περίπτωση, για μία πετυχημένη παρέμβαση επιβάλλεται η συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων ατόμων, αλλά κυρίως η συνεργασία και συμμετοχή του ίδιου του παιδιού.

Η αξιολόγηση του προγράμματος κατέδειξε ότι η εκπαίδευση ενός παιδιού με νοητική υστέρηση και παραμέληση μέσω της χρήσης των αριθμών, μέσα από ένα εξατομικευμένο πρόγραμμα που περιλαμβάνει: παιχνίδι, μουσική, καλλιτεχνικές δράσεις και ποικίλες άλλες ψυχαγωγικές δραστηριότητες, και κυρίως διάθεση για προσφορά προς τον άλλο, μπορεί να επιτύχει τους περισσότερους από τους στόχους της.

Ειδικότερα, ένα ψυχο-παιδαγωγικό πρόγραμμα βασισμένο στα μαθηματικά και προσαρμοσμένο στις δυνατότητες και εμπειρίες του παιδιού με νοητική υστέρηση και παραμέληση, μπορεί να προσφέρει: α) έκφραση συναισθημάτων εγγύτητας και δεσίματος, β) εκμάθηση μαθηματικών δεξιοτήτων και γ) ψυχαγωγία.

Τα μαθηματικά, και κυρίως η ενασχόληση με τους αριθμούς, αποτέλεσαν σημείο αναφοράς για όλους τους εθελοντές, οι οποίοι συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε με βασικό άξονα τους αριθμούς και μία πολυαισθητηριακή προσέγγιση της γνώσης και της επικοινωνίας.

Η μελέτη της περίπτωσης της Βαβέλκας αποτελεί την αρχή μίας συνάντησης μέσω των αριθμών. Το πρόγραμμα συνεχίζεται και υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι η επόμενη αξιολόγηση θα έχει περισσότερα και πιο ενθαρρυντικά αποτελέσματα, τόσο σε μαθησιακό, όσο και συναισθηματικό – κοινωνικό επίπεδο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αναρίθμητες ευχαριστίες στην Βαβέλυκα που πρόθυμα με άφησε να «συνταξιδέσω» στις αριθμητικές της διαδρομές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αγγελίδης, Π., & Αβρααμίδου, Α. (2011). Ανάπτυξη συμπεριληπτική εκπαίδευσης μέσα από άτυπα περιβάλλοντα μάθησης. Στο Π. Αγγελίδης (Επιμ.), *Παιδαγωγικές της συμπερίληψης* (σ.σ. 17-42). Αθήνα: Διάδραση.
- American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4th ed., text rev.). Washington, DC: American Psychiatric Press, Inc.
- Greg, A. (2011). *What is the difference between action research and case study?* Retrieved 19 December 2015, from: <http://science.blurtit.com/990468/what-is-the-difference-between-action-research-and-case-study>.
- Hinnells, M. (1993) Environmental factors in products: how to gather the evidence? *Design Studies*, 14(4), 457-475.
- Ινστιτούτο Υγείας του Παιδιού (2015) Ευρετήριο Ισχύουσας Νομοθεσίας για την Κακοποίηση και Παραμέληση Παιδιών (ΚαΠα-Π). Ημερομηνία ανάκτησης 18 Μαΐου 2016, από: http://www.0-18.gr/downloads/protokollo-cyretirio-kakopoiisis/Laws%20and%20statutes%20Guide_I_CH_6.2015.pdf/view.
- Παπαναστασίου, Ε.Κ., & Παπαναστασίου, Κ. (2014). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας* (2^η έκδ.). Λευκωσία.
- Πολυχρονοπούλου, Σ. (2012). *Παιδιά και έφηβοι με ειδικές ανάγκες και δυνατότητες*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Robson, C. (2002). *Real world research* (2nd ed.). Oxford: Blackwell.
- Rosenberg, M.S., Westling, D.L., & McLeskey, J. (2011). *Excerpt from special education for today's teachers: An introduction* (2nd ed.). Upper Saddle River, N.J: Pearson.
- Στασινός, Δ. (2013). *Η ειδική εκπαίδευση 2020: Για μία συμπεριληπτική ή ολική εκπαίδευση στο νέο-ψηφιακό σχολείο με ψηφιακούς πρωταθλητές*. Αθήνα: Παπαζήσης.
- Τσιμπιδάκη, Α. (2016). *Εισαγωγή στην ειδική αγωγή*. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αιγαίου.
- ΥΠΕΠΘ-ΠΙ (2004). *Αναλυτικά προγράμματα σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης για μαθητές με ελαφρά και μέτρια νοητική υστέρηση*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ.
- ΥΠΕΠΘ-ΔΕΠΣ (2003). *Διαθεματικό ενιαίο πλαίσιο προγράμματος σπουδών*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ.

Εκπαιδευτικά υλικά και βοηθητικά μέσα για τη διδασκαλία της έννοιας του εμβαδού σε τυφλούς μαθητές

Μαρία Κόζα¹ & Χρυσάνθη Σκουμπουρδή²

¹ Υπ. Διδάκτορας, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, koza@rhodes.aegean.gr

² Αν. Καθηγήτρια, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kara@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση υλικού στα μαθηματικά είναι πολύ σημαντική για τα τυφλά παιδιά. Το ποικίλο χειροπιαστό υλικό τα βοηθάει να το ψηλαφίζουν και να το χρησιμοποιούν για να υποστηρίξουν την αντίληψη και κατανόηση των μαθηματικών εννοιών. Η μέτρηση επιφάνειας είναι μία διαδικασία ιδιαίτερα σημαντική για τους τυφλούς μαθητές, εφόσον τους βοηθάει στην αντίληψη του χώρου.

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκαν και καταγράφηκαν, μέσα από παρακολούθησεις διδασκαλιών, τα εκπαιδευτικά υλικά και τα βοηθητικά μέσα - συμπεριλαμβανομένης και της χρήσης του σώματος - που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων από τυφλούς μαθητές. Επιπλέον, με σκοπό να διερευνηθεί ο τρόπος επιλογής και χρήσης υλικών για τη μέτρηση του εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων από τυφλούς μαθητές εφαρμόστηκε ένα ερευνητικό εργαλείο τριών δραστηριοτήτων.

Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η χρήση του σώματος (παλάμες, δάχτυλα κτλ.) δεν ενισχύθηκε και δεν προτιμήθηκε στις επιλογές των μαθητών. Τα υλικά που παρείχαν στη διδασκαλία οι εκπαιδευτικοί ήταν πρώτα και στις επιλογές των μαθητών στις δικές μας δραστηριότητες, ενώ μαθητές που δεν διδάχτηκαν εμβαδόν επέλεξαν τετράγωνα χαρτόνια για να μετρήσουν τις επιφάνειες ή χαρτόνια για να τα κόψουν στο μέγεθος της προς μέτρηση επιφάνειας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εμβαδόν ορθογώνιων σχημάτων, επιφάνεια, τυφλοί μαθητές, υλικά/μέσα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαδικασία της μέτρησης μιας επιφάνειας είναι μέρος της κουλτούρας, της επιστήμης, της τεχνολογίας, αλλά και της καθημερινής ζωής των ανθρώπων (Bishop, 1991). Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τη μέτρηση της επιφάνειας ώστε να μπορεί να επικοινωνεί με τους συνανθρώπους του, να συναλλάσσεται και να βελτιώνει τη ζωή του. Η μέτρηση επιφάνειας προϊστορικά γινόταν με βάση τα μέλη του ανθρώπινου σώματος (βήματα,

παλάμες κ.λπ.). Αργότερα, όμως, χρειάστηκαν πιο ακριβείς μετρήσεις, ώστε να μπορεί να επικοινωνεί με μεγαλύτερη ακρίβεια (Φιλίππου & Χρίστου, 2002).

Έρευνες των Kidman και των Cooper, Kidman και Nason (1997, 2003) έδειξαν ότι, σε δραστηριότητες υπολογισμού του εμβαδού ορθογώνιων επιφανειών, τα περισσότερα λάθη προέρχονταν από έλλειψη κατανόησης και όχι από λάθη στους υπολογισμούς. Γι' αυτόν τον λόγο παιδοψυχολόγοι και ερευνητές θέτουν προς μελέτη και έρευνα την υπάρχουσα μεθοδολογία (παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας εμβαδού) (Νικολακάκος, 2003) και την τάση των εκπαιδευτικών να επικεντρώνονται στον αριθμό, το τελικό αποτέλεσμα της μέτρησης της επιφάνειας, και όχι στην καλλιέργεια και ανάπτυξη της εννοιολογικής κατανόησης της μέτρησης ως διαδικασία (Baturgo & Nason, 1996).

Ο τρόπος, λοιπόν, με τον οποίο διδάσκεται στο σχολείο η μέτρηση του εμβαδού μιας επιφάνειας είναι συνήθως υπεύθυνος για την ελλιπή κατανόηση των διαδικασιών μέτρησης μιας επιφάνειας και τις δυσκολίες που προκύπτουν απ' αυτήν τη διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, οι δυσκολίες οφείλονται κυρίως στην έμφαση που δίνεται από τους εκπαιδευτικούς στη χρήση των τύπων, από τα πρώτα κιόλας βήματα της εισαγωγής των μαθητών σ' αυτό το θέμα (Battista, 1982; Kidman & Cooper, 1997; Nunes, Light & Mason, 1993) και στην απομνημόνευσή τους (Barrantes & Blanco, 2006). Επίσης, από εξέταση των σχολικών εγχειριδίων των μαθηματικών έχει φανεί ότι τα προβλήματα μέτρησης επιφανειών έχουν σχεδιαστεί για να λυθούν με άμεση εφαρμογή των τύπων (Huang & Witz, 2011). Όμως, η τόσο πρόωρη χρήση των τύπων εμβαδού, δημιουργεί παρανοήσεις (Zacharos, 2006).

Δυσκολίες στην κατανόηση της διαδικασίας της μέτρησης μιας επιφάνειας, από τους μαθητές, προκαλεί και η ανεπαρκής ενσωμάτωση στη διδασκαλία δισδιάστατων γεωμετρικών επιφανειών ως μονάδων μέτρησης (Barrantes & Blanco, 2006; Kordaki & Balomenou, 2006), αλλά και η μη ενασχόληση με την εννοιολογική κατανόηση της διαδικασίας (Barrantes & Blanco, 2006). Σε έρευνα των Kamii και Kysh (2006) φάνηκε ότι πολλοί μαθητές Δ' τάξης Δημοτικού έως και Α' τάξης Γυμνασίου δεν θεωρούσαν ως μονάδα μέτρησης το τετράγωνο. Γι' αυτόν τον λόγο προτείνεται να συμπεριλαμβάνονται και τα εννοιολογικά χαρακτηριστικά της διαδικασίας της μέτρησης επιφάνειας στην εκπαιδευτική διαδικασία (Battista, 1982; Kidman & Cooper, 1997; Nunes, Light & Mason, 1993). Η εννοιολογική προσέγγιση της μέτρησης μιας επιφάνειας θα διευκολύνει στο να αποκτήσουν οι μαθητές καλύτερη κατανόηση της φυσικής και κατ' επέκταση της αριθμητικής εκπροσώπησης της ίδιας της επιφάνειας (Zacharos, 2006).

Ένας σημαντικός παράγοντας ο οποίος βοηθάει στην κατανόηση της έννοιας της επιφάνειας και της μέτρησής της από τα παιδιά είναι η χρήση του σωστού είδους εξοπλισμού (υλικών) μέτρησης, κατά τους Allerton και Nunes (1994). Σε έρευνά τους βρήκαν ότι υπάρχει καλύτερη κατανόηση της έννοιας της επιφάνειας με τη χρήση 'τούβλων', ενώ ο χάρακας είναι ένα αποτελεσματικό εκπαιδευτικό υλικό μόλις γίνει κατανοητός ο τύπος της εύρεσης του εμβαδού. Επίσης, κατά τους Αλεξόπουλο, Γούτσο, Σκαλτσά και Τάσιο (2006), παιδιά Ε' τάξης Δημοτικού που αποτυγχάνουν να λύσουν

προβλήματα εμβαδού βασιζόμενα στις μετρήσεις μήκους, τα καταφέρνουν καλύτερα με τη χρήση μονάδων εμβαδού.

Το συνηθισμένο λάθος των μαθητών, με τη χρήση χάρακα ή σε περίπτωση που τους δοθούν οι τιμές μήκους και πλάτους για την εύρεση του εμβαδού μιας επιφάνειας, είναι ότι προσθέτουν αυτές τις δύο τιμές (Nunes, Light & Mason, 1993). Ανάλογα είναι και τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Allerton & Nunes, 1994; Cavanagh, 2008; Kidman & Nason, 2003; Ζαχάρος & Κοντοχρήστου, 2002) στις οποίες φάνηκε ότι οι βλέποντες μαθητές μπερδεύουν τις έννοιες περίμετρο και εμβαδόν.

Κατά την Kordaki (2003) το είδος των εκπαιδευτικών υλικών επηρεάζει και το είδος των στρατηγικών λύσης που θα επινοήσουν οι μαθητές. Αναφέρει, επίσης, ότι η χρήση των κατάλληλων εκπαιδευτικών υλικών και μέσω των μαθητές βοηθάει στην κατανόηση της έννοιας του εμβαδού και της διάκρισής της από την έννοια της περιμέτρου. Το τετραγωνισμένο χαρτί είναι ένα απ' αυτά τα εκπαιδευτικά υλικά που μπορούν να βοηθήσουν. Αυτό έδειξε και η ερευνητική εργασία των Γαγάτη, Γεωργίου, Τούρβα και Χαραλάμπους (2006), όπου με τη χρήση του βελτιώθηκε η απόδοση μαθητών ΣΤ' τάξης Δημοτικού στην έννοια του εμβαδού. Η διαδικασία της μέτρησης του εμβαδού μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική όταν υπάρχει αντιστοιχία μεταξύ των διαστάσεων του εργαλείου μέτρησης και των διαστάσεων της μετρούμενης επιφάνειας (Nunes et al., 1993). Γι' αυτόν τον λόγο προτείνεται η χρήση δισδιάστατων, επίπεδων, μονάδων μέτρησης (Outhred & Mitchelmore, 2000).

Σε άλλη έρευνα με σκοπό τη διερεύνηση των ικανοτήτων και των στρατηγικών μαθητών 8-9 ετών να συγκρίνουν το μέγεθος δύο επιφανειών μέσω εκτίμησης και μέτρησης, με τη χρήση βοηθητικών μέσων, φάνηκε ότι τα παιδιά της συγκεκριμένης τάξης (Δ' δημοτικού), στην πλειοψηφία τους, δεν ήταν ιδιαίτερα ικανά στην εκτίμηση και μέτρηση εμβαδών. Τα βοηθητικά μέσα που επιλέχθηκαν από τα παιδιά είτε δεν ήταν λειτουργικά για τη μέτρηση του εμβαδού είτε δεν χρησιμοποιήθηκαν με τον κατάλληλο τρόπο (Βαϊτσίδη & Σκουμπουρδή, 2015).

Έρευνες του Κώστη (2007) σε βλέποντες και τυφλούς με αντικείμενο τις μετρήσεις έδειξαν ότι οι τυφλοί μαθητές έχουν καλύτερη αντίληψη των διαστάσεων του χώρου που κινούνται και ζουν και μπορούν να εκτιμήσουν καλύτερα τις διαστάσεις των αντικειμένων που γνωρίζουν και χρησιμοποιούν. Χωρίς την ασφάλεια της όρασής τους αναγκάζονται να ανακαλύψουν μηχανισμούς μέτρησης ώστε να μπορούν να κινούνται και να προσανατολίζονται. Άλλωστε, η διαδικασία της μέτρησης είναι μέρος της καθημερινότητάς τους, τρόπος επιβίωσης, και έτσι αποκτούν μεγαλύτερη ικανότητα εκτίμησης των διαστάσεων. Σύμφωνα με τους Κώστη και Ανδρέου (2004) το τυφλό παιδί χρησιμοποιεί στη διαδικασία της μέτρησης το σώμα του ως μονάδα μέτρησης και κάνει σωστότερες εκτιμήσεις απ' ό τι με μονάδα μέτρησης το μέτρο, που είναι πιο αφηρημένη μονάδα μέτρησης και δεν τους είναι οικείο.

Με αφορμή τους παραπάνω προβληματισμούς προέκυψαν κάποια ερωτήματα σε σχέση με τον τρόπο διδασκαλίας και επιλογής υλικών για τη μέτρηση του εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων από τυφλούς μαθητές. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν: Με ποιον τρόπο διδάσκεται η μέτρηση του εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων σε

τυφλούς μαθητές; Ποια υλικά επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν στην εύρεση εμβαδού οι τυφλοί μαθητές που έχουν διδαχθεί την αντίστοιχη ενότητα και ποια εκείνοι που δεν την διδάχτηκαν; Χρησιμοποιούν το σώμα τους στις διαδικασίες εύρεσης του εμβαδού;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΈΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνά μας αποτελείται από δύο μέρη:

A. Παρακολούθησεις διδασκαλιών (δύο ωρών η καθεμία) μέτρησης εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων σε τυφλούς μαθητές χωρίς συνοδά προβλήματα: ενός τυφλού μαθητή (ΜΔ1) Δ' Δημοτικού (10 χρονών), ο οποίος είχε τυφλό εκπαιδευτικό, στο Ειδικό Δημοτικό Σχολείο Τυφλών στη Θεσσαλονίκη και τριών τυφλών μαθητριών (ΜΔ2, ΜΔ3, ΜΔ4) Ε' Δημοτικού (11 χρονών οι δύο μαθήτριες και 12 η τρίτη), οι οποίες είχαν βλέποντα εκπαιδευτικό, στο ΚΕΑΤ στην Αθήνα και

B. Χρήση ερευνητικού εργαλείου 3 δραστηριοτήτων στο μαθητή (ΜΔ1) της Δ' τάξης και στις δύο από τις τρεις μαθήτριες (ΜΔ2, ΜΔ3) της Ε' τάξης, αφού είχαν διδαχθεί τη μέτρηση εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων. Στην τρίτη μαθήτρια της Ε' τάξης δε δόθηκε το ερευνητικό εργαλείο, γιατί είχε υπολείμματα όρασης. Το ερευνητικό μας εργαλείο, επίσης, δόθηκε και σε δύο άλλους τυφλούς μαθητές (Μ1, Μ2, 7 και 9 χρονών) χωρίς συνοδά προβλήματα, του Ειδικού Δημοτικού Σχολείου Τυφλών στη Θεσσαλονίκη, οι οποίοι δεν είχαν διδαχθεί καθόλου την έννοια του εμβαδού και παρακολουθούσαν Μαθηματικά Α' και Β' Δημοτικού.

Στις παρακολούθησεις εντοπίστηκαν τα υλικά και τα μέσα τα οποία παρείχαν οι εκπαιδευτικοί στις διδασκαλίες τους και χρησιμοποιούσαν οι μαθητές για τη μέτρηση του εμβαδού μιας ορθογώνιας επιφάνειας, με απώτερο σκοπό να διαπιστωθεί αφενός ποια υλικά επιλέγουν οι εκπαιδευτικοί για τη διδασκαλία της μέτρησης του εμβαδού και αφετέρου αν τα υλικά αυτά επηρεάζουν τις επιλογές των μαθητών σε μετέπειτα δραστηριότητες εύρεσης εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων. Γι' αυτόν τον λόγο, σε δεύτερο χρόνο (μετά τις διδασκαλίες) δόθηκε το ερευνητικό εργαλείο με τις τρεις δραστηριότητες εύρεσης εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων με ταυτόχρονη παράθεση υλικών από τα οποία θα μπορούσαν να επιλέξουν οι μαθητές όποιο τους διευκόλυνε για τη λύση των προβλημάτων. Επίσης, οι ίδιες δραστηριότητες δόθηκαν σε μαθητές οι οποίοι δεν είχαν διδαχθεί καθόλου τη μέτρηση εμβαδού, με σκοπό να συσχετιστούν οι επιλογές τους σε υλικά σε σχέση με τους μαθητές που την είχαν διδαχθεί. Το ερευνητικό εργαλείο ήταν μια ποιοτική έρευνα μελέτης περιπτώσεων, για τις ικανότητες τυφλών μαθητών να συγκρίνουν και να μετράνε επιφάνειες, η οποία πραγματοποιήθηκε σε ατομική συνάντηση με τους μαθητές. Οι εκπαιδευτικοί κατά τη διάρκεια της έρευνας ήταν παρόντες, αλλά η παρουσία τους ήταν διακριτική και εστιάζοταν στη σωστή διεξαγωγή της έρευνας. Οι δραστηριότητες του ερευνητικού εργαλείου ήταν οι παρακάτω:

1^η δραστηριότητα: Δόθηκε μία φωτογραφία της οποίας το περίγραμμα περάστηκε με σπάγκο για να αναγνωρίζουν οι μαθητές τι αναπαρίστανε και μία κορνίζα χωρίς τζάμι από μπροστά, που το άνοιγμά της ήταν ίδιων διαστάσεων με τη φωτογραφία. Ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στις ακόλουθες ερωτήσεις: α) Μπορεί η φωτογραφία να μπει στη συγκεκριμένη κορνίζα; β) Κατά τη μεταφορά της κορνίζας από

τη Ρόδο στη Θεσσαλονίκη/Αθήνα έσπασε το τζαμάκι της. Θέλω να τη φτιάξω για να προστατεύσω τη φωτογραφία. Πόσο τζαμάκι θα παραγγείλω; Πόση επιφάνεια θα πρέπει να έχει αυτό;

Οι στόχοι της συγκεκριμένης δραστηριότητας ήταν να γίνει άμεση σύγκριση και μέτρηση επιφανειών με ή/και χωρίς τη χρήση υλικού.

2^η δραστηριότητα: Δόθηκε ένα ορθογώνιο χαρτόνι το οποίο παρίστανε το πάτωμα ενός κουκλόσπιτου και ήταν χωρισμένο σε τετράγωνα με κολλημένο σχοινάκι. Πάνω στο χαρτόνι και προς το κέντρο του βρισκόταν κολλημένο ένα κομμάτι ύφασμα που κάλυπτε μέρος από το κέντρο του κουκλόσπιτου, αφήνοντας ακάλυπτα τα περιμετρικά πλακάκια του πατώματος και μέρος απ' αυτά του κέντρου. Το ύφασμα αυτό παρίστανε το χαλί στο κουκλόσπιτο. Εκεί που βρισκόταν το χαλί δεν υπήρχε σχοινάκι κολλημένο από κάτω, ώστε να ξεχωρίζουν τα πλακάκια. Τα παιδιά έπρεπε να απαντήσουν την ακόλουθη ερώτηση: Πόσα πλακάκια έχει το πάτωμα του κουκλόσπιτου; Μπορείς να τα υπολογίσεις χωρίς να σηκώσουμε το χαλί;

Στόχος της δραστηριότητας ήταν να υπολογιστεί η τετραγωνισμένη επιφάνεια μέρος της οποίας ήταν καλυμμένο, με ή/και χωρίς τη χρήση υλικού.

3^η δραστηριότητα: Δόθηκαν στους μαθητές δύο μπάρες δημοτρακικών, διαστάσεων 10εκ. x 4εκ. η πρώτη και 8εκ. x 5εκ. η δεύτερη. Ήταν δηλαδή ίδιου εμβαδού, αλλά διαφορετικής περιμέτρου. Οι μαθητές καλούνταν να απαντήσουν στην εξής ερώτηση: Ο κυρ Γιώργος, ο φούρναρης, φτιάχνει δύο ειδών μπάρες δημοτρακικών. Εσύ ποια θα προτιμούσες να πάρεις και γιατί;

Στόχος της δραστηριότητας ήταν η σύγκριση επιφανειών με ή/και χωρίς τη χρήση υλικού.

Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές αφέθηκαν μόνοι τους να αυτενεργήσουν και να προβούν σε οποιαδήποτε στρατηγική προκειμένου να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα και στη συνέχεια τους δόθηκαν υλικά προκειμένου να διαλέξουν αφενός για να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα, αν δεν την είχαν ολοκληρώσει, και αφετέρου για να επιβεβαιώσουν την εκτίμησή τους.

Τα βοηθητικά υλικά, τα οποία δόθηκαν στους μαθητές και για τις τρεις δραστηριότητες, προκειμένου να επιλέξουν αυτό που τους διευκόλυνε κάθε φορά ήταν: χαρτόνι, ψαλίδι, ανάγλυφος χάρακας / γνώμονας, τετραγωνικό δεκατόμετρο σε χαρτόνι ανάγλυφα χωρισμένο με σπάγκο, τετράγωνα χαρτόνια πλευράς 1εκ. (παραπάνω απ' όσα χρειάζονται), τετράγωνα χαρτόνια πλευράς 2εκ. (παραπάνω απ' όσα χρειάζονται), τετράγωνα χαρτόνια πλευράς 4εκ. (παραπάνω απ' όσα χρειάζονται), λωρίδες διαστάσεων 1εκ. x 10εκ, διαμερισμένες σε 10 τετράγωνα του 1εκ² και λωρίδες διαστάσεων 2εκ. x 10εκ, διαμερισμένες σε 5 τετράγωνα των 2εκ².

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Διδασκαλίες εμβαδού

Ο εκπαιδευτικός του Ειδικού Δημοτικού Σχολείου Θεσσαλονίκης, αρχικά, έδειξε στον μαθητή του, με τη χρήση ενός τετράγωνα χαρτονιού, ότι σε μια επιφάνεια, αν τη διπλώσουμε με κατάλληλο τρόπο, δημιουργούνται ίσα μέρη, στα οποία χωρίζεται αυτή η

επιφάνεια, άλλοτε πιο μικρά και άλλοτε πιο μεγάλα, ανάλογα με τον τρόπο που πραγματοποιείται η τσάκιση. Στη συνέχεια, άφησε και τον ίδιο τον μαθητή να αυτενεργήσει δημιουργώντας ‘μονάδες μέτρησης’ με τσακίσεις σε χαρτόνι και ακολούθησε η χρήση του σχολικού εγχειριδίου. Ο εκπαιδευτικός έβαζε τον μαθητή, αρχικά, να μετρήσει τις τετραγωνικές μονάδες των ορθογώνιων σχημάτων ανά μία και στη συνέχεια να υπολογίζει το σύνολό τους με πολλαπλασιασμό του αριθμού τετραγώνων μήκους με τον αριθμό τετραγώνων πλάτους. Σε επόμενες δραστηριότητες χρησιμοποίησαν την ανάγλυφη μεζούρα και τον ανάγλυφο χάρακα για μέτρηση μήκους και την εύρεση εμβαδού ορθογώνιων σχημάτων με εφαρμογή του τύπου. Ενίσχυση της χρήσης του σώματος (παλάμες, δάχτυλα, άνοιγμα δαχτύλων κτλ.) δεν έγινε από την πλευρά του εκπαιδευτικού, ούτε και ο μαθητής έκανε χρήση μέρους του σώματός του ως μονάδα μέτρησης σε κάποια δραστηριότητα.

Ο δεύτερος εκπαιδευτικός, στο KEAT, καταπιάστηκε με τον γεωπίνακα και τις ακίδες που αυτός έχει προκειμένου να δείξει στις μαθήτριάς του ότι η επιφάνεια δομείται σε ‘φανταστικά τετραγώνια’, που φτιάχνουν οι ακίδες, ανά τέσσερις. Είχε δώσει σε κάθε μαθήτριά από έναν γεωπίνακα, τον οποίο επεξεργάζονταν προκειμένου να ανακαλύψουν και να υπολογίσουν τα τετράγωνα όλου του γεωπίνακα κάνοντας πολλαπλασιασμό αριθμού τετραγώνων μήκους με αυτά του πλάτους, έδωσε στα παιδιά γεωμετρικά σχήματα και ανάγλυφο γνώμονα, όπου με μέτρηση μήκους και πλάτους του κάθε ορθογώνιου σχήματος έβρισκαν το εμβαδόν του, εφαρμόζοντας τον τύπο. Χρήση μελών του σώματος των μαθητριών ως μονάδα μέτρησης δεν πραγματοποιήθηκε, ούτε και ενίσχυσε κάτι τέτοιο ο εκπαιδευτικός.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι και οι δύο εκπαιδευτικοί έδωσαν έμφαση στους τύπους του εμβαδού. Ούτε ο ένας εκπαιδευτικός, αλλά ούτε και ο άλλος έδωσαν έμφαση στα εννοιολογικά χαρακτηριστικά της έννοιας του εμβαδού, όπως άλλωστε γίνεται συνήθως από όλους τους εκπαιδευτικούς λόγω έλλειψης χρόνου και υλικών.

Ερευνητικού εργαλείου

Στην 1^η δραστηριότητα όλα τα παιδιά πειραματίστηκαν κάνοντας άμεση σύγκριση δηλαδή τοποθετώντας τη φωτογραφία πάνω στην κορνίζα και απάντησαν καταφατικά στο ερώτημα. Κανένας μαθητής, όμως, δεν σκέφτηκε να μετρήσει τις δύο επιφάνειες.

Στο β' σκέλος της δραστηριότητας οι μαθητές, έπειτα από ενασχόληση με τα υλικά και απόρριψή τους ζήτησαν μεζούρα και χάρακα/γνώμονα, υλικά δηλαδή με τα οποία είχαν διδαχτεί τη μέτρηση του εμβαδού. Τα επιπλέον δικά μας υλικά που παρείχαμε δεν είχαν κάποιο ιδιαίτερο νόημα για τους μαθητές. Μόνο ο μαθητής της Δ' (ΜΔ1) τάξης χρησιμοποίησε – πριν δώσει τη σωστή λύση με την εφαρμογή του τύπου του εμβαδού – το τετραγωνικό δεκατόμετρο λανθασμένα, γιατί μετρήσε μήκος μ' αυτό και υπολόγισε την περίμετρο αντί για το εμβαδόν ή έδωσε λανθασμένες απαντήσεις, όπως: «23 να σου κόψει (τζάμι)» ή «23 και 14 φαρδύ» ή «23 φάρδος και 14 μήκος». Η μία μαθήτριά (ΜΔ2) της Ε' τάξης, πριν δώσει σωστή απάντηση με πολλαπλασιασμό μήκος επί πλάτος, πρότεινε να κόψει ένα χαρτόνι στις ίδιες διαστάσεις της φωτογραφίας και να

πάρει αυτό στο τζαμά για να της κόψει το ανάλογο τζάμι (μεταβατικότητα). Η τρίτη μαθήτρια (ΜΔ3) έδωσε σωστή απάντηση με την εφαρμογή του τύπου.

Οι μαθητές (Μ1, Μ2) που δεν διδάχτηκαν καθόλου εμβαδόν λειτούργησαν πιο πρακτικά, με τη χρήση χαρτιού και ψαλιδιού ή μέσω διαίσθησης. Ο μαθητής (Μ1) της Α΄ τάξης πρότεινε να πάρουμε την κορνίζα στον τζαμά για να μας κόψει ακριβώς το τζάμι που θέλουμε, ενώ η μαθήτρια (Μ2) της Β΄ τάξης έκοψε ένα χαρτί ίσο με το άνοιγμα της κορνίζας για να το πάμε στον τζαμά να μας κόψει τόσο τζάμι όσο και το χαρτί μας, κάτι το οποίο είχε προτείνει και η μία μαθήτρια (ΜΔ2) της Ε΄ τάξης, όπως προαναφέρθηκε.

Χρήση του σώματός του έκανε ο μαθητής (ΜΔ1) της Δ΄ τάξης, πριν δώσει σωστή απάντηση, όπου προσπάθησε να μετρήσει την επιφάνεια του τζαμιού με τα δάχτυλά του, υπολογίζοντας περίμετρο αντί για εμβαδόν και με τα χέρια του: «χωράνε 10 δάχτυλα» ή «χωράνε ακριβώς 2 χέρια», απάντηση την οποία ο ίδιος απέρριψε, γιατί τα χέρια του τζαμά θα ήταν μεγαλύτερα από τα δικά του. Επίσης η μία μαθήτρια (ΜΔ3) της Ε΄ τάξης με το άνοιγμα του αντίχειρα και του μέσου σύγκρινε τις δύο διαστάσεις της φωτογραφίας για να διαπιστώσει το σχήμα της.

Στη 2^η δραστηριότητα ο μαθητής (ΜΔ1) της Δ΄ τάξης έκανε πολλαπλασιασμό (μήκος επί πλάτος), σε αντίθεση με την 1^η δραστηριότητα που δεν μπορούσε να πάει το μυαλό του στον πολλαπλασιασμό των δύο διαστάσεων. Με χωρισμένα σχήματα σε τετραγωνάκια, άλλωστε, είχε δουλέψει και με τον εκπαιδευτικό του, οπότε ήταν λογικό να προβεί γρήγορα στη σωστή λύση. Η μαθήτρια (ΜΔ2) της Ε΄ τάξης δυσκολεύτηκε να μετρήσει την επιφάνεια, παρόλο που ήταν χωρισμένη σε τετραγωνάκια. Δεν μπόρεσε να αντιληφθεί ότι με τη χρήση των ίσων πλακιδίων με αυτά του κουκλόσπιτου, θα μπορούσε πιο πρακτικά να υπολογίσει το σύνολό τους. Αρχικά οι δύο μαθήτριες (ΜΔ2, ΜΔ3) της Ε΄ τάξης έκαναν καταμέτρηση πλακιδίων περιμέτρου (αυτά που φαινότουσαν) υπολογίζοντας έτσι την περίμετρο. Στο τέλος, η μία (ΜΔ3) απ' αυτές θυμήθηκε τι διδάχτηκαν από τον εκπαιδευτικό τους και βρήκε τη σωστή λύση με τη χρήση του τύπου, ενώ η άλλη μαθήτρια (ΜΔ2) παρέμεινε στην απάντηση της περιμέτρου που είχε δώσει.

Κανένας από τους μαθητές (ΜΔ1, ΜΔ2, ΜΔ3) που διδάχτηκαν το εμβαδόν δεν χρησιμοποίησε κάποιο απ' τα υλικά που τους παρείχαμε. Μόνο οι μαθητές (Μ1, Μ2) που δεν διδάχτηκαν το εμβαδόν λειτούργησαν πιο πρακτικά και επέλεξαν ως μονάδα μέτρησης το αντίστοιχο ίσων διαστάσεων χάρτινο πλακάκι. Η μαθήτρια (Μ2) της Β΄ τάξης τοποθέτησε τα ίσα χάρτινα πλακάκια σωστά και βρήκε το σωστό αποτέλεσμα με καταμέτρησή τους, ενώ ο μαθητής (Μ1) της Α΄ τάξης τα τοποθέτησε ακατάστατα και μέτρησε λανθασμένα.

Σ' αυτή τη δραστηριότητα κανένας μαθητής δεν έκανε χρήση του σώματός του.

Στην 3^η δραστηριότητα οι μαθητές (ΜΔ1, ΜΔ2, ΜΔ3) που είχαν διδαχτεί το εμβαδόν ζήτησαν μεζούρα και χάρακα. Έπειτα από αρκετή ώρα συγκρίσεων (τοποθέτηση της μίας μπάρας πάνω στην άλλη, σύγκριση μηκών / πλατών, σύγκριση πλάτους του ενός με μήκος του άλλου), και λάθος απαντήσεων («η 10x4 γιατί είναι πιο μεγάλη γιατί έχει πιο μεγάλο μήκος» ή «η 8x5 είναι πιο μεγάλη γιατί το πλάτος της είναι μεγαλύτερο από το πλάτος της άλλης μπάρας», «το 10x4 είναι πιο μεγάλο γιατί είναι 14 και το άλλο 13»), έδωσαν και το σωστό αποτέλεσμα με τη χρήση του τύπου του εμβαδού.

Οι μαθητές (M1, M2) που δεν διδάχθηκαν εμβαδόν σύγκριναν διαισθητικά τις μπάρες δημητριακών, αλλά δεν κατέληξαν σε σωστό συμπέρασμα.

Επίσης, και σ' αυτήν τη δραστηριότητα κανένας μαθητής δεν έκανε χρήση μελών του σώματός του.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ιδιαίτερη χρήση μελών του σώματος για την εύρεση του εμβαδού ή τη σύγκριση επιφανειών δεν πραγματοποιήθηκε, ούτε και ενισχύθηκε από τους εκπαιδευτικούς.

Όπως στην έρευνα των Kamiι και Kysh (2006) έτσι και στη δικιά μας διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές δεν θεωρούν το τετράγωνο ως μονάδα μέτρησης της επιφάνειας, εφόσον στη 2^η δραστηριότητα με τα πλακάκια στο κουκλόσπιτο οι μαθήτριες (MΔ2, MΔ3) δυσκολεύτηκαν αρκετά στο να δώσουν απάντηση και να θυμηθούν τον τύπο, ενώ με μονάδα μέτρησης το αντίστοιχο πλακάκι θα τους ήταν πολύ πιο εύκολο, όπως αναφέρουν οι Αλεξόπουλος κ.ά. (2006). Μάλιστα η μία (MΔ2) δεν έδωσε τελικά σωστή απάντηση. Οι μαθητές (M1, M2) που δεν είχαν διδαχθεί το εμβαδόν και δεν επηρεάστηκαν από κάποια μορφή διδασκαλίας, επέλεξαν το αντίστοιχο ίσο τετράγωνο με τα πλακάκια του κουκλόσπιτου για να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα αυτή. Ο μαθητής (MΔ1) της Δ' τάξης άλλοτε έβρισκε το εμβαδόν με την πρόσθεση των δύο διαστάσεων και άλλοτε το μπερδεύει με την περίμετρο, κάτι το οποίο διαπιστώθηκε και στις άλλες δύο μαθήτριες (MΔ2, MΔ3) και επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών (Allerton & Nunes, 1994; Βαϊτσίδη & Σκουμπούρη, 2015; Cavanagh, 2008; Kidman & Nason, 2003; Nunes et al., 1993; Ζαχάρος & Κοντοχρήστου, 2002).

Γενικότερα, και οι δύο εκπαιδευτικοί εστιάζονται στους τύπους του εμβαδού και αυτό γιατί ακόμα και τα σχολικά εγχειρίδια περιέχουν προβλήματα μέτρησης επιφανειών που προορίζονται για άμεση εφαρμογή των τύπων. Αυτό όμως, κατά τον Zacharos (2006), έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται παρανοήσεις και κενά στην εννοιολογική κατανόηση της έννοιας του εμβαδού.

Οι μαθητές (MΔ1, MΔ2, MΔ3) που είχαν διδαχθεί το εμβαδόν συνήθως ζητούσαν υλικά τα οποία χρησιμοποίησαν και με τον εκπαιδευτικό τους, όπως μέτρο ή γνώμονα, για να μετρήσουν, που οδηγούν στην εφαρμογή του τύπου, οπότε αυτά τα υλικά ήταν και πρώτα στις επιλογές τους και στο δικό μας διαγνωστικό τεστ. Οι μαθητές (M1, M2) που δεν διδάχθηκαν καθόλου εμβαδόν, επέλεξαν υλικά όπως το τετράγωνο πλακάκι για τη δεύτερη δραστηριότητα και χαρτόνι για να το κόψουν στις διαστάσεις της φωτογραφίας της πρώτης δραστηριότητας. Το τετράγωνο πλακάκι που είναι μονάδα μέτρησης του εμβαδού του κουκλόσπιτου δεν το αναγνώρισε ως τέτοιο κανένας μαθητής (MΔ1, MΔ2, MΔ3) απ' αυτούς που διδάχθηκαν το εμβαδόν. Με άλλα λόγια οι μαθητές που δεν διδάχθηκαν το εμβαδόν τείνουν προς τα εννοιολογικά χαρακτηριστικά της έννοιας. Αν αυτό το εκμεταλλεύονταν οι εκπαιδευτικοί και το ενίσχυαν στις διδασκαλίες τους, με τη χρήση ανάλογων υλικών και μέσων, η εννοιολογική κατανόηση της έννοιας θα ήταν πιο ισχυρή στους μαθητές και αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την καλύτερη επίδοσή τους σε ανάλογες δραστηριότητες, εφόσον κατά τον Zacharos (2006), η πρόωρη χρήση των τύπων για τη μέτρηση μιας επιφάνειας δημιουργεί παρανοήσεις.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους διευθυντές των σχολικών μονάδων και τους εκπαιδευτικούς που μας φιλοξένησαν στις τάξεις τους. Χωρίς τη βοήθειά τους δεν θα μπορούσαμε να πραγματοποιήσουμε με τέτοια έρευνα. Επίσης, τους γονείς των μαθητών που ήταν ανοιχτοί στις προτάσεις μας και μας επέτρεψαν κάτι τέτοιο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allerton, M., & Nunes, T. (1994). *A new way to measure area: another brick in the wall*. Junior Education, February 1994. Available at: <http://teacher.scholastic.com/lessonrepro/lessonplans/anewtmar.htm>.
- Barrantes, M., & Blanco, L.J. (2006). A study of prospective teachers' conceptions of teaching and learning school geometry. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9(5), 411-436.
- Battista, M. (1982). Understanding area and area formulas. *Mathematics Teacher*, 75(5), 362-368.
- Baturo, A., & Nason, R. (1996). Student Teachers' subject matter knowledge within the domain of area measurement. *Educational Studies in Mathematics*, 31(3), 235-268.
- Bishop, A.J. (1991). *Mathematical Enculturation: a cultural perspective on mathematics education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Cavanagh, M. (2008). Area measurement in year 7, *Reflections on measurement and geometry*, 33(1), 55-58.
- Huang, H.-M.E., & Witz, K.G. (2011). Developing children's conceptual understanding of area measurement: A curriculum and teaching experiment. *Learning and Instruction*, 21(1), 1-13.
- Kamii, C., & Kysh, J. (2006). The difficulty of "length×width": Is a square the unit of measurement? *Journal of Mathematical Behavior*, 25(2), 105-115.
- Kidman, G., & Nason, R. (2003). *Construction of knowledge about measurement of area within Integrated Learning System (ILS) environments*. Available at: <http://math.unipa.it/~grim/AKidman.PDF>
- Kidman, G., & Cooper, T.J. (1997). Area integration rules for grades 4, 6 and 8 students. In E. Pehkonen (Ed.), *Proceedings of the 21st International Conference for the Psychology of Mathematics Education*, 136-143.
- Kordaki, M. (2003). The effect of tools of a computer microworld on students' strategies regarding the concept of conservation of area. *Educational Studies in Mathematics*, 52(2), 177-209.
- Kordaki, M., & Balomenou, A. (2006). Challenging students to view the concept of area in triangles in a broad context: exploiting the features of Cabri-II. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 11(1), 99-135.
- Nunes, T., Light, P. & Mason, J. (1993). Tools for thought: The measurement of length and area. *Learning and Instruction* 3(1), 39-54.

- Outhred, L. N., & Mitchelmore, M. (2000). Young children's intuitive understanding of rectangular area measurement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31(2), 144-167.
- Zacharos, K. (2006). Prevailing educational practices for area measurement and students' failure in measuring areas. *Journal of Mathematical Behavior*, 25(3), 224-239
- Αλεξόπουλος, Χ., Γούτσος, Χ. Σκαλτσάς, Α., & Τάσιος, Δ. (2006). Σύγκριση επιφανειών: Προτάσεις για τη διδασκαλία. *Επιστημονικό Βήμα*, 5, 84-92.
- Βαϊτσίδα, Γ., & Σκουμπουρδή, Χ. (2015). Σύγκριση επιφανειών μέσω εκτίμησης και μέτρησης με χρήση 'βοηθητικών μέσων'. *6ο Συνέδριο της Ένωσης Ερευνητών Διδακτικής Μαθηματικών (ΕνΕΔιΜ): Μαθηματικά ΜΕ διάκριση και ΧΩΡΙΣ διακρίσεις*, Θεσσαλονίκη. (CD-ROM)
- Γαγάτσης, Α., Γεωργίου, Γ., Τούρβας, Γ., & Χαραλάμπος, Ε. (2006). Οπτική αντίληψη, ψευδαίσθηση της αναλογίας και οι έννοιες της περιμέτρου και του εμβαδού. Στο Α. Γαγάτσης, Ι. Ηλία, Α. Κουσιάπας, Μ. Μοδέστου, Ν. Μουσουλίδης & Μ. Πιττάλης (Επιμ.), *Σύγχρονη Έρευνα στη Μαθηματική Παιδεία* (σσ. 135-148). Λευκωσία: Τμήμα Επιστημών της Αγωγής – Πανεπιστήμιο Κύπρου και στο Ε. Φτιάκα, Α. Γαγάτσης, Ι. Ηλία, & Μ. Μοδέστου, (Επιμ.), *Πρακτικά ΙΧ Παγκύπριου Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου & Κ.Ο.Ε.Ε.* (σσ. 85-98) (CD-ROM). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Ζαχάρος, Κ., & Κοντοχρήστου, Α. (2002). Μαθητές της Δ' τάξης του Δημοτικού μετρούν επιφάνειες. Αξιολόγηση μιας διδακτικής προσέγγισης που ενσωματώνει πολιτισμικά και ιστορικά χαρακτηριστικά. *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 3(2-3), 115-137.
- Κώτσης, Θ.Κ. (2007). Η ικανοποιητική δεξιότητα των τυφλών μαθητών στη διαδικασία της μέτρησης, σε αντίθεση με τους βλέποντες, τεκμήριο ορθότερης αντίληψης διαστάσεων αντικειμένων και εννοιών της φυσικής. *Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, Τεύχος Α', σσ. 149-157.
- Κώτσης, Κ. & Ανδρέου, Γ. (2004). Η εκτίμηση του μήκους από τυφλούς και βλέποντες μαθητές, *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*, 17, 133-149.
- Νικολακάκος, Α. (2003). Γεωμετρικό πείραμα. Υπολογισμός του εμβαδού ορθογωνίου τριγώνου με τη βοήθεια της Faltengeometrie (Πτυσσόμενη γεωμετρία ή Γεωμετρία δια διπλώσεων). Ανακτήθηκε από: <http://www.math.uoa.gr/me/conf2/papers/nikol.pdf>
- Φιλίππου, Γ., & Χρίστου, Κ. (2002). *Διδακτική των Μαθηματικών*. Αθήνα: Γ. Δαρδανός.

Διδακτικές μετατοπίσεις με εργαλείο τη μαθηματική μοντελοποίηση

Βασίλης Τσίτσος & Χαρούλα Σταθοπούλου

Υποψήφιος Διδάκτορας στο Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής Πανεπιστημίου
Θεσσαλίας
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής Πανεπιστημίου
Θεσσαλίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή, αξιολογώντας τη θεωρία της δραστηριότητας, καθώς και τη μεθοδολογία της έρευνας δράσης, διερευνούμε πώς η χρήση διαφορετικών υλικών (ψηφιακά εργαλεία, απτικό υλικό) συμβάλει στη δημιουργία μικροπλαισίων, τα οποία είναι καθοριστικά για τη μεταφορά της μαθηματικής γνώσης κατά τις μεταβάσεις ανάμεσα σ' αυτά. Το μαθηματικό περιεχόμενο, το οποίο πραγματευόμαστε με μαθητές Β' Γυμνασίου, σε ένα Γυμνάσιο της Αθήνας, αφορά στο πρόβλημα των ελαχίστων διαδρομών. Οι μαθητές εμπλέκονται στη διερεύνηση του προβλήματος μέσω πραγματικών και εικονικών μοντελοποιήσεων. Φάνηκε ότι οι μοντελοποιήσεις αυτές συνδιαμορφώνονται τόσο από τη σχεδιαστική πρόθεση του ερευνητή-εκπαιδευτικού όσο και από τις προθέσεις των μαθητών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μαθηματική μοντελοποίηση, χρήση υλικού, μικροπλάισια

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ζήτημα της μεταφοράς της γνώσης κατά τη μετάβαση από ένα πλαίσιο μαθηματικής πρακτικής σε ένα άλλο απασχολεί τόσο τους ερευνητές όσο και τους εκπαιδευτικούς DeAbreu, Bishop, and Presmeg (2002). Η συγκεκριμένη εργασία βασίζεται σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη διερεύνηση θεμάτων που αφορούν στη μεταφορά της γνώσης ανάμεσα σε μικροπλάισια μαθηματικής πρακτικής, όπως αυτά καθορίζονται από τη φύση του λογισμικού ή του χειραπτικού υλικού. Αξιολογώντας τη μεθοδολογία της έρευνας δράσης και τη θεωρία της δραστηριότητας στο πλαίσιο μιας κοινότητας πρακτικής—οι μαθητές μιας Β' Τάξης Γυμνασίου και ο εκπαιδευτικός-ερευνητής—πραγματοποιήσαμε την έννοια της *συμμεταβολής*, μέσα από μια σειρά μαθηματικών έργων που λειτούργησαν ως (μικρο)κύκλοι¹, όπου ο καθένας πληροφορούσε τον επόμενο και καθόριζε τις παρεμβάσεις μας. Η δυνατότητα να συμμετέχουμε και να παρατηρούμε από

1Ως (μικρο)κύκλο θεωρούμε ένα έργο, οριοθετημένο χρονικά που προκύπτει από μια κοινότητα πρακτικής εκπαιδευτικού-μαθητών και έχει μια αυτόνομη υπόσταση ανάγνωσης.

πολύ κοντά τις δράσεις της κοινότητας, μας επέτρεψε να διεισδύσουμε σε ένα δίκτυο μαθηματικών νοημάτων και μας αποκάλυψε παράγοντες που επηρεάζουν τόσο την κατασκευή της γνώσης εντός συγκεκριμένου πλαισίου, όσο και το μετασχηματισμό της ή τον εν δυνάμει μετασχηματισμό της σε διαφορετικά πλαίσια. Το αρχικό μέλημα της ερευνητικής διαδικασίας ήταν να δημιουργήσουμε συνθήκες που να έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους συμμετέχοντες ώστε να εμπλακούν ενεργά. Η ερευνητική διαδικασία ξεκινά από μια κατάσταση προβλήματος το οποίο μοντελοποιείται σε περιβάλλον *δυναμικής γεωμετρίας (DGS, Dynamic Geometry Systems)* και στη συνέχεια μέσω μιας πραγματικής διάταξης συζητείται ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο αποτελεί μια γέφυρα για τη μετάβαση σε διδακτικές μετατοπίσεις με την οργάνωση νέων μοντελοποιήσεων. Σε κάθε περίπτωση γίνεται μια προσπάθεια υποστήριξης των μαθητών στην ερμηνεία των μοντέλων. Η ερμηνεία μιας κατάστασης προβληματισμού ή ενός φυσικού φαινομένου απαιτεί την ανάδειξη των μεγεθών που εμπλέκονται, καθώς και την εύρεση των μεταξύ τους σχέσεων. Αυτή η ανάδειξη και η συσχέτιση των μεγεθών περιγράφεται ως μαθηματικοποίηση¹. Η εργασία αυτή επικεντρώνεται γύρω από διαδικασίες μοντελοποίησης ενός προβλήματος ελαχίστου.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Οι βασικοί πυλώνες ανάπτυξης αυτής της έρευνας είναι αφενός η *θεωρία της δραστηριότητας (The activity theory approach)*, και αφετέρου η *δυναμική διάσταση της μεταφοράς της γνώσης (Dynamic transfer)*. Η *θεωρία της δραστηριότητας*, βασισμένη, μεταξύ άλλων στο έργο των Cole (1996), Engeström, (1999), επηρεασμένο από το Vygotsky (1978) και τη ρωσική παράδοση, εντάσσεται στις κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες μάθησης, με κεντρική αντίληψη ότι η *μαθησιακή δραστηριότητα* αποτελεί μια συλλογική δράση η οποία διαμεσολαβείται από *πολιτισμικά σύμβολα, λέξεις και εργαλεία* Cole (1996). Η *δραστηριότητα* εκλαμβάνεται ως ένα *σύστημα δραστηριότητας (activity system)*, Engeström & Cole, (1997, σ. 304) το οποίο ενσωματώνει τόσο *διαμεσολαβητικά μέσα*, μεταξύ του υποκειμένου και του αντικειμένου, όσο και την *κοινότητα (community)* στην οποία το υποκείμενο ανήκει, τους *κανόνες (rules)* που την διέπουν, καθώς και τον *καταμερισμό εργασίας (division of labour)*. Η *δυναμική μεταφορά* Schwartz, D. L., Varma, S., & Martin, L. (2008) προσπαθεί να εξηγήσει τον τρόπο με τον οποίο η προηγούμενη γνώση μπορεί να δημιουργήσει νέες έννοιες σε αντίθεση με τη *μεταφορά ομοιότητας* η οποία εξηγεί πώς οι άνθρωποι χαρτογραφούν καλοσχηματισμένες έννοιες για να δομήσουν νέες καταστάσεις. Στη *δυναμική μεταφορά* οι εμπλεκόμενοι συντονίζουν καταστάσεις για να πραγματοποιούν νέες έννοιες. Η διαδικασία συντονισμού πραγματοποιείται στην εν λόγω έρευνα με τη συμβολή διαφορετικών πλαισίων εργασίας

1 Freudenthal (1991), Treffers(1987) διακρίνουν τη μαθηματικοποίηση σε οριζόντια και κατακόρυφη. Η οριζόντια μαθηματικοποίηση αφορά τη μετάβαση από τον πραγματικό κόσμο ή τον κόσμο της κατάστασης στον κόσμο των συμβόλων. Αποτελεί μια μεταφορά, μια μετατόπιση σημασιολογικών δομών. Η κατακόρυφη μοντελοποίηση αφορά την αναδιοργάνωση των εννοιών αυτών του μαθηματικού πλαισίου καθώς και τη σύνδεση των μεγεθών που εμπλέκονται.

τα οποία καθορίζονται πρωτίστως από το ψηφιακό εργαλείο της *δυναμικής Γεωμετρίας*, Geometer's Sketchpad. Η όλη ερευνητική προσπάθεια είναι μια *PLF (Preparation for Future Learning)* Bransford & Schwartz, (1999) διαδικασία, προετοιμασία για τη μελλοντική μάθηση, όπου η έμφαση μετατοπίζεται στο να εκτιμηθούν οι ικανότητες των μαθητών να μαθαίνουν σε περιβάλλοντα πλούσια σε γνώση. Το ενδιαφέρον εστιάζει στην ανάπτυξη του μαθηματικού τρόπου σκέψης ξεκινώντας με τον εντοπισμό και τη συλλογή λογικών σχέσεων σε μια κατάσταση προβληματισμού και την ανάπτυξη ενός συστήματος μαθηματικών συμβάσεων. Ως αποτέλεσμα αυτού του τρόπου σκέψης έχουμε τη γένεση των μαθηματικών εννοιών. Ο Vergnaud (1996) υποστηρίζει ότι μια μαθηματική έννοια περιλαμβάνει ένα *σύνολο καταστάσεων προβληματισμού* οι οποίες δίνουν νόημα στην έννοια (*σφαίρα πρακτικής*), ένα *σύνολο χειρισμών* που αναφέρονται στα μέσα για να λύσουμε το πρόβλημα, ένα *σύστημα αναπαράστασης* που περιλαμβάνει ένα σύνολο συμβόλων που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της έννοιας, καθώς και την πτυχή της *δομής ελέγχου* Balacheff, 2009 που αφορά μέσα για να αποφασίσουμε, να διαλέξουμε ή να κρίνουμε. Η κεντρική μαθηματική έννοια που μελετάται, εδώ, είναι η έννοια της *συμμεταβολής ποσοτήτων*. Η ερευνητική προσπάθεια συμπορεύεται με τις απόψεις του Jams Kaput (1996), ο οποίος θεωρεί ότι η δυσκολία κατανόησης της έννοιας της *συμμεταβολής* συνδέεται με την έλλειψη σύνδεσης των αναπαραστάσεών της (αριθμητική, αλγεβρική αναλυτική πινακοποιημένη, γραφική) με τη φυσική ή εικονική εμπειρία του μαθητή, καθώς και ότι η αναπαράσταση της γραφικής παράστασης της συμμετεβολής μπορεί να προηγηθεί της αλγεβρικής και της αναλυτικής αναπαράστασης.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ –ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

α. ζητήματα μεθοδολογίας

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μια *έρευνα δράσης (action research)*. Στην *έρευνα δράσης* ο ερευνητής μέσω της συμμετοχικής και συστηματικής παρατήρησης φροντίζει να συμβούν γεγονότα με άμεσο στόχο μέσω της εμπειρίας να αποκτηθεί γνώση για τα τεκταινόμενα. Το ενδιαφέρον μας εδώ, εστιάζει στην αλληλεπίδραση των μαθητών-ερευνητή εντός των εργαλειικών πλαισίων. Υιοθετούμε το μοντέλο των Kemmis και McTaggart (1988), το οποίο *απαρτίζεται* από μια σειρά δράσεων όπου ο ερευνητής επαναλαμβάνει τα βήματα: *σχεδιάζω, δρω, παρατηρώ και αναστοχάζομαι*. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται ένα τμήμα της ερευνητικής διαδικασίας, δηλωτικό αυτών των δράσεων. Οι δράσεις αυτές οργανώνονται σε δέκα (μικρο)κύκλους οι οποίοι συνίστανται από δραστηριότητες οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των *πειραμάτων σχεδιασμού (design experiments)* Cobb et al (2003). Τα πειράματα σχεδιασμού λαμβάνουν υπόψη το σύνθετο και πολύπλοκο εκπαιδευτικό πλαίσιο το οποίο δεν μπορεί να αναχθεί σε μια ή περισσότερες μεταβλητές. Ο ρόλος του ερευνητή δεν *εκλαμβάνεται* ως *διευκολυντής* αλλά περισσότερο ως *σχεδιαστής* δραστηριοτήτων που επηρεάζει την κοινότητα των μαθητών και αντιστοίχως επηρεάζεται σχεδιαστικά και από αυτήν. Οι απόψεις και οι ιδέες των συμμετεχόντων είναι αντικείμενο διαπραγμάτευσης και ελέγχου παρά αξιολόγησης και τυπικής επικύρωσης. Τόσο η συλλογή όσο και η ανάλυση των δεδομένων βασίζονται στη *Θεμελιακή Θεωρία (Grounded Theory)* Classer και Strauss (1967), όπου καθήκον του ερευνητή είναι να

αντιληφθεί τι συμβαίνει στην ερευνητική κατάσταση να εστιάσει στο πώς διαχειρίζονται τους ρόλους τους οι εμπλεκόμενοι, με στόχο να προσδιοριστούν οι αναλυτικές κατηγορίες, ώστε να αναδειχθεί η θεωρία που υπονοείται από τα δεδομένα. Η βασική μονάδα ανάλυση είναι η δραστηριότητα.

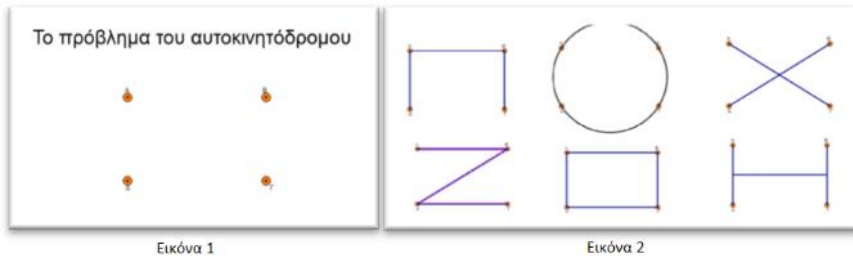
β. το πλαίσιο της έρευνας: *χώρος, χρόνος, συμμετέχοντες*

Το τμήμα αυτό της έρευνας πραγματοποιήθηκε σε μια τυπική τάξη Β΄ Γυμνασίου με 24 μαθητές. Αναπτύχθηκε σε έξι διδακτικές ώρες του σχολικού προγράμματος. Οι μαθητές εργάζονταν χωρισμένοι σε έξι ομάδες των τεσσάρων ατόμων. Ο βασικός πυλώνας της διδακτικής στόχευε να αναπτυχθεί μια διδακτική κατάσταση όπου οι μαθητές θα μπορούν να συλλάβουν πτυχές της αφηρημένης μαθηματικής έννοιας της συμμεταβολής, χωρίς ρητές δηλώσεις, ενώ ο ερευνητικός στόχος ήταν η διερεύνηση θεμάτων που αφορούν στις μεταβάσεις των μαθητών ανάμεσα σε αυτά τα πλαίσια και να παρατηρήσουμε πως το ένα πληροφορεί το άλλο. Ακολουθεί η παρουσίαση των δέκα (μικρο)κύκλων που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

(Μικρο)κύκλος 1^{ος} *Το πρόβλημα*

«Προσπαθήστε να σχεδιάσετε τη διαδρομή με το ελάχιστο μήκος που να ενώνει και τις τέσσερις πόλεις μεταξύ τους όπως φαίνονται *ι* διαταγμένες στην οθόνη σας, *εικόνα 1*»



Η δραστηριότητα αυτή πραγματοποιείται σε αίθουσα υπολογιστών σε περιβάλλον δυναμικής γεωμετρίας όπου οι μαθητές συνεργάζονται ανά 4εις σε έξι σταθμούς εργασίας. Οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν τα μετρικά εργαλεία του υπολογιστικού περιβάλλοντος. Μετά από σχετική συζήτηση οι μαθητές κοινοποίησαν τις προτάσεις τους που φαίνονται στην *εικόνα 2* και στη συνέχεια τους ζητήθηκε να τις ταξινομήσουν κατ' αύξουσα τάξη. Ως εργαλείο ταξινόμησης χρησιμοποιήθηκαν, είτε οι μετρήσεις, είτε η έκφραση: «*φαίνεται ότι*», είτε αδόμητος γεωμετρικός λόγος: «*αυτό είναι πιο μακρύ*» ή «*αυτό κάνει γωνία ενώ αυτό πάει ευθεία*». Παρόλο που αναμέναμε οι μαθητές να μετακινήσουν τα σημεία που αντιπροσώπευαν τις πόλεις, και να παρατηρήσουν ότι η ταξινόμηση των διαδρομών κατ' αύξουσα τάξη δεν διατηρείται οι μαθητές θεώρησαν τις θέσεις αυτές σταθερές. Για το λόγο αυτό ανασκεύασαμε τον αρχικό προβληματισμό διαμορφώνοντας κατάλληλα το *πείραμα σχεδιασμού*.

(Μικρο)κύκλος 2^{ος} Σύγκριση διαδρομών

Δόθηκε στους μαθητές τροποποιημένη η αρχική οθόνη όπου είχε συμπεριληφθεί η συμβολική έκφραση των διαδρομών με τα αντίστοιχα μήκη τους και τους ζητήθηκε να διερευνήσουν για διαφορετικές θέσεις των πόλεων Α,Β,Γ και Δ, αν η διάταξη του μήκους των διαδρομών παραμένει σταθερή.



Εικόνα 3



Εικόνα 4

Στη συνέχεια με κατάλληλα πλήκτρα προσαρμόστηκε η διάταξη των πόλεων ώστε $AB=6,7$ μ.μ. και $AD=4,1$ μ.μ.. Σε αυτή την περίπτωση η βέλτιστη λύση από τις προτεινόμενες, διαπιστώθηκε ότι ήταν ο δρόμος με σχήμα Π ή Η. Ζητήθηκε από τους μαθητές να επινοήσουν μια καλύτερη λύση. Στην άρση της δυσκολίας της επινοήσης συνεισέφερε η μετάβαση των μαθητών σε μια αντίστοιχη κατάσταση προβληματισμού (φυσικό φαινόμενο). Αυτός ο νέος (μικρο)κύκλος εργασίας που ακολουθεί αποτέλεσε και το κομβικό σημείο όλων των υπόλοιπων (μικρο)κυκλών.

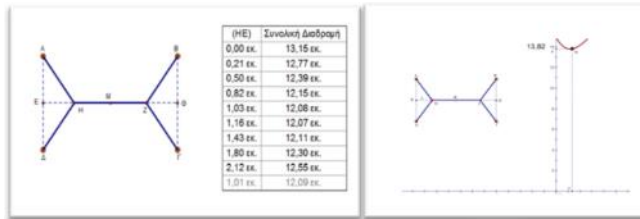
(Μικρο)κύκλος 3^{ος} Το φυσικό φαινόμενο

Στην εικόνα 4 παρουσιάζεται μια κατασκευή ενός μοντέλου η οποία αποτελείται από δύο επιφάνειες σχήματος ορθογωνίου παραλληλογράμμου, παράλληλες μεταξύ τους οι οποίες συγκρατούνται με τέσσερις κάθετες καρφίτσες. Η κάθε κεφαλή των καρφιτσών αντιστοιχεί στις τέσσερις πόλεις Α,Β,Γ και Δ με αποστάσεις ΑΒ και ΑΔ αντίστοιχες με αυτές που προσαρμόστηκαν στο (μικρο)κύκλο 2 στο εικονικό μοντέλο. Η διάταξη βυθίστηκε μέσα σε διάλυμα σαπουνιού με γλυκερίνη. Όταν η διάταξη ανασύρθηκε σχηματίστηκαν μεμβράνες όπως φαίνεται στην εικόνα 4, όπου οι τομές τους με τις επιφάνειες καθόριζαν την ελάχιστη διαδρομή. Το γεγονός αυτό συνέβαλε στο να εστιάσουν από τη μια οι μαθητές στην προτεινόμενη λύση του προβλήματος, ενώ από την άλλη οι μαθητές να διερωτηθούν περί της φυσικής επίλυσης.

(Μικρο)κύκλος 4^{ος} Αριθμητική προσέγγιση - Πινακοποίηση

Με στόχο να προσεγγίσουν οι μαθητές τη φυσική λύση τους ζητήθηκε να τροποποιήσουν κατάλληλα το εικονικό μοντέλο. Η τροποποίηση οδήγησε στη δημιουργία ενός σημείου Η πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα ΕΜ καθώς και το σημείο Ζ έτσι ώστε $EH=ZΘ$ με δυνατότητα αλλαγής της θέσης του σημείου Η. Στη συνέχεια οι μαθητές συνέταζαν πίνακα με δυο πεδία. Το πρώτο πεδίο αναφέρεται στο μήκος ΗΕ ενώ το δεύτερο πεδίο στη συνολική διαδρομή. Από τη διαδοχική πινακοποίηση των τιμών διαπιστώθηκε η θέση του σημείου Η όπου η διαδρομή γίνεται ελάχιστη. Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται ένα

στιγμιότυπο. Στην περίπτωση αυτή η τιμή 1,16 μ.μ. που αφορά το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος ΕΗ αντιπαραβάλλεται με το πραγματικό μοντέλο *εικόνα 4*.



Εικόνα 5

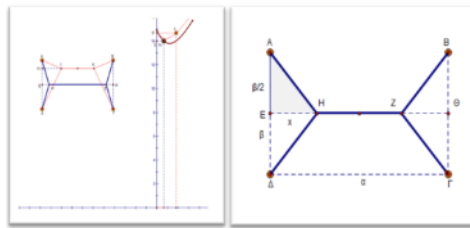
Εικόνα 6

(Μικρο)κύκλος 6^{ος} Δημιουργική αμφιβολία

Σε ερώτηση μαθητή γιατί το σημείο *H* θα πρέπει να βρίσκεται πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα *EM* και όχι κάπου αλλού οργανώσαμε ένα νέο περιβάλλον και κοινοποιήσαμε το ερώτημά του σε επίπεδο τάξης. Ένα στιγμιότυπο φαίνεται στην *εικόνα 7*. Σε αυτό το περιβάλλον ο μαθητής μπορεί να κινεί το σημείο *I* ($ΠΠ=x'$) και να ορίζει κάθε φορά μια διαδρομή μήκους $S'=AI+\Delta I+IK+KΓ+KB$. Το μήκος αυτό αντιστοιχεί στην τεταγμένη του σημείου *Λ*. Μεταβάλλοντας οριζόντια τη θέση του σημείου *I* (δηλαδή το $ΠΠ=x'$) παρατηρήθηκε αντίστοιχα και αλλαγή του σημείου *Λ* το οποίο πάντα έχει τεταγμένη μεγαλύτερη από την τεταγμένη του σημείου *M*, ενώ μεταβάλλοντας κατακόρυφα το σημείο *I*, η γραφική παράσταση ($S' - x'$) παραμένει πάνω από τη γραφική παράσταση ($S - x$). Έτσι αναπτύχθηκε ένας αποδεικτικός λόγος σχετικά με τη μοναδικότητα αυτού του τύπου λύσης.

(Μικρο)κύκλος 7^{ος} Αλγεβρική προσέγγιση της συμμεταβολής

Ο (μικρο)κύκλος αυτός αποτελείται από δύο δράσεις. Στην πρώτη δράση οι μαθητές εμπλέκονται στην διαμόρφωση της αλγεβρικής σχέσης που συνδέει τις ποσότητες S, x .



Εικόνα 7

Εικόνα 8

Η εστίαση στο βασικό ορθογώνιο τρίγωνο *AEH*, *εικόνα 8*, οδηγεί στην εύρεση του μήκους της υποτείνουσας *AH* δια μέσω του Πυθαγορείου θεωρήματος. Τελικά η σχέση διαμορφώνεται ως εξής:

$$s = 4 \sqrt{x^2 + \left(\frac{\beta}{2}\right)^2} + \alpha - 2x \quad (1)$$

Στη δεύτερη δράση οι μαθητές ειστούν τις τιμές $\alpha=6,7$ και $\beta=4,1$ στον τύπο (1) και αναπαριστούν τα ζεύγη τιμών (S, x) ως σημεία στο καρτεσιανό επίπεδο ώστε να

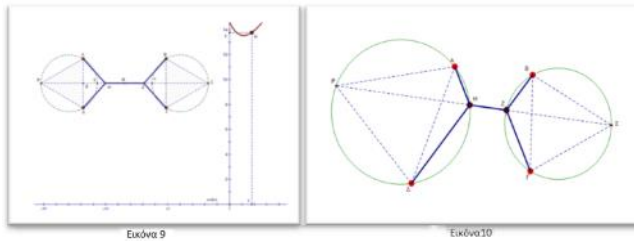
συγκροτήσουν σταδιακά τη γραφική παράσταση του (μικρο)κύκλου 5 η οποία σχηματίστηκε με την αυξομείωση των μεγεθών x και S .

(Μικρο)κύκλος 8^{ος} Γεωμετρική προσέγγιση

Από συζήτηση πρόκυψε το πρόβλημα: «*το πώς θα μπορούσε ο υπολογιστής να βρίσκει αυτόματα τις θέσεις των σημείων H και Z για κάθε διαφορετικό παραλληλόγραμμο ABΓΔ.*» Για την προσέγγιση αυτού του προβλήματος εκμεταλλευτήκαμε το γεγονός ότι η βέλτιστη λύση της ελάχιστης διαδρομής είναι εκείνη όπου οι γωνίες στους κόμβους, H και Z είναι ίσες με 120° ((μικρο)κύκλος 5). Έτσι εδώ έχουμε μια στροφή προς τη γεωμετρική κατασκευή των σημείων H και Z. Οι μαθητές κατασκεύασαν τα ισόπλευρα τρίγωνα APΔ και BΓZ καθώς και τους αντίστοιχους περιγεγραμμένους κύκλους. Από τη δραστηριότητα αυτή διαπιστώθηκε ότι στη βέλτιστη λύση τα σημεία H και Z ταυτίζονται με τα σημεία T και Y αντίστοιχα τα οποία προκύπτουν ως σημεία τομής των περιγεγραμμένων κύκλων με το ευθύγραμμο τμήμα ΡΣ. Σε αυτές τις θέσεις οι γωνίες ΑΗΔ και ΒΖΓ είναι εγγεγραμμένες βαίνουσες σε τόξα 120° . Οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να αντιπαραβάλουν το νέο γεωμετρικό μοντέλο με την αντίστοιχη γραφική παράσταση (εικόνα 9).

(Μικρο)κύκλος 9^{ος} Γενίκευση -Γεωμετρική κατασκευή

Σε αυτό τον κύκλο ζητήθηκε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τη γεωμετρική λογική που αποκαλύφθηκε στο (μικρο)κύκλο 8 και να βρουν την ελάχιστη διαδρομή που συνδέει τις τέσσερις πόλεις Α,Β,Γ,Δ, οι οποίες όμως δεν αποτελούν κατ' ανάγκη θέσεις κορυφών ορθογωνίου παραλληλογράμμου. Οι περισσότεροι μαθητές κατόρθωσαν να μεταφέρουν από το (μικρο)κύκλο 8 την τεχνική κατασκευής των ισοπλευρών καθώς και των αντίστοιχων εγγεγραμμένων κύκλων, παρόλο όμως που οι αντίστοιχες έννοιες που απαιτούνται για τη διαχείριση του θέματος έχουν διδαχθεί στο τυπικό μάθημα υπήρξε αρκετή δυσκολία στο να αποδείξουν γιατί η γωνία ΑΗΖ παραμένει να έχει μέτρο 120° [Εφόσον η γωνία ΡΗΑ είναι 60° ως εγγεγραμμένη σε τόξο 60° , η γωνία ΑΗΖ ως παραπληρωματική της ΑΗΔ είναι 120°].



(Μικρο)κύκλος 10^{ος} Τροποποίηση του πραγματικού μοντέλου

Αυτός ο κύκλος εργασίας οργανώθηκε γύρω από την ερώτηση ενός μαθητή: «*Αν βάζαμε στη σαπουνάδα έτσι, όπως εδώ τις πόλεις (εικόνα 10), θα έβγαине αυτός ο δρόμος*». Αυτή η ερώτηση ήταν η αφορμή να κατασκευαστεί νέο πραγματικό μοντέλο τοποθετώντας τις καρφίτσες σε διαφορετικές θέσεις και ζητήσαμε από τους μαθητές να τροποποιήσουν

κατάλληλα το αρχείο που χρησιμοποιήθηκε στο μικροκύκλο 5 (εικόνα 5) ώστε να το προσαρμόσουν για να αντιστοιχεί στις πραγματικές μετρήσεις της νέας κατασκευής. Με το σχηματισμό των μεμβρανών και την αντιπαραβολή της θέσης των κόμβων στο πραγματικό μοντέλο και στο εικονικό προκύπτουν από τους μαθητές ερωτήματα, όπως: «*πώς ξέρει η μεμβράνη και ακολουθεί αυτή τη διαδρομή;*». Γύρω από αυτή την προβληματική αναπτύχθηκε συζήτηση σχετικά με το ότι φύση επιλέγει πάντα τον πιο οικονομικό τρόπο για να ενεργήσει και για να το πετύχει αυτό επιλέγει καταστάσεις συμμετρίας. Στη συνέχεια σπάζοντας μια μεμβράνη δημιουργείται ένα νέο δίκτυο μεμβρανών που συνδέει τρεις πόλεις και ζητείται από τους μαθητές να ερμηνεύσουν το τι συμβαίνει. Το ερμηνευτικό πλαίσιο των μαθητών βασίζεται αποκλειστικά στη λογική της ελάχιστης διαδρομής που συνδέει τις τρεις πόλεις. Ο μοναδικός κόμβος (*σημείο Stainer*) που δημιουργήθηκε, προσδιορίστηκε γεωμετρικά, ως το σημείο που σχηματίζονται γύρω του τρεις γωνίες των 120° .

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μαθηματική έννοια της *συμμεταβολής* είναι ο συνεκτικός ιστός που συνδέει τους δέκα (μικρο)κύκλους. Μπορεί να διαφανεί από τη μια ότι οι (μικρο)κύκλοι 1,2,3,4,5,7,9 εισάγονται με πρόθεση του εκπαιδευτικού με στόχο οι μαθητές να συνδέσουν τις διαφορετικές αναπαραστάσεις της έννοιας της *συμμεταβολής* με ένα φυσικό φαινόμενο, ενώ ο (μικρο)κύκλος 6 αναπτύσσεται γύρω από την αμφιβολία ενός μαθητή περί τις μοναδικής θέσης του ελαχίστου, ο (μικρο)κύκλος 8 αποτελεί μια στροφή του διδακτικού σχεδιασμού προς τη γεωμετρική προσέγγιση από την απαίτηση ενός μαθητή για «αυτοματοποιημένη λύση» καθώς και ο (μικρο)κύκλος 10 προέκυψε από την ανάγκη επιβεβαίωσης της ψηφιακής λύσης στο πραγματικό μοντέλο. Σε αυτές τις μεταβάσεις συνέβαλε από τη μια το ανοικτό περιβάλλον του ψηφιακού εργαλείου της *δυναμικής γεωμετρίας*, όπου έδωσε τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να προσαρμόσει τη μοντελοποίηση σύμφωνα με τις απαιτήσεις της *διδασκαλίας πρακτικής (μηχανικής)* ενώ από την άλλη η δυνατότητα αλλαγής του πραγματικού μοντέλου συνεισέφερε στην αξιοπιστία των υπολογιστικών λύσεων. Το όλο εγχείρημα αποτέλεσε ένα συντονισμό διαφορετικών γνωστικών περιοχών και αναπαραστάσεων που συνδύαζε διαφορετικές τεχνικές και μεθόδους με πρόθεση να διαφανεί ότι τα μαθηματικά δεν λειτουργούν αποσπασματικά και κατακερματισμένα αλλά έχουν συνέχεια, δομή, συνάφεια και συνδέονται με άλλες επιστήμες. Όπως φάνηκε από την αναλυτική περιγραφή των δραστηριοτήτων τα σημεία δυσκολίας που προέκυψαν αντιμετωπίστηκαν με επανατοποθέτηση του προβλήματος στο περιβάλλον της *δυναμικής γεωμετρίας* από τη μια και της μοντελοποίησης στη πραγματική διάταξη από την άλλη, ώστε να δημιουργήσουμε κατάλληλα πλαίσια εργασίας που οι μαθητές να έχουν την ευκαιρία να πραγματοποιούν εικασίες, ανασκευές και γνωστικές συνδέσεις. Η έννοια της μετάβασης σε διαφορετικά πλαίσια σε αυτή την έρευνα αποκτά πρωτεύοντα ρόλο και συνδέεται άμεσα με τη μεταφορά της γνώσης. Η μεταφορά νοείται ως συντονισμός αυτών των πλαισίων. Το κομβικό σημείο των μεταβάσεων αποτελεί το *πραγματικό πείραμα*. Σε κάθε κύκλο μπορούμε να διακρίνουμε διασυνδεδεμένους και τους δύο τρόπους μοντελοποίησης (*οριζόντια και κατακόρυφη*) και μάλιστα ορισμένους τόσο

σε διαφορετικές επιστημολογικές προσεγγίσεις όσο και σε διαφορετικούς τύπους αναπαράστασεων. Αυτό που περεταίρω ερευνούμε και δεν υπάρχει επάρκεια χώρου για την παρουσίασή του αποτελεί η μελέτη μεταφοράς των δομών εργασίας οι οποίες προέκυψαν από τους δέκα (μικρο)κύκλους σε άλλες θεματικές περιοχές. Όπως «πώς αναπαριστώ συμμεταβαλλόμενα μεγέθη», «Τι ρόλο παίζει το ελάχιστο σημείο στη γραφική παράσταση», «Τι σημαίνει γεωμετρική κατασκευή»,... Ένας τέτοιος προσανατολισμός πιστεύουμε ότι οδηγεί την έρευνα προς τις αχαρτογράφητες περιοχές της γενίκευσης και της αφαίρεσης των μαθηματικών εννοιών που σχετίζονται με ψηφιακά εργαλεία και απτικό υλικό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Balacheff N.(2009) *Proving in mathematics from a learning perspective*, Πρακτικά 3^ο συνεδρίου ΕΝΕΔΙΜ, 17-28, Παν/μιο Αιγαίου, Ρόδος
- Bransford, J. D. & Schwartz, D. L. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. In A. Iran-Nejad & P. D. Pearson (Eds.), *Review of Research in Education*, 24, 61-100. Washington, D.C.: American Educational Research Association.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Letrer, P.& Schauble, L. (2003) Design experiments in educational research, *Educational Researcher*, 32,1, 9-13.
- Cole, M. (1996). *Cultural Psychology. A Once and Future Discipline*. Cambridge: Harvard University Press.
- De Abreu, G., Bishop, A., & Presmeg, N. S. (2002). Mathematics learners in transition. In G. De Abreu, A. J. Bishop, & N. S. Presmeg (Eds.), *Transitions between contexts of Mathematical Practices* (pp. 7-22). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Engestrom, Y. (1999). Innovative learning in work teams: analyzing cycles of knowledge creation in practice in Y. Engestrom, R. Miettinen and R.L. Punamaki (eds) *Perspectives on Activity Theory* Cambridge: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. & Cole, M. (1997). Situated cognition in search of an agenda. In J. A. Whitson, & D. Kirshner, (Eds.), *Situated Cognition. Social, semiotic, and psychological perspectives*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting Mathematics Education. China Lectures*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Glaser, B. & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. Chicago: Aldine.
- Kaput, J. (1996). The role of physical and cybernetic phenomena in building intimacy with mathematical representations (Keynote address). In P. Clarkson (Ed.), *Technology in Mathematics Education: Proc., 19th Annual Conference of MERGA* (pp. 20–29) Melbourne, Australia: Deakin University Press.
- Leont'ev, A. N. (1978). *Activity, Consciousness, and Personality*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Schwartz, D. L., Varma, S., & Martin, L. (2008). Dynamic transfer and innovation. in S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 479-506). New York: Taylor & Francis.

- Treffers, A. (1987). Three Dimensions. A Model of Goal and Theory Description in Mathematics Instruction. The Wiskobas Project. Dordrecht: Reidel Publishing Company.
- Vergnaud, G. (1996): The Theory of Conceptual Fields. In: STEFFE, L.P. / NESHER, P. (Hrsg.): Theories of mathematical learning. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. pp. 219-239.
- Vygotsky, L. (1978). Mind in Society: the Development of Higher Psychological Processes, M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner and E. Soubermann (eds and trans.) Cambridge, MA: Harvard University Press.

Ο ρόλος των εικονικών αναπαραστάσεων στον εντοπισμό λαθών των μαθητών στην κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης

Κυριάκος Κυριακού¹ & Ρίτα Παναούρα²

¹Υποψήφιος διδάκτορας στη Μαθηματική Παιδεία, Πανεπιστήμιο Frederick, kyriakoskyriakoukg@gmail.com

²Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Frederick, pre.pm@frederick.ac.cy

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα έρευνα έχει μελετηθεί ο ρόλος που μπορεί να έχει η χρήση των εικονικών αναπαραστάσεων στον εντοπισμό λαθών των μαθητών στην κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης. Η διερεύνηση του θέματος αφορούσε μαθητές λυκείου της Κύπρου με επιλογή του μαθήματος των μαθηματικών ως κύριου μαθήματος ειδίκευσης. Στην πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε, αξιοποιήθηκε η χρήση της τεχνολογίας για αναπαράσταση και δυναμική αντίληψη ακολουθίας συναρτήσεων – παραβολών στην πειραματική ομάδα (Π.Ο.), ενώ στην ομάδα ελέγχου (Ο.Ε.) ακολουθήθηκε η διδακτική προσέγγιση του Αναλυτικού Προγράμματος του Υπουργείου Παιδείας. Η έρευνα επικεντρώνεται στην παρουσίαση των κυριότερων λαθών που εντοπίστηκαν και στην παρουσίαση εισηγήσεων για την αποδοτικότερη διδασκαλία του θέματος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αναπαραστάσεις, συνάρτηση, παρανοήσεις.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι εξωτερικές αναπαραστάσεις στη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών αποτελούν βασικό εργαλείο στη διδασκαλία των μαθηματικών, εφόσον αποτελούν ρυθμιστικό παράγοντα στην οικοδόμηση εσωτερικών αναπαραστάσεων και στην αποκάλυψη των αντίστοιχων γνωστικών σχημάτων όσον αφορά στη συγκεκριμένη έννοια (Greeno και Hall, 1997). Αναλύεται στη συνέχεια το θεωρητικό πλαίσιο αξιοποίησης ποικιλίας αναπαραστάσεων στη διδασκαλία και κατανόηση της έννοιας και η δυνατότητα αξιοποίησης της τεχνολογίας ως διδακτικού εργαλείου αποδοτικότερης διδασκαλίας της έννοιας και αξιολόγησης του βαθμού κατανόησής της. Στόχος της παρούσας έρευνας είναι η αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας για τον εντοπισμό των λαθών των μαθητών κατά την επίλυση προβλημάτων που απαιτούν τη μετάφραση μεταξύ των διαφόρων μορφών αναπαράστασης της έννοιας της συνάρτησης (δηλαδή της γραφικής μορφής, της συμβολικής μορφής, και της λεκτικής μορφής).

Η χρήση ποικιλίας αναπαραστάσεων στην κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης

Η συζήτηση της ανάγκης αξιοποίησης πληθώρας αναπαραστάσεων δεν είναι σύγχρονη γενικά και ειδικότερα όσον αφορά στην έννοια της συνάρτησης. Ενδεικτικά, ο Hitt (1998) αναφέρει ότι η κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης προϋποθέτει συνεκτικότητα μεταξύ των διαφόρων μορφών αναπαραστάσεων της συνάρτησης. Φάνηκε από έρευνες σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ότι κατά τη μετάφραση από μια μορφή αναπαράστασης σε άλλη δεν διατηρούν το ίδιο νόημα, ή δεν αντιλαμβάνονται ότι η κάθε μορφή αναπαράστασης είναι μία διαφορετική διάσταση της ίδιας έννοιας.

Στο πρόσφατα διαμορφωμένο αναλυτικό πρόγραμμα της Κύπρου, το οποίο αναπτύχθηκε το 2010, γίνεται προσπάθεια εισαγωγής της έννοιας της συνάρτησης σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, και ιδιαίτερα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, συνδυάζοντας διάφορες μορφές αναπαράστασής της. Το NCTM (2000) επισημαίνει πως οι μαθητές θα πρέπει να είναι ικανοί να χειρίζονται τις διάφορες μορφές αναπαράστασης μιας συνάρτησης (λεκτικής, συμβολικής, γραφικής μορφής και σε μορφή πίνακα). Η κάθε μορφή αναπαράστασης φωτίζει κάποιες πτυχές της μαθηματικής έννοιας που αναφέρεται, χωρίς να μπορεί να την περιγράψει πλήρως (Ασβεστάς και Γαγάτσης, 1995· Dreyfus, και Eisenberg, 1996· Kaput, 1992). Έτσι, η μετάφραση ανάμεσα στα διάφορα είδη αναπαραστάσεων μιας έννοιας είναι ένδειξη κατανόησης της έννοιας (Patsiomitou, 2012· Gagatsis, Panaoura, Deliyianni και Elia, 2009).

Η επισήμανση και ανάδειξη των διαδικασιών κατανόησης των μετασχηματισμών συναρτήσεων από μαθητές που εργάζονται σε υπολογιστικά περιβάλλοντα, όπου δίνεται η δυνατότητα πολλαπλών και διασυνδεδεμένων αναπαραστάσεων των συναρτήσεων και των μετασχηματισμών τους, είναι ουσιαστικής σημασίας για τη βελτίωση της κατανόησης των μαθηματικών εννοιών από τους μαθητές. Είναι ιδιαίτερο το ενδιαφέρον της επέκτασης του πλαισίου των συνδεδεμένων αναπαραστάσεων με τη χρήση λογισμικών έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό και εφαρμογή τους στη διδασκαλία. Οι Trigueros, Lozano, Sandoval, Lage, Jinich, García, και Tovilla (2006) διαπίστωσαν ότι η αλληλεπίδραση και η εργασία των μαθητών με πολλαπλές οπτικές γωνίες μιας έννοιας, βοήθησε στον εμπλουτισμό δημιουργίας πηγών που συμπλήρωναν τα σχολικά βιβλία και στη βελτίωση της διδασκαλίας μαθηματικών εννοιών.

Ενσωμάτωση τεχνολογιών στα μαθηματικά και οι αναπαραστάσεις

Οι ραγδαίες εξελίξεις στους τομείς των Τεχνολογιών, Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) τις τελευταίες δεκαετίες εφοδίασαν με πρόσθετα εργαλεία τη διδακτική διαδικασία. Η τεχνολογία βοηθά στην αντιμετώπιση και κάλυψη των ελλείψεων και ανεπαρκειών στη διδασκαλία και οδηγεί σε πρακτικές για τη βελτίωση των μαθηματικών δεξιοτήτων των μαθητών (Artigue, 2002). Η τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή να κατασκευάζει γραφικές αναπαραστάσεις, να παρατηρεί, να επεξεργάζεται και να διαφοροποιεί τα αποτελέσματα των κατασκευών του με τέτοιο τρόπο που να προχωρεί σε

πολυπλοκότερους σχεδιασμούς. Ακόμη, επιτρέπει την προσομοίωση φυσικών φαινομένων σε μαθηματικά μοντέλα.

Οι Hohenwarter και Lavicza (2008), υποστηρίζουν ότι με τη χρήση του λογισμικού GeoGebra οι μαθητές μαθαίνουν τις συνθήκες που διέπουν τις διάφορες γεωμετρικές κατασκευές. Οι Teodoro, και Neves (2011), αναφέρουν ότι το λογισμικό Modellus επιτρέπει στους μαθητές να διαχειριστούν τα μαθηματικά αντικείμενα ως 'συμπαγή-αφηρημένα αντικείμενα', με την έννοια ότι μπορούν να τα διαχειριστούν, να τα οπτικοποιήσουν και να είναι αφηρημένα διότι είναι μαθηματικές κατασκευές. Οι da Silva Soares και Borba (2014), διαπίστωσαν ότι η διάδραση των ατόμων με το λογισμικό Modellus, στη διδασκαλία και ανάλυση φυσικών φαινομένων, αφενός τους εφοδίασε με πληροφορίες σχετικά με το φαινόμενο και το μοντέλο και αφετέρου λειτούργησε ως έναυσμα στόχευσης προς σημαντική πτυχή του φαινομένου συμβάλλοντας στην κατανόησή του.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης της τεχνολογίας στην κατανόηση των λαθών και παρανοήσεων των μαθητών στην αξιοποίηση διαφορετικών αναπαραστάσεων στην επίλυση προβλημάτων συνάρτησης. Ο εντοπισμός των λαθών αφορά κυρίως στην κατανόηση του τρόπου σκέψης των μαθητών και των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν κατά την αναγνώριση, χειρισμό και μετάφραση της αναπαράστασης της συνάρτησης με και χωρίς τη χρήση της τεχνολογίας. Η έρευνα επικεντρώθηκε στη διερεύνηση των ακόλουθων συγκεκριμένων ερευνητικών ερωτημάτων: α) Ποια είναι τα κύρια λάθη των μαθητών Α΄ λυκείου στην κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης - παραβολής; β) Πώς μπορεί να αξιοποιηθεί η χρήση της τεχνολογίας στον εντοπισμό των λαθών των μαθητών στην κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης - παραβολής;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

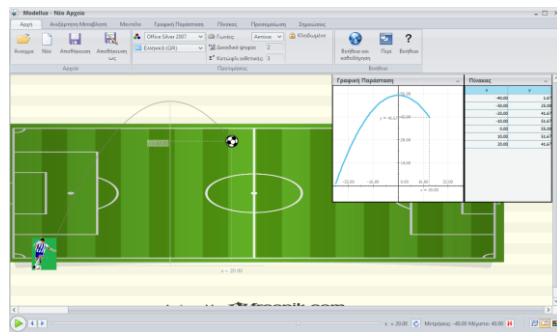
Πληθυσμός-Δείγμα

Ο πληθυσμός της παρούσας έρευνας είναι οι μαθητές της Α΄ Λυκείου Δημοσίων Σχολείων Μέσης Εκπαίδευσης της επαρχίας Λευκωσίας. Η επιλογή του συγκεκριμένου δείγματος έγινε με βάση την εύκολη πρόσβαση του ερευνητή σε αυτά εφόσον αυτή διασφαλίζει την πιο θετική ανταπόκριση των μαθητών. Έλαβαν μέρος 32 μαθητές από δύο ισάριθμα τμήματα της Α΄ Λυκείου με κατεύθυνση τα ενισχυμένα μαθηματικά, (5 ώρες την εβδομάδα). Το ένα τμήμα αποτέλεσε την Ο.Ε. και το άλλο τμήμα την Π.Ο.. Η Ο.Ε. διδάχθηκε με βάση τις εισηγήσεις του διδακτικού βιβλίου και του αναλυτικού προγράμματος του Υπουργείου Παιδείας και η Π.Ο. διδάχθηκε με την διδακτική παρέμβαση που προτείνεται και αφορά στην αξιοποίηση της τεχνολογίας.

Διαδικασία της έρευνας

Αρχικά δόθηκε και στις δύο ομάδες (Ο.Ε. και Π.Ο.) ένα πρόβλημα που αφορούσε το γέμισμα του νεποζίτου νερού όπως ενδεικτικά παρατίθεται στα εργαλεία της έρευνας. Ακολούθως για την Ο.Ε. η διδασκαλία έγινε με βάση το διδακτικό και αναλυτικό πρόγραμμα του Υπουργείου Παιδείας της Κύπρου, ενώ για την Π.Ο. η διδασκαλία

αποτελείτο από τρία στάδια. Στο 1^ο στάδιο η διδακτική παρέμβαση αφορούσε προσομοίωση - animation με χρήση του λογισμικού GeoGebra παρόμοιου προβλήματος, δηλαδή γεμίσματος κώνου και κυλίνδρου με νερό και σύνδεσή του με την αντίστοιχη γραφική παράσταση. Με την ολοκλήρωση του 1^{ου} σταδίου ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να επιλύσουν ξανά το ίδιο πρόβλημα και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων τους. Στο 2^ο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας έγινε διερεύνηση μέσω προσομοίωσης δύο φυσικών φαινομένων που κινούνται με τροχιά παραβολής (η μία κοίλα πάνω και η άλλη κοίλα κάτω) με χρήση του λογισμικού Modellus. Έγινε σύνδεση με τη γραφική παράσταση και τον πίνακα αντιστοιχών τιμών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1 που ακολουθεί. Στο 3^ο τρίτο στάδιο παρουσιάστηκαν γραφικές παραστάσεις συγκεκριμένων στοχευμένων παραβολών με χρήση του GeoGebra, όπου οι μαθητές εξήγαγαν τα συμπεράσματά τους και τα παρουσίασαν στην τάξη και έγινε συζήτηση επ' αυτών. Με την ολοκλήρωση των δύο μεθόδων διδασκαλίας χορηγήθηκε το δοκίμιο ικανότητας λύσης προβλημάτων, το οποίο αναλύεται στη συνέχεια.



Εργαλεία συλλογής δεδομένων

1^ο Έργο – Πρόβλημα Ντεπόζιτο νερού: Το έργο του ντεποζίτου του νερού χορηγήθηκε σε όλο το δείγμα πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση στο συγκεκριμένο πρόβλημα, για να μετρηθεί η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στην Ο.Ε. και στην Π.Ο.

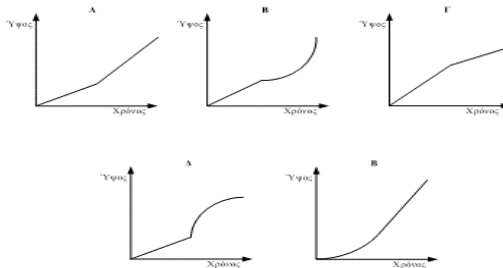
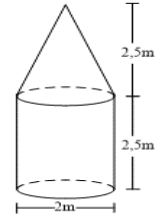
ΝΤΕΠΟΖΙΤΟ ΝΕΡΟΥ

Έργο 1^ο : ΝΤΕΠΟΖΙΤΟ ΝΕΡΟΥ

Ένα ντεπόζιτο νερού έχει τη μορφή και τις διαστάσεις που φαίνονται στο διπλανό σχήμα.

Αρχικά το ντεπόζιτο είναι άδειο. Μετά το γεμίζουμε νερό με ρυθμό ένα λίτρο ανά δευτερόλεπτο.

Ποια από τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις δείχνει πώς το ύψος του νερού μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου;



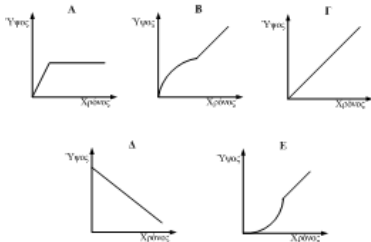
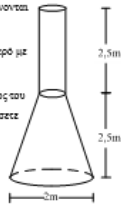
Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

Δοκίμιο ικανότητας λύσης προβλημάτων

Το δοκίμιο της έρευνας που χορηγήθηκε αποτελείται από δέκα έργα. Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται μόνο σε κάποια από τα έργα όπου φάνηκαν κάποιες σημαντικές διαφορές. Το 1^ο έργο είναι το πρόβλημα με το γέμισμα ενός ντεποζίτου (συνδυασμός κώνου με κύλινδρο) με νερό. Εξετάζει αν μπορούν να αντιστοιχίσουν τη σωστή γραφική παράσταση του χρόνου με το ύψος του νερού στο δοχείο, ενώ ζητήθηκε και αιτιολόγηση της απάντησής τους. Το 4^ο διερευνά αν η διδακτική παρέμβαση στην Π.Ο. έχει επίδραση στο πώς αντιλαμβάνονται την επίδραση της τιμής του a στη μορφή της συνάρτησης όταν αυτή δίνεται σε συμβολική μορφή. Το 5^ο εξετάζει αν η διδακτική παρέμβαση επιδρά στο κατά πόσον από τη συμβολική μορφή μπορούν να εξηγήσουν σωστά τις μετατοπίσεις της συνάρτησης. Το 10^ο διερευνά κατά πόσο η διδακτική παρέμβαση επιδρά στο πώς οι τιμές του a , κ και λ (το a είναι ο συντελεστής του δευτεροβάθμιου όρου, ενώ το κ και το λ είναι παράμετροι της παραβολής που σχετίζονται με τον άξονα συμμετρίας και την οριζόντια και κατακόρυφη μετατόπιση της παραβολής) επηρεάζουν την κοιλότητα, τον άξονα συμμετρίας και τη μετατόπιση της συνάρτησης.

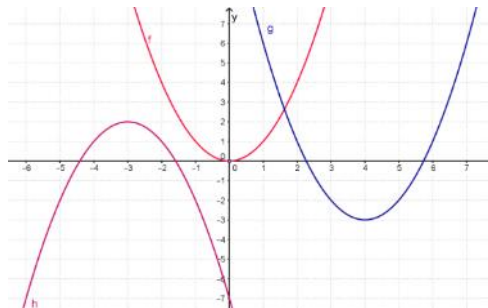
Έργο 1

Ένα νεπαίο νερό έχει τη μορφή και τις διαστάσεις που φαίνονται στο διπλανό σχήμα. Αρχικά το νεπαίο είναι άδειο. Ακολούθως το γεμίζουμε με νερό με ρυθμό ένα λίτρο ανά δευτερόλεπτο. Ποια από τις παρακάτω γραμμικές παραστάσεις δείχνει πως το ύψος του νερού μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



Έργο 10^ο

Στο πιο κάτω σχήμα δίνεται η γραφική παράσταση της συνάρτησης $f(x) = a(x + κ)^2 + λ$. Να δώσετε τις κατάλληλες τιμές στο a , $κ$ και $λ$, ώστε η γραφική παράσταση της f να μετατοπιστεί και να ταυτιστεί με τη γραφική παράσταση:



- α) της g και
- β) της h .

Έργο 5^ο

Να αναφέρετε το είδος της μετατόπισης (οριζόντια – κατακόρυφη), ώστε η $f(x) = x^2$, να μετατοπιστεί στην καμπύλη με τύπο:

- α) $f_1(x) = x^2 - 3$
- β) $f_2(x) = (x + 4)^2$
- γ) $f_3(x) = x^2 + 2x + 3$

Έργο 4^ο (α, β)

Να αναφέρετε μία διαφορά που παρουσιάζουν τα πιο κάτω ζεύγη παραβολών.

- α) $f(x) = 4x^2$ και $g(x) = 6x^2$
- β) $f(x) = -2x^2$ και $g(x) = -\frac{3x^2}{2}$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η επικέντρωση της ανάλυσης έγινε κυρίως στα έργα 1, 4(α,β), 5 και 10 διότι σ' αυτά διαφάνηκε να υπάρχει στον καταρχήν έλεγχο των δεδομένων, κάποια σημαντική απόκλιση στις απαντήσεις μεταξύ των δύο ομάδων. Ο περιορισμός του χώρου δημοσίευσης δεν επιτρέπει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων για όλα τα έργα.

Συχνά λάθη των μαθητών

Στο 1^ο έργο του δοκιμίου που ήταν το πρόβλημα με το γέμισμα του ντεποζίτου του νερού έγινε σύγκριση της Π.Ο. με την Ο.Ε.. Στην Ο.Ε. απάντησαν σωστά 3 μαθητές από τους 15. Στην Π.Ο. πριν την διδακτική παρέμβαση δεν απάντησε κανένας από τους 16 σωστά, ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση απάντησαν και οι 16 σωστά. Από τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται ότι η διδακτική παρέμβαση που έγινε στην Π.Ο. βοήθησε σημαντικά τους μαθητές να κατανοήσουν και να απαντήσουν σωστά στο πρόβλημα, ενώ κάτι ανάλογο δεν συνέβηκε στην Ο.Ε.. Φάνηκε να υπάρχει παρανόηση στη μετάφραση του φυσικού φαινομένου στη σωστή γραφική παράσταση του χρόνου με το ύψος του νερού. Αυτή η παρανόηση ίσως να οφείλεται στο σχήμα του δοχείου. Φαίνεται ότι επηρέασε τους μαθητές διότι ενώ συσχέτιζαν σωστά τη γραφική παράσταση που περιείχε παραβολή για τον κώνο και ευθεία για τον κύλινδρο, την ίδια στιγμή αντιστοιχούσαν το μεγαλύτερο άνοιγμα του κώνου με το μεγαλύτερο ύψος της παραβολής και το αντίθετο για το μικρότερο άνοιγμά του. Προσπαθούσαν να αντιστοιχίσουν τα σημεία του σχήματος του κώνου με τα σημεία της γραφικής παράστασης της παραβολής, χωρίς να αντιλαμβάνονται ότι το μεγαλύτερο άνοιγμα του κώνου χρειάζεται περισσότερη ποσότητα νερού για να γεμίσει άρα και περισσότερο χρόνο, με συνέπεια να οδηγούνται σε λάθος συμπέρασμα. Η διδακτική παρέμβαση βοήθησε να ξεπεραστεί η παρανόηση αυτή, αφού αντιλήφθηκαν πως ο ρυθμός μεταβολής του ύψους του νερού ως προς το χρόνο για τον κώνο ακολουθεί παραβολή, ενώ στον κύλινδρο ακολουθεί ευθεία. Από την Π.Ο. δυστυχώς μόνο ένας μαθητής αιτιολόγησε την απάντησή του. Πριν τη διδακτική παρέμβαση είχε απαντήσει λάθος αλλά μετά τη διδακτική παρέμβαση έδωσε σωστή απάντηση με σωστή αιτιολόγηση. Το αποτέλεσμα αυτό αποτελεί μία πρώτη ένδειξη ότι οι μαθητές δεν αιτιολογούν τις απαντήσεις τους και δεν το θεωρούν ενδεχομένως απαραίτητο στοιχείο της αξιολόγησης της ορθότητας μίας λύσης. Από τα αποτελέσματα διαφάνηκε ότι κάποιοι γνωστικοί μηχανισμοί λειτούργησαν έτσι ώστε οι μαθητές να οδηγηθούν σε μια βαθύτερη σκέψη και ερμηνεία της συναρτησιακής σχέσης του χρόνου με το ύψος του νερού που τους δίνονταν στις γραφικές παραστάσεις. Ενδεικτικά αναφέρουμε την απάντηση του μαθητή *«διότι ξεκινά πλατύ (εννοούσε τη βάση του κώνου) και πάει πιο μικρό (εννοούσε ότι προς τα πάνω στενεύει ο κώνος)»*.

Έργο 4^ο (α, β): παρόλον ότι οι αλγεβρικές μορφές των δύο παραβολών που τους δίνονταν για να αναφέρουν μία ομοιότητα και μία διαφορά ήταν απλές μορφές, εντούτοις πολλοί μαθητές και των δύο ομάδων δεν μπόρεσαν να απαντήσουν σωστά, ειδικά στην περίπτωση των παραβολών με αρνητικό το α. Στην Ο.Ε. απάντησαν 8 λάθος από τους 16 και από την Π.Ο. 13 λάθος από τους 16. Δυσκολεύτηκαν πιο πολύ στο να δώσουν μία διαφορά παρά μία ομοιότητα. Πιθανώς αυτό να σχετίζεται με τη δυσκολία που έχουν οι μαθητές στο χειρισμό των αρνητικών αριθμών και αυτό τους εμπόδισε στο να κάνουν μια βαθύτερη ανάλυση και σύγκριση των δεδομένων τους και να εξαγάγουν τα σωστά συμπεράσματα. Ενδεικτικά να αναφέρουμε λάθος απαντήσεις μαθητών από την Π.Ο. που δεν μπόρεσαν να επισημάνουν ούτε ομοιότητα ούτε διαφορά των δύο παραβολών *«Διαφορετικοί αριθμοί (εννοούσε τη βάση του κώνου)»*, *«Διαφορετική θέση του α;»*. Να

αναφέρουμε και απάντηση ενός μαθητή που βρήκε σωστά την ομοιότητα και λάθος τη διαφορά. Ομοιότητα «Έχουν και οι δύο ελάχιστο» και διαφορά «το a της μια είναι 4 ενώ της άλλης είναι 6».

Έργο 5^ο: έκαναν περισσότερα λάθη στην τρίτη περίπτωση που τους δινόταν, που ήταν η μορφή $f(x) = ax^2 + bx + \gamma$. Στην Ο.Ε. απάντησαν 6 λάθος από τους 16 και από την Π.Ο. 12 λάθος από τους 16. Έπρεπε εδώ να κάνουν κάποιες πράξεις, όπως για παράδειγμα να εφαρμόσουν τη μέθοδο συμπληρώσεως τέλειου τετραγώνου, ώστε να διαπιστώσουν το είδος της μετατόπισης, δηλαδή ότι υπήρχε και οριζόντια και κατακόρυφη μετατόπιση. Ενδεικτικά να αναφέρουμε λάθος απάντηση μαθητή από την Π.Ο. «3 κατακορυφήν» και εννοούσε ότι μετατοπίστηκε κατά 3 μονάδες κατακόρυφα.

Έργο 10^ο: δυσκολεύτηκαν να αποδώσουν τις σωστές τιμές των a , κ , λ , από τις γραφικές παραστάσεις των συναρτήσεων σε σχέση με την απλή μορφή της παραβολής. Στην Ο.Ε. απάντησαν 8 λάθος από τους 16 και από την Π.Ο. 13 λάθος από τους 16. Φαίνεται ότι δεν αντιλήφθηκαν ότι μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις συντεταγμένες της κορυφής και την κοιλότητα των γραφικών παραστάσεων έτσι ώστε να προσδιορίσουν τις κατάλληλες τιμές ή πρόσημα που χρειάζονταν στην απάντησή τους. Ακόμη, δυσκολεύτηκαν στο να δώσουν ένα γενικότερο χαρακτηρισμό στην παράμετρο a , δηλαδή το προφανές ότι αφού είναι κοίλα προς τα πάνω θα είναι το $a > 0$ ή κοίλα προς τα κάτω $a < 0$, χωρίς να είναι απαραίτητο να δώσουν συγκεκριμένη τιμή.

Όσον αφορά στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα για την αξιοποίηση της τεχνολογίας στον εντοπισμό των λαθών των μαθητών, παρουσιάζονται κάποια συγκεκριμένα παραδείγματα όπου φαίνεται η θετική παράμετρος της αξιοποίησης της τεχνολογίας στην επισήμανση κάποιων βασικών λαθών των μαθητών. Συγκεκριμένα, στο πρόβλημα του ντεποζίτου διαπιστώθηκε πολύ πιο εύκολα το λάθος που έκαναν οι περισσότεροι μαθητές, δηλαδή ότι δεν συσχέτιζαν την παραβολή με το γέμισμα του κώνου και την ευθεία με το γέμισμα του κυλίνδρου. Φάνηκε αρχικά ότι δεν αντιλήφθηκαν ότι ο όγκος που χρειάζεται ο κώνος στη βάση του είναι μεγαλύτερος, άρα αφού η ροή του νερού είναι σταθερή, το ύψος του σ' αυτό θα μεταβάλλεται με πιο αργό ρυθμό συναρτήσει του χρόνου και στην πορεία ώσπου στενεύει ο κώνος ο ρυθμός θα αυξάνεται. Το αποτέλεσμα ήταν να συνδέουν τη γραφική παράσταση της παραβολής με την αντίθετη συναρτησιακή σχέση χρόνου και ύψους. Μετά τη χρήση της τεχνολογίας όμως, σχεδόν όλοι οι μαθητές άλλαξαν την προσέγγισή τους και τη σκέψη τους και απάντησαν σωστά. Αυτό δεν θα μπορούσε να γίνει με άλλο τρόπο και σε τόσο μικρή χρονική διάρκεια.

Όσον αφορά στη δυσκολία τους να επισημάνουν από την αλγεβρική μορφή μία διαφορά παρά μία ομοιότητα μεταξύ των παραβολών που τους δίνονταν, η οπτικοποίηση με τη χρήση της τεχνολογίας είχε θετική συμβολή. Με την οπτικοποίηση των παραβολών ήταν ευκολότερο στους μαθητές να επισημάνουν και να διατυπώσουν την ομοιότητα αλλά και τη διαφορά. Ομοίως φάνηκε η δυσκολία των μαθητών στο να εντοπίζουν τη διαγώνια μετατόπιση της παραβολής, ενώ δεν παρουσίασαν δυσκολία ως προς την οριζόντια και κατακόρυφη μετατόπιση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα ευρήματα φάνηκε ότι ενώ οι περισσότεροι μαθητές δεν απάντησαν σωστά στο πρόβλημα με το νεπόζιτο, μετά τη διδακτική παρέμβαση βοήθησε τους μαθητές της Π.Ο. να ξεπεράσουν τα γνωστικά εμπόδια και να το αντιληφθούν και να απαντήσουν σωστά στο πρόβλημα. Φάνηκε να υπάρχει παρανόηση του φυσικού φαινομένου του γεμίσματος κώνου με νερό. Φαίνεται ότι το σχήμα του κώνου επηρέασε τους μαθητές και τους οδήγησε στο να αντιστοιχίσουν το μεγαλύτερο άνοιγμα του κώνου με το μεγαλύτερο ύψος της παραβολής και το αντίθετο για το μικρότερο άνοιγμα του κώνου. Έδειξαν ότι δημιούργησαν μια αντιστοιχία των σημείων του περιγράμματος του σχήματος του κώνου με τα σημεία της γραφικής παράστασης της παραβολής, χωρίς να αντιλαμβάνονται ότι το μεγαλύτερο άνοιγμα του κώνου χρειάζεται περισσότερη ποσότητα νερού για να γεμίσει άρα και περισσότερο χρόνο, ενώ αυτό δε φάνηκε να συμβαίνει με το γεμίσμα του κυλίνδρου. Στην περίπτωση του κυλίνδρου τα πράγματα ήταν πιο απλά και ξεκάθαρα. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, η παρανόηση αυτή στην Π.Ο. φάνηκε να είχε ξεπεραστεί. Επίσης φάνηκε να υπάρχει δυσκολία στους μαθητές στο να αναφέρουν μία διαφορά ειδικά στις απλές μορφές των παραβολών με αρνητικό a , στοιχείο που δείχνει ότι υπάρχει αδυναμία χειρισμού των αρνητικών αριθμών αλλά και ότι δεν φωτίζονται όλες οι οπτικές πλευρές της παραβολής.

Ακόμη η φάνηκε να έχουν αδυναμία στη μελέτη και διερεύνηση των μετατοπίσεων της παραβολής όταν δίνεται με τη μορφή $f(x) = ax^2 + bx + \gamma$. Ελλείψεις σε αλγεβρικές πράξεις (π.χ. μέθοδος συμπληρώσεως τέλειου τετραγώνου κ. ά.) περιόρισε τις δυνατότητές τους να καταλήξουν σε σωστές απαντήσεις και συμπεράσματα.

Παρουσίασαν δυσκολία στη μετάβαση από τη γραφική μορφή αναπαράστασης στην αλγεβρική μορφή. Αυτό φάνηκε από τα αποτελέσματα του 10^{ου} έργου, αφού δεν μπόρεσαν αρκετοί μαθητές να απαντήσουν σωστά, αλλά ούτε και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Ομοίως, είχαν δυσκολία στο να διατυπώσουν στη λεκτική μορφή αναπαράστασης από την αλγεβρική μορφή. Αυτό φάνηκε ιδιαίτερος από τα αποτελέσματα του 3^{ου} και 4^{ου} έργου, όπου δεν μπόρεσαν οι μαθητές να διατυπώσουν μία διαφορά και μία ομοιότητα μεταξύ των παραβολών που τους δίνονταν σε αλγεβρική μορφή. Είχαν δυσκολία στο να χειριστούν την παραβολή σε γενικότερο πλαίσιο, αφού δεν μπόρεσαν να προσδιορίσουν σωστές τιμές των παραμέτρων a , k , και λ της παραβολής. Δεν έδειξαν ευελιξία και δημιουργικότητα ώστε να χρησιμοποιήσουν για παράδειγμα τις συντεταγμένες της κορυφής και την κοιλότητα των γραφικών παραστάσεων έτσι ώστε να προσδιορίσουν τις κατάλληλες τιμές ή πρόσημα που χρειαζόνταν στις απαντήσεις τους.

Η χρήση της τεχνολογίας βοήθησε να αυξηθεί ο χρόνος παρουσίασης των ουσιαστικών πτυχών των επιμέρους στοιχείων της παραβολής με ακρίβεια και ευελιξία. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα να επιστημονομουμε ευκολότερα τα συχνά λάθη των μαθητών. Η προσομοίωση φυσικών φαινομένων και η προσφορά μεγαλύτερης ποικιλίας γραφικών παραστάσεων και πινάκων αντιστοίχων τιμών με ακρίβεια είχε ως αποτέλεσμα οι μαθητές να επικεντρώνουν την προσοχή τους και τη σκέψη τους στο κύριο θέμα των ερωτημάτων χωρίς να εξαντλούν μεγάλο μέρος της προσπάθειάς τους στην κατασκευή των παραβολών και στις δευτερεύουσες πράξεις. Η παρούσα έρευνα βρίσκεται στο αρχικό στάδιο

αξιοποίησης των δεδομένων για περαιτέρω αναλύσεις και δόμηση ερευνητικής προσπάθειας με μεγαλύτερη διάρκεια και μεγαλύτερο δείγμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 245–274.
- da Silva Soares, D., & Borba, M. C. (2014). The role of software Modellus in a teaching approach based on model analysis. *ZDM*, 46(4), 575-587.
- Dreyfus, T., & Eisenberg, T. (1996). On different facets of mathematical thinking. In R. Stenberg, & T. Ben-Zeev (Eds.), *The nature of mathematical thinking* (pp. 253-284). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Gagatsis, A., Panaoura, A., Deliyianni, E., & Elia, I. (2009). Students' beliefs about the use of representations in the learning of fractions. In The 6th Conference of the European Society for Research in Mathematics Education: Working Group 1, *Multimethod approaches to the multidimensional affect in mathematics education* (pp. 64-73).
- Greeno, J. G., & Hall, R. P. (1997). Practicing representation: Learning with and about representational forms. *Phi Delta Kappan*, 78, (5), 361-367.
- Hitt, F. (1998). Difficulties in the articulation of different representations linked to the concept of function. *The Journal of Mathematical Behavior*, 17(1), 123-134.
- Kaput, J. J. (1992). Technology and mathematics education.
- Hohenwarter, M., Hohenwarter, J., Kreis, Y., & Lavicza, Z. (2008). Teaching and calculus with free dynamic mathematics software GeoGebra. Retrieved May, 17, 2010.
- Patsiomitou, S. (2012). A Linking Visual Active Representation DHLP for student's cognitive development. *Global Journal Of Computer Science and Technology*, 12(6), 53-82.
- Teodoro, V. D., & Neves, R. G. (2011). Mathematical modelling in science and mathematics education. *Computer Physics Communications*, 182(1), 8-10.
- Trigueros, M., Lozano, M., Sandoval, I., Lage, A., Jinich, E., García, H., & Tovilla, E. (2006, December). Developing resources for teaching and learning mathematics with digital technologies in Enciclomedia, a national project. In *Proceedings of the Seventeenth Study Conference of the International Commission on Mathematical Instruction* (pp. 556-563).
- Ασβεστάς, Α., & Γαγάτση, Α. (1995). Προβλήματα ερμηνείας και η έννοια της συνάρτησης. Στους Γαγάτση (Εκδ.), *Διδακτική και ιστορία των μαθηματικών* (σσ. 19-38). Θεσσαλονίκη: Erasmus ICP-94-G-2011/11.

Το «Λάθος» και το «Αντιπαράδειγμα» στο Πλαίσιο της Σύγχρονης Μαθηματικής Παιδείας. Η Συμβολή τους στη Διδασκαλία των Μαθηματικών υπό τη Φιλοσοφία της RME

Ευγένιος Αυγερινός ¹, Χρήστος Αντρέου ² & Ρόζα Βλάχου ³

^{1,2&3} Εργαστήριο Μαθηματικών Διδακτικής και Πολυμέσων
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Αιγαίου
cavger@aegean.gr, andrehch@yahoo.gr, premmt04001@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα προσπαθεί να διερευνήσει την αντιμετώπιση από τους μαθητές των λεκτικών, ρεαλιστικών προβλημάτων ή προβλημάτων πλαισίου. Επιχειρείται να εντοπισθεί σε ποια σημεία από την εκφώνηση μέχρι τη λύση του προβλήματος συναντούν δυσκολίες ή τη μεγαλύτερη δυσκολία. Επίσης, διερευνείται η έννοια του εμποδίου που συναντάται ως λάθος, το οποίο αποτελεί σύνθετο φαινόμενο. Ακόμη εξετάζεται η ισχύ που έχει η χρήση των αντιπαράδειγματων κυρίως στην αποδεικτική διαδικασία. Για τις ανάγκες της έρευνας δόθηκε δοκίμιο τεσσάρων έργων-προβλημάτων σε 58 μαθητές των τάξεων Α', Β', Γ' Λυκείου με την προτροπή-σύσταση να χρησιμοποιήσουν οποιαδήποτε γνώση μπορούν ή μέθοδο ή τρόπο επίλυσης (γεωμετρικό ή αλγεβρικό ή άλλο) και παράλληλα με την μικρή υποχρέωση να δώσουν, κατά το δυνατόν με σαφήνεια, το περίγραμμα της σκέψης τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν έντονες συσχετίσεις μεταξύ ικανότητας επίλυσης ρεαλιστικών προβλημάτων και ποσοστών, αλλά και συσχετίσεις μεταξύ λάθους-αντιπαράδειγματος και εύρεση ακολουθίας-ποσοστού.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αντιπαράδειγμα, λάθος, RME.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η διδακτική και επιστημολογική προσέγγιση των λαθών στα μαθηματικά, καθώς τα λάθη στα μαθηματικά αποτελούν παγκόσμιο φαινόμενο και απασχολούσαν πάντοτε τις όποιες εκπαιδευτικές διαδικασίες. Τονίζεται η έννοια του λάθους που σχετίζεται άρρηκτα με την έννοια του επιστημολογικού εμποδίου και της ιστορικής μελέτης των μαθηματικών ιδεών. Συνεπώς, οι μαθητές κάνουν τα ίδια λάθη ανεξάρτητα από τη μέθοδο διδασκαλίας, διότι η αιτία τους εντοπίζεται στις βάσεις της μαθηματικής τους εκπαίδευσης, σύμφωνα με το Bagni (2001). Επιπλέον, διερευνείται η

έννοια του εμποδίου που συναντάται ως λάθος και η περίπτωση του Διδακτικού Συμβολαίου, το οποίο αποτελεί σύνθετος φαινόμενο.

Για τις ανάγκες της έρευνας δόθηκαν τέσσερα προβλήματα και οι μαθηματικές έννοιες που εμπλέκονται είναι οι διαδοχικοί φυσικοί, η ανίσωση 2^{ου} βαθμού (ρητή, άρρητη), το εμβαδόν και η περίμετρος, το ποσοστό και το γραμμικό σύστημα 2x2.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το λάθος

Το λάθος μπορεί να γίνει: α) στον γραπτό λόγο, β) στον προφορικό λόγο, γ) στην εφαρμογή μιας διαδικασίας και δ) γενικά στην καθημερινότητα.

Στην παρούσα έρευνα η έννοια του λάθους επικεντρώνεται στο γραπτό λόγο και συγκεκριμένα στον μαθηματικό. Επισημαίνεται η διαφορά λάθους-σφάλματος, όπου τα λάθη γίνονται από αυτούς που προσπαθούν κάτι να ανακαλύψουν, ενώ τα σφάλματα από αυτούς που εφαρμόζουν με όχι σωστό τρόπο τις ήδη γνωστές θεωρίες, είτε λόγω κακής μνήμης, είτε λόγω ανεπαρκούς προσοχής, είτε λόγω αντικειμενικής δυσκολίας (Bray, 2013).

Πολλές φορές, στο χώρο της ψυχοπαιδαγωγικής, η έννοια του λάθους ταυτίζεται με την έννοια της αποτυχίας. Η αποτυχία (echec) ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ του αναμενόμενου αποτελέσματος και του επιτευχθέντος κατά την διαδικασία επίλυσης, σχετικά πάντα με ένα μέτρο αναφοράς, που έχει να κάνει με το σύνολο των μέχρι τότε αποκτηθέντων γνώσεων. Το λάθος αφορά όχι μόνο στο αποτέλεσμα αλλά και στην πορεία και στη διεργασία της μάθησης. Είτε καθορίζει την επιτυχία και την πρόοδο του μαθητή, αν το πρόβλημα συνδεθεί με στόχους συνδεδεμένους με τη διδασκαλία και τη μάθηση, είτε αλλιώς ταυτίζεται με την αποτυχία και την απόρριψη.

Επομένως, η έννοιες του λάθους και της αξιολόγησης εμφανίζουν μια άλλη και ουσιαστική δυναμική, όταν το πρόβλημα εντάσσεται στη εποπτεία της μαθησιακής διαδικασίας και αποτελεί για τον μαθητή ευκαιρία για αντίληψη και δημιουργία νέων εννοιών μέσα από τις αποκτημένες γνώσεις. Αυτό θα γίνει αντίληπτό και μετρήσιμο, όταν το υποκείμενο έχει την δυνατότητα να διακρίνει ανάμεσα σε διαφορετικές στρατηγικές και να επιλέξει τη σωστή. Άλλωστε, σύμφωνα με τον Brousseau (1983, 1984), το λάθος είναι ένα εμπόδιο ευεργετικό στη μάθηση. Πρόκειται για μια γνώση παλιά που αποδεικνύεται απροσάρμοστη σε νέες καταστάσεις. Με άλλα λόγια, είναι ένα κενό (bag) που δεν πρέπει να ξεχασθεί για να μην ενοχλεί το μαθητή, αλλά να μελετηθεί σωστά και να καλυφθεί.

Όσον αφορά τον τρόπο σκέψης, το λάθος δύναται να προσδιορίζει την πορεία της σκέψης και τα αποτελέσματα της σκέψης. Όσον αφορά τις αιτίες που προκαλούν τα λάθη, μπορούμε να διακρίνουμε τα λάθη διδακτικής, τα λάθη ψυχογενετικής προέλευσης (προβληματική ανάπτυξη του υποκειμένου) και τα λάθη ψυχολογικής προέλευσης (άγχος, φόβος, απογοήτευση).

Επιστημολογικό εμπόδιο

Με τον όρο επιστημολογικό εμπόδιο νοείται η γνώση που λειτουργεί μόνο σε ένα σύνολο καταστάσεων και μόνο για ορισμένες τιμές των μεταβλητών αυτών των καταστάσεων, ενώ στην προσπάθεια των μαθητών να εφαρμόσουν αυτή τη γνώση σε άλλες καταστάσεις ή με άλλες τιμές των μεταβλητών, προκαλούνται λάθη. Ο Brousseau (1983) αναφέρει ότι το επιστημολογικό εμπόδιο μπορεί να ξεπεραστεί μόνο σε ειδικές καταστάσεις απόρριψης, τις διδακτικές καταστάσεις, και αυτή η απόρριψη είναι συστατικό στοιχείο της νέας γνώσης (Γαγάτσης, 1992).

Το αντιπαράδειγμα

Τα παραδείγματα θεωρούνται ως «εικόνες των ιδεών και αρχών» και αποτελούν βασικό συστατικό μιας συγκεκριμένης γνώσης (Watson & Mason, 2005). Συμβάλλουν στη θεμελίωση νέων ιδεών, στις επεξηγήσεις και αποδείξεις, στην επαλήθευση περιπτώσεων, στη κατανόηση αλγορίθμων και στον έλεγχο του ρόλου των περιορισμών. Η εκμάθηση μέσω παραδειγμάτων διαχωρίζεται στον επαγωγικό τρόπο σκέψης, από το ειδικό στο γενικό, και στον παραγωγικό τρόπο, από το γενικό στο ειδικό.

Από την άλλη, υπάρχουν και τα αντιπαράδειγματα, που χρειάζονται για τη διάψευση των λανθασμένων ισχυρισμών και παίζουν σπουδαίο ρόλο στη διδακτική, στη πληρέστερη κατανόηση και τελικά στη βαθύτερη μάθηση των μαθηματικών. Είναι το παράδειγμα που αποδεικνύει ότι ένας ισχυρισμός ή μια υπόθεση δεν είναι καθολικά αληθής. Προφανώς, για να απορριφθεί ένας ισχυρισμός αρκεί να βρεθεί ένα μόνο παράδειγμα που έρχεται σε αντίθεση με τον ισχυρισμό και αυτό ονομάζεται αντιπαράδειγμα. Στα μαθηματικά, το αντιπαράδειγμα, έχει δεσπόζουσα θέση, αφού έχει μαθηματική αποδεικτική αξία.

Το αντιπαράδειγμα, λοιπόν, έχει διπλή χρησιμότητα. Όσο το αντιπαράδειγμα δεν επιβεβαιώνει, αφήνει σε ισχύ τον οποιοδήποτε ισχυρισμό, ενώ όταν ανακαλυφθεί τότε διορθώνει ή αποκλείει τα λανθασμένα σκεπτικά ή μοντέλα με κατάλληλο προσεχτικό σχεδιασμό επιφέροντας συνήθως τη λεγόμενη γνωστική σύγκρουση και τη διδακτική ρήξη με όφελος την βελτίωση του ισχυρισμού ή την αλλαγή των δομών του και εν τέλει την ανακάλυψη του αλάνθαστου ισχυρισμού. Το αντιπαράδειγμα ουσιαστικά οφείλει την οντότητά του στην εμφάνιση του λάθους. Τα λάθη δεν είναι χαρακτηριστικό μόνο των μαθητών, αλλά μέσα από αυτά μεγάλοι επιστήμονες επέτυχαν σπουδαίες ανακαλύψεις στα μαθηματικά και στις άλλες επιστήμες στην ιστορική τους διαδρομή.

Ρεαλιστική Μαθηματική Εκπαίδευση (RME)

Τα Ρεαλιστικά Μαθηματικά είναι μια φιλοσοφική θεώρηση διδακτικής και μάθησης την οποία συνέλαβε ο Freudenthal (1973, 1983) σκεπτόμενος ότι τα μαθηματικά είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα που πρέπει να συνδέονται με την πραγματικότητα, να έχουν επιρροή από και προς την κοινωνία και να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο κατανοητά στους μαθητές.

Η συγκεκριμένη μορφή της μαθηματικής εκπαίδευσης χαρακτηρίζεται ως ρεαλιστική όχι μόνο επειδή σχετίζεται με τον πραγματικό κόσμο, αλλά διότι δίνεται

ιδιαίτερη έμφαση σε καταστάσεις τις οποίες οι μαθητές μπορούν να φανταστούν (Streefland, 1991).

Οι μαθηματικές έννοιες και δομές αποτελούν εργαλεία οργάνωσης των φαινομένων του πραγματικού κόσμου. Επομένως ο μαθητής πρέπει να μάθει να χειρίζεται αυτά τα εργαλεία στα πλαίσια μιας προοδευτικής μαθηματικοποίησης μέσα σε ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον.

Ο Treffers (1993) διατύπωσε την ιδέα δύο τρόπων μαθηματικοποίησης σε ένα διδακτικό πλαίσιο. Την κάθετη και την οριζόντια μαθηματικοποίηση. Συγκεκριμένα, στην οριζόντια μαθηματικοποίηση, έχουμε τη λεγόμενη οργάνωση και κατάσταση του σχεδίου επίλυσης του προβλήματος. Στη συνέχεια με την κάθετη μαθηματικοποίηση, το μεταλλαγμένο πλέον πρόβλημα από γενικό σε μαθηματικό, πρέπει να αναλυθεί, αναδομηθεί, οργανωθεί, μοντελοποιηθεί, ώστε τελικά να επιλυθεί και αξιοποιηθεί προς χρήση του ενδιαφερόμενου επιστημονικού κλάδου ή άλλου.

Σε κάθε φάση της μαθηματικοποίησης, ο μαθητής αναστοχάζεται πάνω σε κάθε ενέργεια ή απόφασή του, εκτιμά την πρόδοό του, ανταλλάσσει απόψεις με τους άλλους, αξιολογεί τα προϊόντα της μαθηματικοποίησης και ερμηνεύει τα αποτελέσματα που παίρνει (Avgerinos & Skufi, 2007· Streefland, 1991).

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σκοπός και στόχοι της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εντοπίσει τις δυσκολίες των μαθητών, όσον αφορά στην κατανόηση και στην επίλυση γενικά λεκτικών προβλημάτων και ειδικότερα ρεαλιστικών προβλημάτων. Οι μαθητές παροτρύνονται προκειμένου να επιλύσουν τα προς εξέταση προβλήματα, να κάνουν χρήση οποιασδήποτε γνώσης, σκέψης, λογικής και όποιου εργαλείου (μαθηματικού ή άλλου) απαιτηθεί. Δηλαδή, να εντοπιστεί σε ποιο βαθμό μπορούν οι μαθητές να αξιοποιήσουν, χρησιμοποιήσουν, συνθέσουν και βελτιώσουν αποτελεσματικά τις ήδη αποκτημένες γνώσεις τους μέσω της οριζόντιας καταρχήν μαθηματικοποίησης και στη συνέχεια με την κατακόρυφη μαθηματικοποίηση, που είναι και μία από τις βασικές παραμέτρους της RME.

Επίσης, η παρούσα έρευνα προσπαθεί να διερευνήσει κατά πόσο οι μαθητές βρίσκονται σε δυναμική τροχιά χρησιμοποίησης κατάλληλων αντιπαραδειγμάτων, προκειμένου να δώσουν αποδεικτική ισχύ στην προσπάθειά τους για την επίλυση των διάφορων ζητημάτων και ισχυρισμών, που επιδέχονται τη χρήση κατάλληλων αντιπαραδειγμάτων.

Επιπλέον, γίνεται προσπάθεια να εντοπιστούν και να εκτιμηθούν μερικές περιπτώσεις που ενδεχομένως οι μαθητές διαπράττουν κάποια από τα αναμενόμενα ή μη αναμενόμενα λάθη.

Μεθοδολογία της έρευνας

Δείγμα

Τον πληθυσμό της έρευνας αποτέλεσαν 58 μαθητές των Α', Β', Γ' τάξεων δύο Λυκείων της πόλης των Τρικάλων και της περιφέρειας Τρικάλων.

Εργαλεία της έρευνας

Για την επίτευξη των στόχων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε δοκίμιο, το οποίο καταρτίστηκε από τους ερευνητές, για τον εντοπισμό της χρήσης και του χειρισμού από τους μαθητές, των ήδη αποκτημένων μαθηματικών γνώσεων στην επίλυση των προβλημάτων του δοκιμίου. Το δοκίμιο περιλάμβανε τέσσερα (4) έργα (προβλήματα) και δημιουργήθηκαν 18 διαφορετικές μεταβλητές. Για τη βαθμολόγηση των έργων του δοκιμίου χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα 0-1. Τα έργα βαθμολογήθηκαν με 0 (μηδέν) αν ήταν λαθεμένα ή δεν είχαν συμπληρωθεί καθόλου και με 1 (ένα) αν τα έργα ήταν σωστά. Το δοκίμιο δόθηκε κατά τον μήνα Μάρτιο του 2015.

Μεταβλητές της έρευνας

Οι 18 μεταβλητές της έρευνας ορίστηκαν ως συνδυασμός γραμμάτων και ενός αριθμού. Τα γράμματα δηλώνουν τα αρχικά της έννοιας που εξετάζεται. Για παράδειγμα, η μεταβλητή SoSy4c, αποτελείται από τα αρχικά της πρότασης Solving the system, αφού ζητείται η επίλυση του συστήματος που θα προκύψει στο έργο (4) και στο ερώτημά του (c), όπως δηλώνει το 4c της μεταβλητής SoSy4c.

Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε το Συνεπαγωγικό Στατιστικό Μοντέλο του Gras (SIA-Statistical Implicative Analysis) με τη χρήση του λογισμικού CHIC (Cohesive Hierarchical Implicative Classification) (Gras, 1996) και το πρόγραμμα Microsoft Excel. Η συνεπαγωγική ανάλυση των δεδομένων παρουσιάζεται στην παρούσα έρευνα α) με το διάγραμμα ομοιότητας, στο οποίο οι μεταβλητές συνδέονται μεταξύ τους ανάλογα με την ομοιότητα ή μη που παρουσιάζουν. Μεταβλητές κατά την επίλυση των οποίων τα υποκείμενα συμπεριφέρονται με όμοιο τρόπο ομαδοποιούνται μαζί και β) με το συνεπαγωγικό διάγραμμα στο οποίο φαίνονται οι διάφορες σχέσεις συνεπαγωγής που υπάρχουν ανάμεσα στις μεταβλητές. Οι συνεπαγωγές που παρουσιάζονται στην παρούσα έρευνα ισχύουν σε επίπεδο σημαντικότητας 99%. Στην περίπτωση που παρουσιάζεται η συνεπαγωγή Έργο1 → Έργο2, αυτό σημαίνει ότι η επιτυχία στο Έργο1 συνεπάγεται την επιτυχία στο Έργο2 και η αποτυχία στο Έργο2 συνεπάγεται την αποτυχία στο Έργο1.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παρατηρήσεις στο διάγραμμα ομοιότητας

Το διάγραμμα ομοιότητας (εικόνα 1) παρουσιάζει τις μεταβλητές ομαδοποιημένες με βάση τη σχέση ομοιότητας που έχουν αυτές οι μεταβλητές μεταξύ τους. Βάσει αυτού του

διαγράμματος παρατηρούμε ότι έχουν σχηματιστεί δύο μεγάλες ομάδες με ισχυρές σχέσεις ομοιότητας (ομάδα Α και ομάδα Β). Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα έργα που σχετίζονται με την εύρεση λάθους, τη χρήση του αντιπαραδείγματος και την εύρεση της συμβολικής αναπαράστασης της αύξησης του εμβαδού και της περιμέτρου. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει έργα εμβαδού και περιμέτρου από μοντέλο και επίλυση προβλήματος.

Η πιο ισχυρή σχέση ομοιότητας σε επίπεδο σημαντικότητας 1 παρατηρείται μεταξύ των μεταβλητών RaGrPeS3ec και RaGrArS3ed της ομάδας Α. Και οι δύο αυτές μεταβλητές αφορούν στα ποσοστά αύξησης της περιμέτρου και του εμβαδού σε ρεαλιστικά προβλήματα. Στα έργα αυτά το 75% των μαθητών δεν μπόρεσαν να βρουν ότι η αρχική πλευρά μήκους 4 cm αυξανόμενη κατά 25% γίνεται 5 cm και κατόπιν να βρουν την περίμετρο και το εμβαδόν του νέου σχήματος.

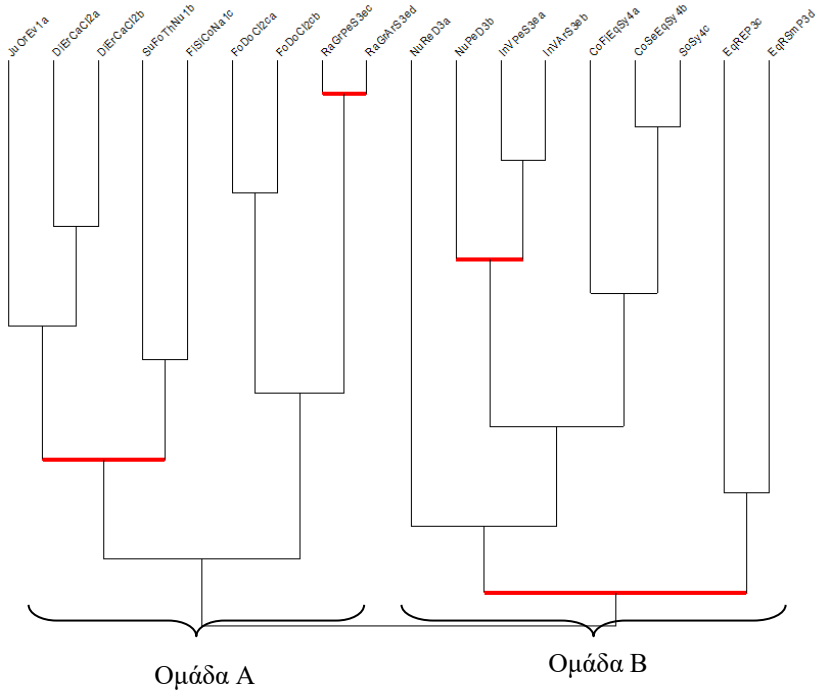
Οι RaGrPeS3ec και RaGrArS3ed συνδέονται με τις μεταβλητές FoDoCl2ca και FoDoCl2cb που αφορούν στην εύρεση του ευρύτερου πεδίου ορισμού στο οποίο ισχύει η καθεμιά από τις ανισώσεις $x^2 > x$ και $x > \sqrt{x}$, αντίστοιχα. Και στις μεταβλητές αυτές σημειώθηκαν δύο από τα χαμηλότερα ποσοστά επιτυχίας, γεγονός που δείχνει ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να μετατρέψουν τα λόγια των προβλημάτων σε μαθηματικές συμβολικές σχέσεις.

Οι παραπάνω μεταβλητές συνδέονται με την υποομάδα ((JuOrEv1a (DiErCaCl2a DiErCaCl2b)) (SuFoThNu1b FiSiCoNa1c)) με μια ισχυρή σχέση που αγγίζει το 1. Οι μεταβλητές DiErCaCl2a και DiErCaCl2b αφορούν στο εντοπισμό του λάθους και στη χρήση αντιπαραδείγματος. Ακόμη έχουμε την σύνδεση αυτών των δύο μεταβλητών με την JuOrEv1a, που επίσης αφορά στην ίδια δυνατότητα χρησιμοποίησης αντιπαραδείγματος. Η σύνδεση αυτών των μεταβλητών με τις SuFoThNu1b και FiSiCoNa1c δείχνει ότι οι μαθητές που μπόρεσαν να εντοπίσουν το λάθος σε ισχυρισμούς και να κάνουν χρήση αντιπαραδείγματος, μπόρεσαν να βρουν τους 6 διαδοχικούς φυσικούς της ζητούμενης ακολουθίας.

Στην ομάδα Β του διαγράμματος ομοιότητας έχουμε μια σημαντική σύνδεση ομοιότητας επιπέδου 1 μεταξύ των μεταβλητών CoFiEqSy4a, CoSeEqSy4b και SoSy4c που αφορούν στην επίλυση ρεαλιστικού προβλήματος. Οι μαθητές δεν μπόρεσαν να παρουσιάσουν μια ιεράρχηση στην σκέψη τους για τον τρόπο λύσης του έστω και πρακτικά, είτε με δοκιμές, ούτε μπόρεσαν να σχηματίσουν τις δύο εξισώσεις του συστήματος και να το λύσουν σε ποσοστό 95% περίπου.

Μια άλλη ισχυρή σύνδεση ομοιότητας που πλησιάζει το 1 παρατηρείται μεταξύ των παραπάνω μεταβλητών και των InVPeS3ea, InVArS3eb και NuPeD3b, που αφορούν αντίστοιχα στη συμβολική απεικόνιση της αυξημένης τιμής της περιμέτρου και του εμβαδού και στην αναγνώριση του πλήθους των τετραγώνων από το μοντέλο του σχεδιαγράμματος που δόθηκε έτοιμο. Παρατηρούμε, δηλαδή, ότι οι μαθητές που μπόρεσαν να ανταποκριθούν στην επίλυση ρεαλιστικών προβλημάτων, μπόρεσαν και να λύσουν τα έργα με την περίμετρο και το εμβαδόν, αλλά και να δημιουργήσουν μοντέλα (EqREP3c EqRSmP3d) ίδιου πλήθους, ίσων τετραγώνων με ίδιο εμβαδόν και ίση περίμετρο με το αρχικό σχήμα.

Εικόνα 1: Διάγραμμα ομοιότητας -Αποτελέσματα δοκιμίου



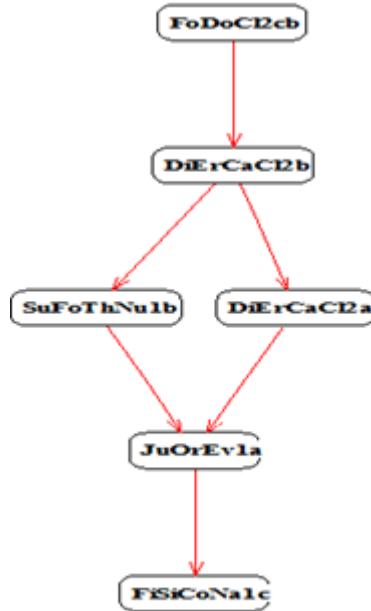
Παρατηρήσεις στο συνεπαγωγικό διάγραμμα

Τα παραπάνω ευρήματα επαληθεύονται και από το συνεπαγωγικό διάγραμμα (εικόνα 2). Συγκεκριμένα, στο 1^ο διάγραμμα μπορούμε να δούμε τη συνεπαγωγική συσχέτιση των μεταβλητών FoDoCl2cb, DiErCaCl2b και DiErCaCl2a, καθώς και να λύσει κάποιος

μαθητής σωστά την ανίσωση $x > \sqrt{x}$ και να βρει $x > 1$, δηλαδή, να βρει με επιτυχία την μεταβλητή FoDoCl2cb, σημαίνει ότι μπορεί να καταλάβει γιατί είναι λανθασμένος ο ισχυρισμός ότι «Κάθε θετικός πραγματικός αριθμός x , είναι μεγαλύτερος της τετραγωνικής του ρίζας», άρα να απαντήσει με επιτυχία και στη μεταβλητή DiErCaCl2b. Πράγματι, μπορεί να επιλέξει έναν οποιονδήποτε πραγματικό μεταξύ του μηδενός (0) και του ενός (1), αρκεί να είναι εξοικειωμένος με τη χρήση του αντιπαράδειγματος. Στη συνέχεια μπορεί να βρει αντιπαράδειγμα και για την ισοδύναμη $x^2 > x$, όταν $x > 0$, της $x > \sqrt{x}$ και να καταρρίψει τον ισχυρισμό ότι «Το τετράγωνο κάθε μη μηδενικού πραγματικού αριθμού x , είναι μεγαλύτερο του αριθμού αυτού». Δηλαδή, η επιτυχία στη

μεταβλητή $DiErCaCl2b$, απέφερε α) και την επιτυχία της μεταβλητής $DiErCaCl2a$, που με τη σειρά της επηρέασε την $JuOrEv1a$, και β) και την $SuFoThNu1b$, που εν συνεχεία συνέβαλε επιτυχώς επίσης στην $JuOrEv1a$, μεταβλητές που σχετίζονται με έργα εύρεσης διαδοχικών αριθμών ζητούμενης ακολουθίας.

Εικόνα 2: Συνεπαγωγικό διάγραμμα-Αποτελέσματα δοκιμίου



Επιπλέον, στο συνεπαγωγικό διάγραμμα μπορούμε να δούμε τη συσχέτιση των μεταβλητών $SuFoThNu1b$, $JuOrEv1a$ και $FiSiCoNa1c$, καθώς ο επιτυχής υπολογισμός του αθροίσματος των τριών επόμενων, που είναι 36 (άρτιος) και των τριών πρώτων που ήταν 27 (περιττός), θα ενισχύσει την επιτυχή εκτίμηση ότι ο πρώτος από τους έξι αυτούς αριθμούς δεν μπορεί να είναι περιττός, αφού σε κάθε τέτοια περίπτωση, είτε οι τρεις πρώτοι θα είχαν άθροισμα άρτιο (πράγμα άτοπο, καθώς δόθηκε άθροισμα 27), είτε οι τρεις επόμενοι διαδοχικοί θα είχαν άθροισμα περιττό (πράγμα επίσης άτοπο, αφού θα είχαμε βρει 36, όπως προαναφέραμε). Στη συνέχεια υπολογίζονται με επιτυχία και οι έξι ζητούμενοι φυσικοί.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα έρευνα διαφάνηκε ότι η δυνατότητα επίλυσης ρεαλιστικών προβλημάτων συνδέεται με την ικανότητα των μαθητών να λύνουν τα έργα με την περίμετρο και το

εμβαδόν, αλλά και να δημιουργούν μοντέλα ίδιου πλήθους, ίσων τετραγώνων με ίδιο εμβαδόν και ίση περίμετρο με το αρχικό δοσμένο σχήμα.

Ωστόσο, ένα μεγάλο μέρος των μαθητών στα διάφορα λεκτικά προβλήματα φάνηκε ότι δεν κατανοούν πάντα και στο βαθμό που χρειάζεται την υπόθεση του προβλήματος, με αποτέλεσμα τη διάπραξη λανθασμένων χειρισμών ή εντελώς άστοχων κινήσεων ή παρουσιάζουν πλήρη αδυναμία να πραγματοποιήσουν κάποια πρώτα βήματα. Επίσης, σε μεγάλο μέρος των μαθητών, διαφεύγουν της προσοχής τους οι επιμέρους περιπτώσεις (διερεύνηση) ή η δυνατότητα επιλογής πολλαπλών αναπαραστάσεων, για την εξερεύνηση και για την πληρέστερη κατανόηση και αντιμετώπιση του προβλήματος. Για παράδειγμα, στο 2^ο έργο όταν λύνουν την ανίσωση $x^2 > x + a$, ως $x > 1$, ενώ θα μπορούσαν και μέσω της γεωμετρικής ερμηνείας (γραφική παράσταση) να αντιληφθούν το θέμα με πιο σαφή και διάφανο τρόπο ή με δοκιμές άλλων αριθμών (π.χ. για $x = -3$) να διαπιστώσουν ότι έχει και άλλες λύσεις πέραν των $x > 1$, λίγοι μαθητές ακολούθησαν αυτή την οδό.

Επιπρόσθετα, τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν ότι ο εντοπισμός του λάθους και η χρήση αντιπαραδειγμάτων από τους μαθητές τους καθιστά ικανούς να βρίσκουν τους όρους μιας ακολουθίας και να λύνουν προβλήματα με ποσοστά. Ωστόσο, στο 3^ο προτεινόμενο έργο, διαπιστώθηκε ότι υπήρξαν δυσκολίες για μια πιο ευχερή και σωστή χρήση της έννοιας του ποσοστού, είτε ως ποσοστό αύξησης, είτε ως ποσοστό μείωσης ως προς την αρχική τιμή ενός μεγέθους. Ακόμη παρατηρήθηκε δυσπραγία στις περιπτώσεις που ζητήθηκε από τους μαθητές να κατασκευάσουν ένα σχήμα με κάποιες προϋποθέσεις. Αυτό ήταν επακόλουθο του γεγονότος ότι παρατηρήθηκαν δυσκολίες στα ερωτήματα που απαιτούσαν κατάλληλο αντιπαραδείγμα ή απαγωγή σε άτοπο, όπως στο πρόβλημα 2 και στο πρόβλημα 1.

Τέλος, φάνηκε ότι μεγάλο μέρος των μαθητών δεν έχει διδαχθεί και έτσι δεν γνωρίζει να χρησιμοποιεί με ευχέρεια το αντιπαραδείγμα, ούτε να αξιολογεί αναλογικά και δυναμικά τη χρησιμότητά του.

Επομένως, είναι περισσότερο από αναγκαίο να προταθούν μέσω και του αναλυτικού προγράμματος, η χρήση του αντιπαραδείγματος και των ρεαλιστικών προβλημάτων έτσι ώστε μέσα από αυτά να εξοικειωθούν οι μαθητές με την επίλυση διάφορων μαθηματικών προβλημάτων αλλά και να βρίσκουν ενδιαφέρουσα και ευχάριστη την ενασχόληση με τέτοια προβλήματα, με απώτερο στόχο και μέλημα να παρακινήσουμε το ενδιαφέρον των μαθητών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Avgerinos, E. & Skoufi, A., (2007), Didactics of Mathematics via the Realistic Approach, in E. Avgerinos and A. Gagatsis (Eds), *Proceedings of 5th Mediterranean Conference on Mathematics Education*, 2007, Rhodes, Greece.
- Bagni, G. T. (2001). An investigation of some misconceptions in high school students' mistakes. In A. Gagatsis (Ed.), *Learning in mathematics and science an educational technology* (pp. 3-24). Nicosia: ERASMUS IP1.
- Bray, W., (2013). *How to Leverage the potential of mathematical errors*. Teaching Children Mathematics.

- Brousseau, G. (1983). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en Mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 4(2), 164-98.
- Brousseau, G. (1984). The crucial role of the didactical contract in the analysis and construction of situations in teaching and learning mathematics. In: Steiner et al., *Theory of mathematics education, occasional paper 54* (pp110-119). Bielefeld, IDM.
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an Educational Task*. Dordrecht: Reidel Publishing Company.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. Dordrecht: Reidel Publishing Company.
- Gras, R. (1996). Implicative statistical analysis. In A. Gagatsis (Ed.), *Didactics and history of mathematic* (pp.119-122). Thessaloniki:University of Thessaloniki.
- Streefland, L. (1991). *Ρεαλιστικά Μαθηματικά στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση* (Εισ. – επιμ. Κολέζα Ε.). Αθήνα: Leader Books.
- Treffers, A. (1993). Wiskobas and Freudenthal realistic mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 25, 89-108.
- Watson, A., & Mason, J. (2005). *Mathematics as a constructive activity: Learnersgenerating examples*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Γαγάτσης, Α. (1992). Έννοιες και μέθοδοι της διδακτικής των μαθηματικών-Σχέσεις μεταξύ ιστορίας και διδακτικής των μαθηματικών. Στο Α. Γαγάτση (Εκδ.), *Θέματα διδακτικής των μαθηματικών* (σ.5-31). Θεσσαλονίκη: ERASMUS ICP-91-G-0027/11.

Επιχειρηματολογία, συμμετοχή και ρεαλιστικό πρόβλημα: η περίπτωση μιας τάξης ΕΠΑ.Λ.

Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος¹ & Ουρανία Καμάμη²

¹ Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ., Πανεπιστήμιο Αιγαίου, amoutsiosrentzos@aegean.gr

² 1^ο ΕΠΑ.Λ. Ζωγράφου, ourania.kamami@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα έρευνα αναλύεται η συλλογική επιχειρηματολογία και η συμμετοχή σε δύο τμήματα ΕΠΑ.Λ. κατά την αντιμετώπιση ενός ρεαλιστικού προβλήματος. Λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της μαθηματικής εκπαίδευσης στα ΕΠΑ.Λ. διερευνάται η δομή της επιχειρηματολογίας των μαθητών και των μαθητριών, καθώς και οι ρόλοι που υιοθετούν κατά την επικοινωνία τους, ενώ καταγράφεται η ολική δομή της επιχειρηματολογίας στο κάθε τμήμα. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ανέδειξαν ποιοτικές διαφοροποιήσεις στον τύπο εγγυήσεων που χρησιμοποιούνται στην μικρή ομάδα (σχετικές με το πλαίσιο του προβλήματος) σε σύγκριση με την ολομέλεια (μαθηματικού πλαισίου). Η συμμετοχή και η επιχειρηματολογία στην μικρή ομάδα ήταν από όλα τα παιδιά ανεξαρτήτου επίδοσης, ενώ στην ολομέλεια επανήρθαν στους 'συνήθεις' ρόλους. Τέλος, παρατηρήθηκε η ίδια ολική δομή επιχειρηματολογίας στα δύο τμήματα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: συλλογική επιχειρηματολογία, συμμετοχή, ρεαλιστικά μαθηματικά, ΕΠΑ.Λ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον των ερευνητών της διδακτικής για την μαθηματική επιχειρηματολογία οδήγησε στη μελέτη της σε ατομικό, αλλά και συλλογικό επίπεδο (Krummheuer, 1995· Yackel, 2002). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η φυσική γλώσσα και όχι η τυπική αποτελεί την βάση της ανθρώπινης σκέψης και επικοινωνίας αναδεικνύεται ο ρόλος της άτυπης επιχειρηματολογίας στην τάξη που δίνει βάση στο σημασιολογικό περιεχόμενο και στην δομή που εντάσσεται το επίχειρημα, παρά στην λογική ισχύ του.

Η ρεαλιστική μαθηματική εκπαίδευση υποστηρίζει ότι όταν τα μαθηματικά απαντούν σε πραγματικές ανάγκες των μαθητών, τότε αποκτούν ρόλο και λόγο ύπαρξης στη ζωή τους (Streefland, 2000). Τα παιδιά που επιλέγουν το επαγγελματικό λύκειο (ΕΠΑ.Λ.) αναζητούν διαφορετική προσέγγιση, δεδομένου στοχεύουν να αποκτήσουν μια ειδικότητα και αναμένουν η διδασκαλία των μαθηματικών να έχει αντίστοιχο

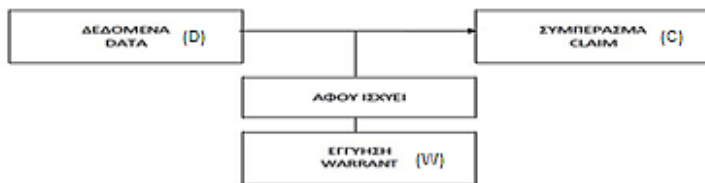
εφαρμοσμένο προσανατολισμό. Η διδασκαλία των ίδιων με τα γενικά λύκεια βιβλίων (για την Α' και Β' Λυκείου) με την ίδια προσέγγιση δεν δημιουργεί κίνητρο για εμπλοκή και μάθηση. Λαμβάνοντας υπόψη ότι «η ελληνική κοινωνία εξακολουθεί να το θεωρεί ως ένα Λύκειο «δεύτερης κατηγορίας» που καταλήγουν σε αυτό - σε υψηλό ποσοστό - οι «αδύνατοι» μαθητές που απορρίπτονται για διάφορους λόγους από τον κύριο κορμό του εκπαιδευτικού συστήματος (Πάγκαλος, 2016), αποτελεί κίνητρο για τον/την εκπαιδευτικό του ΕΠΑ.Λ. να χρησιμοποιήσει τις έρευνες της διδακτικής των μαθηματικών για εναλλακτικές διδακτικές προσεγγίσεις.

Στην παρούσα έρευνα, διερευνάται μέσω μιας ρεαλιστικής μαθηματικής δραστηριότητας η συλλογική επιχειρηματολογία και η συμμετοχή των μαθητών και των μαθητριών σε μια τάξη ΕΠΑ.Λ..

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το συμπερασματολογικό σχήμα «δεδομένα άρα συμπέρασμα, αφού ισχύει η εγγύηση» θεωρείται η ελάχιστη μορφή επιχειρηματολογίας και αποτυπώνεται στο συνήθως αναφερόμενο ως απλό (ή περιορισμένο) σχήμα Toulmin (Toulmin, 1958· βλ. Σχήμα 1). Η εγγύηση μπορεί να είναι ένας κανόνας, ορισμός, παράδειγμα ή αναλογία η οποία πιστοποιεί την ορθότητα του συμπεράσματος. Με το σχήμα Toulmin διακρίνονται και αναλύονται τα στοιχεία του επιχειρήματος, δίνοντας βάση στη δομή του επιχειρήματος.

Σχήμα 1: Το απλό σχήμα Toulmin.



Ερευνητές της διδακτικής των μαθηματικών έχουν ασχοληθεί με τη συλλογική επιχειρηματολογία μαθητών και μαθητριών. Για παράδειγμα, η Yackel (2002) με το σχήμα Toulmin αποσαφηνίζει πώς οι ατομικές εξηγήσεις των παιδιών συντίθενται αλληλεπιδραστικά με την συλλογική μάθηση της τάξης, αλλά τονίζει τον καθοριστικό ρόλο των κοινωνικών και κοινωνικο-μαθηματικών νορμών κάθε τάξης. Οι Brandt και Tatsis (2009) ανέλυσαν το ρόλο του μαθητή-αποδέκτη που ακούει κατά τη διαδικασία της συνεργατικής αλληλεπίδρασης, ενώ οι Ayalon και Even (2016) δίνουν έμφαση στους παράγοντες που επηρεάζουν την εμπλοκή των μαθητών στην επιχειρηματολογία.

Ο Krummheuer (1995) ήταν ο πρώτος που εφάρμοσε το σχήμα Toulmin για να αναλύσει τη δομή της επιχειρηματολογίας κατά την αλληλεπίδραση της τάξης. Επειδή θεώρησε ότι η δομή ενός επιχειρήματος δεν είναι επαρκής για να προσδιορίσει την συμπεριφορά ενός μαθητή, γι' αυτό μελέτησε και το ρόλο των ομιλητών ως προς το επίπεδο αυτονομίας τους μέσα στην τάξη. Χρησιμοποιώντας την ιδέα του Goffman (1981) για την αποσύνθεση της φράσης ως προς την λειτουργία της διατύπωσης και τη λειτουργία

του περιεχομένου, διακρίνει τέσσερις ρόλους ομιλητών ανάλογα με την ευθύνη και την πρωτοτυπία των λεγόμενων: α) ο *συγγραφέας* (“author”) εκφράζει τις προσωπικές του ιδέες με δικό του τρόπο, β) ο *αναμεταδότης* (“relayer”) δεν εκφράζει προσωπικές ιδέες, αλλά ιδέες άλλων ατόμων με τον ίδιο τρόπο που τις παρουσιάζουν και αυτά, γ) ο *ενεδρευτής* (“ghostee”) χρησιμοποιεί εκφράσεις άλλων ατόμων για να εκθέσει τις προσωπικές ιδέες του, και δ) ο *εκπρόσωπος* (“spokesman”) παραφράζει το περιεχόμενο προηγούμενων δηλώσεων άλλων ατόμων. Ο Krummheuer διακρίνει διαφορετικά στάδια μάθησης σε διαφορετικούς ρόλους: ο αναμεταδότης βρίσκεται στην αρχή της μαθησιακής διαδικασίας, ο εκπρόσωπος και ο ενεδρευτής βρίσκονται σε ενδιάμεσο στάδιο από την μίμηση στην αυτονομία, ενώ ο συγγραφέας είναι ικανή και όχι αναγκαία συνθήκη αυτονομίας στη μάθηση.

Αναφορικά με την ολική δομή της συλλογικής επιχειρηματολογίας σε μια τάξη, οι Knipring και Reid (2013) παρατήρησαν ότι η σύνδεση τοπικών επιχειρηματολογικών ροών υπόκεινται σε δομές. Δημιούργησαν σχηματικές αναπαραστάσεις των κατηγοριών δομών, βλέποντας την επιχειρηματολογία ως επιθυμητό αποτέλεσμα της μάθησης.

Στα Ρεαλιστικά Μαθηματικά οι μαθηματικές έννοιες και δομές αντιμετωπίζονται ως εργαλεία οργάνωσης των «πραγματικών» για τα παιδιά φαινομένων (Gravemeijer, 1999). Μέσα από προβλήματα πλαισίου, καθοδηγούμενη επαναεπινόηση, μαθηματικοποίηση και εξελισσόμενη μοντελοποίηση, τα παιδιά κατασκευάζουν την «δική τους» μαθηματική γνώση. Μοντέλα από μια κατάσταση στην οριζόντια μαθηματικοποίηση λειτουργούν ως μοντέλα για κατηγορία καταστάσεων στην κατακόρυφη μαθηματικοποίηση διακρίνοντας τέσσερα διαφορετικά επίπεδα από δραστηριότητες από το *μοντέλο από* στο *μοντέλο για*: το περιστασιακό, το αναφορικό, το γενικό και το τυπικό (Gravemeijer, 1999).

Οι Καλδρυμίδου, Πόταρη, Σακονίδης και Τζεκάκη (2009) επισημαίνουν ότι: «Βασική συνιστώσα της πράξης της διδασκαλίας των μαθηματικών αποτελεί η επιλογή και η αξιοποίηση δραστηριοτήτων και συζητήσεων στην τάξη, οι οποίες αφενός μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη της μαθηματικής γνώσης που ορίζει το Αναλυτικό Πρόγραμμα και αφετέρου συνιστούν πλαίσια αυθεντικής μαθηματικής δράσης» (σελ 343). Η μαθηματική δραστηριότητα συνταιριάζει τη δράση με τον αναστοχασμό με δομικά στοιχεία το *βίωμα*, την *αναγκαιότητα*, τη *γλώσσα* και το *κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο* (Καλαβάσης & Μούτσιος-Ρέντζος, 2015). Διακρίνονται τρεις φάσεις της: ο σχεδιασμός (αναλυτικά προγράμματα και εγχειρίδια), η οργάνωση από τον/την εκπαιδευτικό και η εφαρμογή στην τάξη από τα παιδιά (Henningsen & Stein, 1997).

Στην παρούσα έρευνα υιοθετείται η ερευνητική προσέγγιση του Krummheuer και των Knipring και Reid για να διερευνηθεί η συλλογική επιχειρηματολογία και η συμμετοχή των μαθητών και των μαθητριών μιας τάξης ΕΠΑ.Λ. κατά την αντιμετώπιση ενός ρεαλιστικού προβλήματος, τόσο σε επίπεδο μικρής ομάδας, όσο και της ολομέλειας. Συγκεκριμένα, διερευνώνται τα εξής ερωτήματα: α) Ποιες εγγυήσεις χρησιμοποιούνται και πώς εξελίσσονται κατά την αντιμετώπιση του προβλήματος; β) Ποιοι ρόλοι υιοθετούνται και πώς εξελίσσονται κατά την αντιμετώπιση του προβλήματος;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η δραστηριότητα αφορά την διοργάνωση ενός ενδοσχολικού πρωταθλήματος ποδοσφαίρου μεταξύ των επτά λυκείων του δήμου που ανήκει το σχολείο. Το φύλλο εργασίας με τη ρεαλιστική δραστηριότητα παρατίθεται στο Σχήμα 2. Το ποδόσφαιρο που αποτελεί ένα από τα κύρια ενδιαφέροντα των παιδιών του ΕΠΑ.Λ., καθώς και η αναφορά της δραστηριότητας στο σχολείο τους και στο δήμο που ανήκει το σχολείο, την καθιστούν μέρος της πραγματικότητας τους, θέτοντας με την διοργάνωση του πρωταθλήματος μια αίσθηση σκοπού και ευθύνης.

Σχήμα 2: Η ρεαλιστική μαθηματική δραστηριότητα.

Ο Δήμος X θέλει να διοργανώσει ένα μικρό πρωτάθλημα. Το έργο σας ως διοργανώτρια αρχή θα πρέπει σχολικών αγώνων ποδοσφαίρου πριν από τη λήξη του Πρώτα, θα πρέπει να σκεφτείτε και να αποφασίσετε αν σχολικού έτους 2014-2015. Παρακαλείσθε να αναλάβετε με βάση τους παραπάνω περιορισμούς είναι δυνατό να την διοργάνωση του πρωταθλήματος ποδοσφαίρου μεταξύ πραγματοποιηθεί και δεύτερος γύρος πρωταθλήματος των επτά λυκείων του Δήμου: X, X, X, X, X, X και X. (έτσι ώστε να θεωρείται κάποιο σχολείο γηπεδούχος Από τον Δήμο σας γνωστοποιήθηκε ότι ισχύουν οι ομάδες κάθε φορά, όπως γίνεται και στα επαγγελματικά παρακάτω περιορισμοί για τον κάθε γύρο του πρωταθλήματος). Στη συνέχεια, θα πρέπει να σκεφτείτε πρωταθλήματος: 1) η μέρα έναρξης των αγώνων είναι έναν τρόπο παρουσίασης του πλήρους προγράμματος Δευτέρα 20 Απριλίου, 2) κάθε αγώνας διαρκεί 75 λεπτά των αγώνων το οποίο θα πρέπει να αποσταλεί στα (35' + 5' + 35'), 3) κάθε σχολείο θα παίξει με τα υπόλοιπα συμμετέχοντα σχολεία έτσι ώστε: α) να γνωρίζουν έξι σχολεία μόνο μια φορά, 4) υπάρχουν τέσσερα όλους τους αγώνες που θα έχει ο πρώτος γύρος του διαθέσιμα γήπεδα για τις ανάγκες τους πρωταθλήματος, πρωταθλήματος (ή και ο δεύτερος αν αποφασίσετε ότι Επιπλέον, γνωρίζετε ότι επειδή οι αγώνες αφορούν είναι εφικτό), β) να γνωρίζουν τον τόπο και τις σχολεία: 5) το πρωτάθλημα θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί ημερομηνίες διεξαγωγής των αγώνων του κάθε ως και 13 Μαΐου (αφού στα σχολεία τελειώνουν τα σχολεία. μαθήματα τότε), 6) οι μέρες διεξαγωγής των αγώνων είναι Ο Δήμος περιμένει τις προτάσεις σας και όπως είναι από Δευτέρα έως Παρασκευή, 7) οι ώρες διεξαγωγής των φυσιολογικό μπορεί να χρειάζονται κάποιες αγώνων είναι μεταξύ 8:30 π.μ. – 1:30 μ.μ. διευκρινίσεις σχετικά με αυτά που προτείνετε.

Η δραστηριότητα εφαρμόστηκε σε δύο τμήματα της Α΄ Λυκείου από ένα Επαγγελματικό Λύκειο της Αθήνας, ηλικίας 15-16 χρονών. Στο τμήμα ΑΤ (τεχνολογικού τομέα) υπήρχαν 17 αγόρια και στο τμήμα ΑΥ (οικονομίας και υπηρεσιών) ήταν εκείνη την μέρα 10 μαθητές, 6 αγόρια και 4 κορίτσια (βλ. Πίνακα 1). Η δραστηριότητα εφαρμόστηκε στις 31 Μαρτίου 2015, σε μια διδακτική ώρα. Τους δόθηκε η δραστηριότητα σε φύλλο εργασίας. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες των 2-5 ατόμων, όπου και εργάστηκαν για 20 λεπτά. Ακολούθησε συζήτηση στην ολομέλεια για άλλα 20 λεπτά. Οι συζητήσεις των ομάδων και της ολομέλειας βιντεοσκοπήθηκαν και μαγνητοφωνήθηκαν: 2 βιντεοκάμερες (μια φορητή και μια σταθερή), καθώς και 4 μαγνητόφωνα (ένα σε κάθε ομάδα).

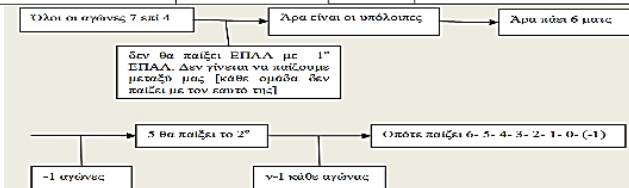
Η συλλογική επιχειρηματολογία που αναπτύχθηκε κατά την εφαρμογή της δραστηριότητας αναλύθηκε σε δυο επίπεδα: ανά ομάδα και ανά τάξη. Μελετήθηκε: α) η δομή τοπικών επιχειρηματολογιών αναλύοντας τις φράσεις των ομιλητών τόσο ως προς το ρόλο τους, όσο και ως προς την επιχειρηματολογική λειτουργία της φράσης (σε συμφωνία με τον Krummhauer, 2015), καθώς και β) η ολική δομή της επιχειρηματολογίας της ολομέλειας (σε συμφωνία με Knipping & Reid 2013, 2015).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατά τη διάρκεια που οι μαθητές και οι μαθήτριες δούλευαν σε ομάδες για να βρουν το σύνολο αγώνων του α' γύρου, βρίσκονταν στο στάδιο της οριζόντιας μαθηματικοποίησης το οποίο αποτυπώνεται αρχικά στο περιπτώσιακό επίπεδο (οικειοποίηση προβλήματος). Παρατηρήθηκαν δύο βασικές προσεγγίσεις. Στην πρώτη προσέγγιση, το 1^ο σχολείο παίζει με τα υπόλοιπα 6, το 2^ο κατά σειρά παίζει με τα υπόλοιπα 5, το 3^ο κατά σειρά με τα υπόλοιπα 4, το 6^ο σχολείο παίζει με το 7^ο. Το επόμενο σχολείο θα παίζει με ένα λιγότερο από το προηγούμενο σχολείο. Καθώς ο μαθητής εμπλέκεται στο πρόβλημα σχηματοποιείται ένα μοντέλο σε αναφορικό επίπεδο (βλ. Σχήμα 3).

Σχήμα 3: Ανάλυση επιχειρηματολογίας και συμμετοχής (Ομάδα 3, Τμήμα ΑΤ)

Ρόλος ομιλήτη	Φράση	Ιδέα (επιχειρηματολογική λειτουργία της φράσης)	Ρόλος ομιλήτη	Φράση	Ιδέα (επιχειρηματολογική λειτουργία της φράσης)
Κοθηγητής: συγγραφέας	Έχουμε 7 ομάδες. Πόσα μετς θα είναι όλα μαζί;	παρουσιάζει μια απάντηση (δεδομένα)	Κοθηγητής: ενημετωδότης	Αρα το 1 ^ο ΕΠΑΑ θα παίζει 6 μετς. Για τον 1 ^ο γύρο μάζα. Για 2ο υαχρλείο κίπα μετς θα παίζει;	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)
Μαθήλι: συγγραφέας	14 όχι τι λέα: 7 επί 4	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)	Μαθήλι: συγγραφέας	Δήμος: Μαθήλις 6	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)
Φύλακας: συγγραφέας	36	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)	Δήμος: αναμεταδότης	το ίδιο Μαθήλις:	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)
Μαθήλι: ανεμετωδότης	36 θα παίζουν φύλακας: όλοι μαζί. πός το βρήκατε;	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)	Στράτος: συγγραφέας	5 θα παίζει	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)
Κοθηγητής: ανεμετωδότης	Μαθήλις: 7 επί 4	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)	Κοθηγητής: ενημετωδότης	λέει 5	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)
Δήμος: συγγραφέας	Δεν θα παίζει ΕΠΑΑ με 1 ^ο ΕΠΑΑ. Δεν γίνεται να παίζουμε μεταξύ μας.	Κενόνος (εγνήση)	Δήμος:	Γιατί; Όλα μαζί	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)
Δήμος: συγγραφέας	Αρα είναι οι υπόλοιποι;	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)	Στράτος:	Γιατί δεν έπαψε με 1	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)
Μαθήλι: ανεμετωδότης	Αρα πές 6 μαζί	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)	Μαθήλι: συγγραφέας	Όντως. Ναι ρε καλά λέει. Αρα θα παίζει 5. Οπότε παίζει 6-5-4-3-2-1-0-(-1)	παρουσιάζει μια απάντηση (συμπέρασμα)

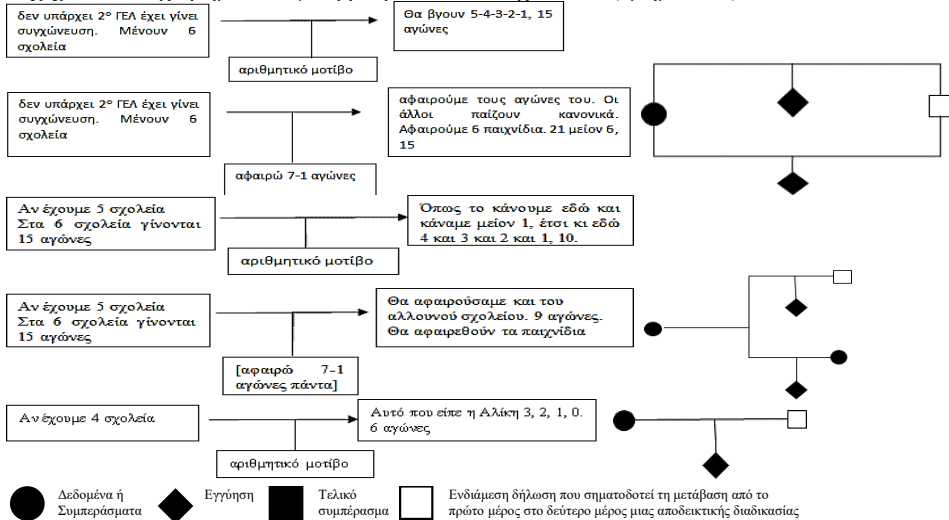


Η δεύτερη προσέγγιση βασίστηκε στις αγωνιστικές και στην προσπάθεια να βρουν το σύνολο των αγώνων, παρουσίαζαν τους τρεις αγώνες της κάθε μέρας. Με αυτό τον τρόπο έβρισκαν το σύνολο των αγώνων, ενώ παράλληλα διαμόρφωναν το πρόγραμμα του πρωταθλήματος. Προσπαθώντας να βρουν τους συνδυασμούς των σχολείων που θα παίζουν κάθε μέρα, αναγνωρίζουν σχέσεις. Παρατηρούν ότι κάθε μέρα θα περισσεύει ένα σχολείο το οποίο θα έχει 'ρεπό' τότε. Κατά την διαδικασία της οπτικοποίησης αντιλαμβάνονται ότι δεν μπορούν να βάζουν τα σχολεία στην τύχη, γιατί μπερδεύονται. Χρειάζεται να ακολουθούν μια σειρά. Άλλοι μαθητές έγραψαν όλους τους 42 αγώνες, χωρίς να λάβουν αρχικά περιορισμούς και υπήρξε μαθητής που συλλογίζομενος αναλογικά, υπολόγισε πόσοι αγώνες των 75 λεπτών μπορούν να γίνουν την μέρα, άρα κατά αναλογία βρήκε πόσοι αγώνες γίνονται την εβδομάδα και κατ' επέκταση πόσοι

αγώνες θα γίνονταν στη χρονική διάρκεια που τους δόθηκε. Σε αυτή την στρατηγική δεν έλαβε υπόψη το ρεαλιστικό πλαίσιο του πρωταθλήματος και είδε μόνο σχέσεις αριθμών.

Κατά την ολομέλεια, παρατηρείται μετάβαση των παιδιών από το αναφορικό στο τυπικό επίπεδο, διακρίνοντας στοιχεία κατακόρυφης μαθηματικοποίησης. Στην ερώτηση της εκπαιδευτικού στο τμήμα ΑΥ, πόσοι ήταν συνολικά οι αγώνες οι ομάδες συμφώνησαν ότι οι συνολικοί αγώνες του πρωταθλήματος μεταξύ των 7 λυκείων ήταν 21 και στη ερώτηση πώς το βρήκαν, η εκπαιδευτικός γράφει στον πίνακα το μοντέλο της προσέγγισης που υπαγορεύουν τα παιδιά. Αφού διαπιστώθηκε το μοντέλο 6-5-4-3-2-1, το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε αργότερα στο ένα τμήμα ως παραδειγματική κατάσταση σε άλλες παρόμοιες καταστάσεις: όταν έχουν 6 σχολεία, 5 σχολεία, 4 σχολεία (βλ. Σχήμα 4) ή όταν ψάχνουν να βρουν τους αγώνες της εθνικής με 18 ομάδες. Εδώ παρατηρείται η μετάβαση στο γενικό επίπεδο: το μοντέλο από γίνεται μοντέλο για.

Σχήμα 4: Επιχειρηματολογική ροή των 6,5,4 σχολείων (τμήμα ΑΥ).

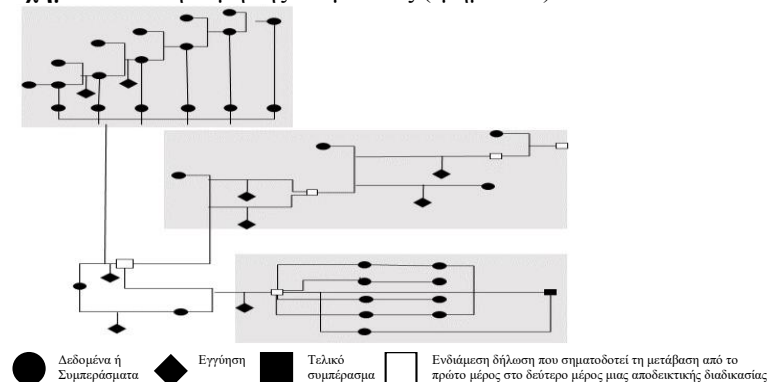


Στη συνέχεια, για να βρουν ένα γενικό κανόνα, ξαναγύρισαν στο αρχικό πλαίσιο του προβλήματος με τα 7 σχολεία. Επεσήμαναν ότι το σύνολο των αγώνων θα έπρεπε να είναι $6 \times 7 = 42$, αλλά επειδή ο αγώνας μεταξύ δυο σχολείων λαμβάνεται δυο φορές, το σύνολο αγώνων των 7 σχολείων είναι το μισό δηλαδή, 21, δημιουργώντας μια αναφορική κατάσταση. Αντίστοιχα, για τα 6 σχολεία συμπέραναν ότι θα είναι 15. Σε αυτό το σημείο συμβαίνει η μετάβαση στο γενικό επίπεδο, καθώς για 5 σχολεία χρησιμοποιήθηκε αμέσως ο τύπος $(5 \times 4) / 2 = 10$, ενώ για το σύνολο των αγώνων της Α' Εθνικής (18 ομάδες) χωρίς δυσκολία απάντησαν $(18 \times 17) / 2$. Πλέον τα παιδιά βρίσκονται στο τυπικό επίπεδο. Επιδιώκοντας να φτάσουν στο συμβολισμό τους ζητήθηκε να βρουν το σύνολο των αγώνων για οποιοδήποτε αριθμό n σχολείων. Έτσι έφτασαν στον τύπο $[n \times (n-1)] / 2$ ο

οποίος εφαρμόστηκε για την εύρεση των αγώνων για 100 ομάδες, χωρίς πλέον να χρειάζεται η υποστήριξη της αρχικής κατάστασης.

Αναφορικά με την ολική δομή, βρέθηκε και στα δυο τμήματα η *δομή πηγής* (Knipring & Reid 2013, 2015): δηλαδή, αρχικά παράλληλα επιχειρήματα για το ίδιο συμπέρασμα, παράλειψη εγγυήσεων σε πολλά βήματα και επιχειρηματολογικά βήματα που έχουν περισσότερο από ένα δεδομένα, καθένα από τα οποία αποτελεί το συμπέρασμα μιας επιχειρηματολογικής ροής (βλ. Σχήμα 5).

Σχήμα 5: Ολική δομή της ολομέλειας (τμήμα ΑΥ).



Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά ο αριθμός εμφανίσεων των ρόλων κάθε μαθητή στην ομάδα του και στην ολομέλεια του τμήματός του με την αντίστοιχη συνήθη επίδοση και συμμετοχή, όπως δηλώνεται από την εκπαιδευτικό.

Πίνακας 1: Ρόλοι μαθητών στην ομάδα και στην ολομέλεια των δύο τμημάτων με την αντίστοιχη επίδοση και συμμετοχή (όπως δηλώνεται από την εκπαιδευτικό).

Τμήμα ΑΤ		Επίδοση (Εκπαιδευτικός)	Συμμετοχή Ομάδα	Ολομέλεια				
				Συγγρ.	Αναμ.	Εκπρ.		
Ομάδα 1	Τόλης	↑	+	23*	11	16*	5	
	Οδυσσέας	=	+	1				
	Νίκος	↑	+	18	14*	1		
	Βάιος	=	+	11	13			
	Αντώνης	↓	-	1				
Ομάδα 2	Βλάσσης	↓	ο	7*	2*	2	1*	
	Έκτορας	↑	+	5	2*			
	Θέμης	↓	-	-	-			
	Αχιλλέας	=	ο	4	2*			
Ομάδα 3	Φίλιππος	↓		2	-			
	Δήμος	↓	-	7*	5			
	Στράτος	↓	-	2	5			
	Μιχάλης	↓	-	5	7*			
Ομάδα 4	Ερρίκος	↑	+	15*	9	6	5	1*

	Άρης	=	+	9	13*	1	7*	1*
	Μανώλης	=	+	6	2		2	
	Άκης	↓	-	1	1		1	
<i>Τμήμα ΑΥ</i>								
Ομάδα 1	Δόμνα	↑	+	36	9		6	1
	Βίκτωρ	↑	+	45*	12*		3	1
	Γιάννης	↓	-	2	8	1		
	Θάλεια	↓	-	33	6		7	1
Ομάδα 2	Αλίκη	↑	+	18*	7*		14	4
	Ερμής	↓	ο	7	3		9	2
	Κούλα	↓	-	8	2		1	1
	Μηνάς	↓	ο	2				1
Ομάδα 3	Γιώργος	↑	+	10*	3		16*	5*
	Αλέκος	↓	ο	3	7*		3	1

Σημειώσεις. Με +, ο, - σημειώνεται η συχνή, η ελάχιστη και η μηδενική συμμετοχή αντίστοιχα (όπως δηλώνεται από την εκπαιδευτικό). Με ↑, =, ↓ σημειώνεται η επίδοσή τους άνω, ίση, κάτω αντίστοιχα του μέσου όρου του τμήματος (όπως δηλώνεται από την εκπαιδευτικό). Στη συμμετοχή, με έντονη γραφή σημειώνεται ο μέγιστος αριθμός εμφανίσεων διαφορετικών ρόλων του ίδιου ομιλητή και με * ο μέγιστος αριθμός εμφανίσεων κάθε ρόλου σε μια ομάδα ή στην ολομέλεια.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως προς την μαθηματοποίηση της δραστηριότητας, το ρεαλιστικό πρόβλημα παρέμεινε σημείο αναφοράς και κίνητρο δράσης των μαθητών και υπήρξε μετάβαση από την οριζόντια στην κατακόρυφη μαθηματοποίηση. Διαπιστώθηκε διττός χαρακτήρας μοντέλων που λειτουργούν τόσο ως *μοντέλο από* μια παραδειγματική κατάσταση όσο και ως *μοντέλο για* γενικότερες καταστάσεις.

Ως προς την επιχειρηματολογία που αναπτύχθηκε παρατηρήθηκαν εγγυήσεις εντός και εκτός πλαισίου οι οποίες ακολούθησαν αντίστοιχη πορεία με τα επίπεδα δραστηριότητας του Gravemeijer (1999): όσο εργάζονται στις ομάδες και βρίσκονται στο ρεαλιστικό πλαίσιο, δεν παρατηρήθηκε καμία αποπλαισιωμένη εγγύηση, ενώ στην ολομέλεια οι εγγυήσεις αλλάζουν πλαίσιο. Παρατηρούνται δεδομένα που αποτελούν συμπεράσματα προηγούμενων επιχειρημάτων δημιουργώντας επιχειρηματολογικές ροές. Εμφανίζονται παράλληλα επιχειρήματα, ενδιαμέσοι στόχοι, τελικός στόχος δημιουργώντας ως δομή ολικής επιχειρηματολογίας, τη δομή της πηγής. Η ίδια ολική δομή που διαπιστώθηκε και στα δυο τμήματα ίσως να σχετίζεται με τους ‘συνήθεις’ ρόλους των παιδιών και της παρουσίας της εκπαιδευτικού που ενδεχομένως να μην άφησαν διαφορετικές προσεγγίσεις να εκφραστούν.

Ως προς τη συμμετοχή υπήρξε εμπλοκή όλων των μαθητών στις ομάδες, ανεξάρτητα από τη ‘συνήθη’ συμπεριφορά τους στην τάξη. Τα άτομα με ‘συνήθως’ χαμηλές επιδόσεις και έλλειψη συμμετοχής, μέσα στην ομάδα χαρακτηρίζονταν από συμμετοχή και αυτονομία στις δράσεις τους. Κοινωνικοί ρόλοι, όπως συμμετοχή σε ποδοσφαιρικούς ομίλους, έδωσαν κύρος σε αυτούς τους μαθητές μέσα στην ομάδα. Δεν παρατηρήθηκε ο ίδιος συσχετισμός ρόλων στις ομάδες και στην ολομέλεια. Υπήρξαν συγγραφείς στις ομάδες που παρέμειναν συγγραφείς και στην ολομέλεια, αναμεταδότες που εξελίχθηκαν

σε συγγραφείς μέσα στην ομάδα και παρέμειναν συγγραφείς στην ολομέλεια, ενώ αναμεταδότες και συγγραφείς στην ομάδα που «χάθηκαν» στην ολομέλεια. Η ‘συνήθης’ συμμετοχή και επίδοση των μαθητών στην καθημερινή διδασκαλία φαίνεται να συμφωνεί με την συμμετοχή και την επιχειρηματολογία τους που διαπιστώθηκε στην ολομέλεια. Για παράδειγμα ο Τόλης με επίδοση άνω του μέσου όρου και συμμετοχή στην τάξη, είναι συγγραφέας στην ομάδα του αλλά και στην ολομέλεια. Ομοίως ο Ερρίκος με επίδοση άνω του μέσου όρου και συμμετοχή στην τάξη, συμμετέχει ως συγγραφέας στην ομάδα του διατηρώντας το ρόλο του και στην ολομέλεια. Ο Άρης με επίδοση ίση με το μέσο όρο της τάξης και συχνή συμμετοχή, είναι κυρίως αναμεταδότης στην ομάδα του, αλλά και στην ολομέλεια. Όλη η ομάδα του Φίλιππου, με επιδόσεις κάτω του μέσου όρου και καθόλου συμμετοχή στην τάξη, ενώ συμμετέχουν στην ομάδα τους ως συγγραφείς και αναμεταδότες (βλ. Σχήμα 3) δεν συμμετέχουν καθόλου στην ολομέλεια.

Φαίνεται ότι στην ομάδα η επιλεγθείσα δραστηριότητα κινητοποίησε όλα τα παιδιά ανεξάρτητα από την προηγούμενη συμμετοχή τους ή/και την επίδοσή τους. Ίσως το μικρότερο πλαίσιο ή/και η μη άμεση συμμετοχή της εκπαιδευτικού ή/και η μη προφανής σχέση με μαθηματικά να επέτρεψε τη συμμετοχή σε μια εκλαμβανόμενη ως κοινωνική σχετική με την πραγματικότητά τους δραστηριότητα παρά ως μια μαθηματική ξένη προς αυτούς δραστηριότητα. Αυτό ίσως να εξηγεί την κυρίαρχη χρήση εγγυήσεων που πηγάζουν από το πλαίσιο του προβλήματος. Στην ολομέλεια τα παιδιά επανέρχονται στους συνήθεις ρόλους τους όπως αναγνωρίζονται από την ‘συνήθη’ συμμετοχή ή/και την επίδοσή τους. Ίσως η συμμετοχή της εκπαιδευτικού να μετατόπισε το πρόβλημα στο σύνηθες έως τότε, μαθηματικό πλαίσιο, ένα πλαίσιο στο οποίο μόνο ‘μαθηματικές’ εγγυήσεις είναι αποδεκτές και στο οποίο δεν έχουν ή δεν θέλουν να έχουν όλοι κάποιο σημαντικό ρόλο. Αντίστροφα, παιδιά με καλή επίδοση και συμμετοχή φάνηκε να έχουν διαφοροποιημένη συμμετοχή στη δραστηριότητα και μόνο παιδιά με καλή επίδοση και ενεργή συμμετοχή φάνηκε να διατήρησαν τους ρόλους τους τόσο στην μικρή ομάδα, όσο και στην ολομέλεια. Επομένως, η ρεαλιστική προσέγγιση βοήθησε στην μαθηματική εμπλοκή όλων των παιδιών, η οποία φαίνεται όμως να μην μπορεί να ξεπεράσει τις υφιστάμενες μαθηματικές νόρμες (Yackel, 2004), οι οποίες επιβάλλονται όταν το πλαίσιο αλληλεπίδρασης γίνει το σύνηθες. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να διερευνήσουν αν παρεμβάσεις σαν την προτεινόμενη θα επιτρέψουν σε βάθος χρόνου την εγκαθίδρυση νορμών που να επιτρέπουν την εμπλοκή όλων των μαθητών σε όλες τις φάσεις επίλυσης.

Η ανάλυση κατά Krummheuer φανέρωσε την μετατόπιση στις εγγυήσεις από εντός πλαισίου προβλήματος σε εκτός πλαισίου, ενώ η ανάλυση συμμετοχής κατέδειξε την αντίθεση ομάδας-ολομέλειας, καθώς και την συν-μετατόπιση αυτών των δυο φαινομένων. Αν και υπήρχε σχέση επίδοσης, συμμετοχής και του τύπου εγγυήσεων, φάνηκε ότι η σχέση ήταν πιο πολύπλοκη στις μικροδυναμικές που αναπτύσσονται στην μικρή ομάδα και στην ολομέλεια. Ταυτόχρονα, η ανάλυση κατά Knipping και Reid ανέδειξε τους τρόπους που τοπικές ροές αλληλεπιδρούν στην ολική δομή της τάξης και τις συγκλίσεις των ολικών των επιχειρηματολογικών δομών στις δύο τάξεις. Βάσει αυτών, δημιουργείται η ανάγκη να μελετηθούν σε βάθος χρόνου οι μετατοπίσεις στις εγγυήσεις και στη συμμετοχή, καθώς και των τρόπων νοητικών και νοηματικών γεφυρώσεων που θα

καλύπτουν τα όποια εργαλειακά ελλείματα, με στόχο να ενδυναμωθεί η δυνατότητα συμμετοχής και επιχειρηματολογίας στην τάξη όλων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ayalon, M., & Even, R. (2016). Factors shaping students' opportunities to engage in argumentative activity. *International Journal of Science and Mathematics Education, 14*(3), 575-601.
- Brandt, B., & Tatsis, K. (2009). Using Goffman's concepts to explore interaction processes in elementary school mathematics. *Research in Mathematics Education, 11*(1), 39-55.
- Goffman, E. (1981). *Forms of talk*. Philadelphia: University of Philadelphia Press.
- Gravemeijer, K. (1999). How emergent models may foster the constitution of formal mathematics. *Mathematical Thinking and Learning, 1*(2), 155-177.
- Henningsen, M., & Stein, M. (1997). Mathematical Tasks and Student Cognition: Classroom-Based Factors That Support and Inhibit High-Level Mathematical Thinking and Reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education, 28*(5), 524-549.
- Καλαβάσης, Φ., & Μούτσιος-Ρέντζος, Α. (2015). *Ανάμεσα στο μέρος και στο όλο. Αναστοχαστική οικοδόμηση μαθηματικών εννοιών*. Αθήνα: Gutenberg.
- Καλδρυμίδου, Μ., Πόταρη, Δ., Σακονίδης, Χ., & Τζεκάκη, Μ. (2009). Η δραστηριότητα και η διαχείρισή της στην τάξη ως παράγοντες συγκρότησης του μαθηματικού νοήματος. Στο Φ. Καλαβάσης, Σ. Καφούση, Μ. Χιονίδου-Μοσκοφόγλου, Χ. Σκουμπουρδή, & Γ. Φεσάκης (Επ.), *Πρακτικά του 3^{ου} Συνεδρίου της Ένωσης Ερευνητών Διδακτικής των Μαθηματικών Μαθηματική Εκπαίδευση και Οικογενειακές Πρακτικές* (σελ. 343-345). Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ΕΝΕΔΙΜ.
- Knipping, C., & Reid, D. (2013). Revealing Structures of Argumentations in Classroom Proving Processes. In A. Aberdein, & I. Dove (Eds.) *The Argument of Mathematics* (pp. 119-146). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Knipping, C., & Reid, D. (2015). Reconstructing Argumentation Structures: A Perspective on Proving Processes in Secondary Mathematics Classroom Interactions. *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education: Examples of Methodology and Methods* (pp. 75-101). Dordrecht: Springer.
- Krummheuer, G. (1995). The ethnography of argumentation. In P. Cobb & H. Bauersfeld (Eds.), *The emergence of mathematical meaning: Interaction in classroom cultures* (pp. 220-269). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Krummheuer, G. (2015). Methods for Reconstructing Processes of Argumentation and Participation in Primary Mathematics Classroom Interaction. In A. Bikner-Ahsbals, C. Knipping & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education: Examples of Methodology and Methods* (pp. 51-74). Dordrecht, Netherlands: Springer
- Πάγκαλος, Σ. (2016). Πρόταση για την αναδιοργάνωση της τεχνικής – επαγγελματικής εκπαίδευσης. Ανακτήθηκε Ιανουάριος 26, 2016, από <http://www.esos.gr/arthra/>

- 42064/protasi-gia-tin-anadiorganosi-tis-tehnikis-epaggelmatikis-ekpaideysis.
Streefland, L. (2000). *Ρεαλιστικά Μαθηματικά στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Αθήνα: Leader Books.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yackel, E. (2002). What we can learn from analyzing the teacher' s role in collective argumentation. *Journal of Mathematical Behavior*, 21, 423-440.
- Yackel, E. (2004). Theoretical Perspectives for Analyzing Explanation, Justification and Argumentation in Mathematics classrooms. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education*, 8(1), 1–18.

Το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες

Αρχές σχεδιασμού προγραμμάτων επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη Φύση των Φυσικών Επιστημών

Παναγιώτης Πήλιουρας¹, Ευθύμης Σταμούλης²,
Νεκτάριος Τσαγλιώτης³ & Κατερίνα Πλακίτση⁴

^{1,2,4} Ερευνητική ομάδα @fise group, Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ppiliour@gmail.com, estamoulis@sch.gr, klakits@hotmail.com

³ Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών 9^{ου} Δημοτικού Σχολείου Ρεθύμνου, efepereth@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδασκαλία της φύσης των φυσικών επιστημών (φφε) και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για αυτή θεωρείται στις μέρες μας από ερευνητές της διδακτικής των φυσικών επιστημών (φε) μια αναγκαιότητα. Στην εργασία επιχειρείται μια τεκμηρίωση της αναγκαιότητας διδασκαλίας όψεων της φφε στην εκπαίδευση των φφε από τις μικρές τάξεις του δημοτικού σχολείου, γίνεται μια ανασκόπηση των ερευνών για τις αποτελεσματικές προσεγγίσεις επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη φφε και με βάση αυτά παρουσιάζονται κάποιες αρχές σχεδιασμού προγραμμάτων επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη Φύση των Φυσικών Επιστημών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: παιδαγωγική γνώση περιεχομένου της φύσης φυσικών επιστημών, επιμόρφωση εκπαιδευτικών - αναπτυξιακή έρευνα δράσης

Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΦΦΕ

Η διδασκαλία της φφε έχει καταστεί κεντρικός στόχος της εκπαίδευσης στις φε σε πολλές χώρες. Η διδασκαλία όψεων της φφε στα σχολεία και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σχετικά με αυτή έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας της διδακτικής των φε ως μια αναντίρρητη ανάγκη (Matthews, 1998; McComas, 2005; Lederman, 2007; Seroglou & Adúriz-Bravo, 2007; Akerson et al., 2009; National Research Council 2012). Η ερευνητική εργογραφία και οι μεταρρυθμιστικές προσπάθειες στην εκπαίδευση των φε θέτουν με έμφαση το ζήτημα της διδασκαλίας της φφε ως θεμελιώδους βάσης για την προώθηση του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών (Lederman, 2007; National Research Council, 2012). Αυτή η διαδικασία είναι σημαντικό να ξεκινά από τις μικρές τάξεις του δημοτικού, καθώς ακόμη και μικροί μαθητές, όπως

υποστηρίζεται, είναι ικανοί να κατανοούν ως ένα βαθμό και να εξοικειώνονται με όψεις της φφε (Akerson et al., 2011a).

Παρά τη ρητή αναφορά της αναγκαιότητας διδασκαλίας της φφε σε αρκετά αναλυτικά προγράμματα χωρών και την εκτεταμένη ερευνητική εργογραφία για το πώς μπορεί να επιτευχθεί μια επιτυχής διδασκαλία της φφε, οι έρευνες δείχνουν ότι πολλοί εκπαιδευτικοί αποτυγχάνουν να διδάξουν αποτελεσματικά όψεις της φφε (Akerson et al., 2009; Akerson et al., 2011b). Επίσης, έρευνες έχουν δείξει ότι πολλοί εκπαιδευτικοί δεν κατέχουν τις αποδεκτές απόψεις για τη φφε (Lederman, 2007). Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι κατά τη διάρκεια του μαθήματος των φε οι εκπαιδευτικοί, συνειδητά ή ασυνειδητά (σύμφωνα με τις έρευνες τις περισσότερες φορές μη συνειδητά) παρουσιάζουν στους μαθητές τους μια συγκεκριμένη εικόνα για τις φε και γενικότερα για όψεις της φφε. Οι Clough και Olson (2004) αναδεικνύουν αυτή τη θέση αναφέροντας χαρακτηριστικά: «Επειδή οι όψεις της φφε είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένες με το επιστημονικό περιεχόμενο και πως αυτό παρουσιάζεται στους μαθητές, όλοι οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν φε επικοινωνούν μια ιστορία στους μαθητές σχετικά με το τι είναι επιστήμη, πώς η επιστήμη λειτουργεί, και άλλα σημαντικά ζητήματα της φφε. Οι εκπαιδευτικοί δεν διδάσκουν σκόπιμα λάθος ιδέες σχετικές με τη φφε, αλλά έτσι κι αλλιώς σε κάθε διδασκαλία τους επικοινωνούν μια εικόνα για τις φε ... (σελ. 30)»

Επιπροσθέτως, ερευνητές της διδακτικής των φε συμφωνούν ότι η ορθή κατανόηση της φφε από τους εκπαιδευτικούς είναι απαραίτητη αλλά όχι και ικανή συνθήκη για αποτελεσματική διδασκαλία της φφε στα μαθήματα των φε (McComas et al. 1998). Επίσης, η έρευνα δείχνει ότι σπανίως οι μαθητές κατά τη διάρκεια της δωδεκάχρονης εκπαίδευσης τους συμμετέχουν σε διδακτικές-μαθησιακές εμπειρίες που συνεισφέρουν σε μια καλύτερη κατανόηση της φφε. Αντιθέτως, διαφοροποίηση υπάρχει όταν οι εκπαιδευτικοί έχουν συμμετάσχει σε στοχευόμενα προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης για τη διδασκαλία της φφε και έχουν εξοικειωθεί με τη γνώση παιδαγωγικού περιεχομένου της φφε (Akerson et al., 2009; Akerson et al., 2011b).

Στα νέα ελληνικά αναλυτικά προγράμματα των φε (Πλακίτση κ.ά., 2011) που πλέον λειτουργούν συμπληρωματικά με τα ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα (ΔΕΠΠΣ, 2002) για πρώτη φορά γίνεται ρητή αναφορά στη διδασκαλία όψεων της φφε. Η εισαγωγή της φφε ως βασικού στοιχείου του επιστημονικού εγγραμματισμού των ελλήνων μαθητών δημιουργεί νέες «απαιτήσεις» για τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν το μάθημα των φε και της μελέτης περιβάλλοντος (στην οποία ενσωματώνονται ενότητες των φε στις τέσσερις πρώτες τάξεις) στο δημοτικό σχολείο για μια έννοια εντελώς νέα στο διδακτικό τους «οπλοστάσιο».

Με βάση όλα τα παραπάνω και στη χώρα μας σταδιακά αναπτύσσονται προσπάθειες που στοχεύουν εκτός των άλλων και στην αποτελεσματικότερη διδασκαλία από τους εκπαιδευτικούς όψεων της φφε (Πήλιουρας κ.ά., 2103).

ΠΟΙΕΣ ΟΨΕΙΣ ΤΗΣ ΦΦΕ ΕΙΝΑΙ ΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΝΑ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΙ

Οι Abd-El-Khalick & Lederman (2000) αναφέρονται στο πώς άλλαξαν οι αντιλήψεις στο χώρο της διδακτικής των φε για τη φφε σε φιλοσοφικό, κοινωνικό και ιστορικό

πλαίσιο. Στις αρχές του προηγούμενου αιώνα, η κατανόηση της φφε ισοδυναμούσε με την κατανόηση της επιστημονικής μεθόδου. Από το δεκαετία του 1960 άρχισε να δίνεται έμφαση στην διερεύνηση και στις επιστημονικές δεξιότητες, όπως η παρατήρηση, η μέτρηση, ερμηνεία δεδομένων, τα μοντέλα. Στη συνέχεια διάφοροι οργανισμοί άρχιζαν να ορίζουν τις όψεις που μπορεί να περιλαμβάνει η φφε.

Στις μέρες μας, επιστήμονες και ερευνητές δεν συμφωνούν απολύτως επί των όψεων της φφε που είναι επιθυμητό να προωθούνται. Υπάρχουν δυο βασικά σημεία διαφωνίας «το ένα είναι σχετικά με τη φφε και το άλλο είναι πώς αυτή διδάσκεται» (Grandy & Duschl, 2007, σελ. 155). Μεταξύ των στοιχείων που υπάρχει συμφωνία είναι η αναγκαιότητα διδάσκοντες και μαθητές να έχουν έναν ορισμένο βαθμό -ανάλογα με την ηλικία- κατανόησης της φφε και επίσης εκτίμηση της συνεισφοράς της ιστορίας και της φιλοσοφίας των φε (Matthews, 1998, McComas, 2005).

Σύμφωνα με τον Lederman (2007), μεταξύ των χαρακτηριστικών των ΦΕ που υπάρχει συμφωνία είναι ότι η επιστήμη είναι δυναμική, βασίζεται σε εμπειρικά στοιχεία, είναι υποκειμενική/βασίζεται σε θεωρητικά πιστεύω, περιέχει τις διαδικασίες του συμπερασμού, της φαντασίας και της δημιουργικότητας και είναι κοινωνικά και πολιτισμικά πλαισιοθετημένη. Δυο επιπλέον σημαντικές όψεις της είναι η διάκριση παρατήρησης και συμπεράσματος και η σχέση μεταξύ των θεωριών και των νόμων.

Σύμφωνα με τον McComas (2005), μερικές από τις ουσιώδεις ιδέες της φφε, οι οποίες είναι κατάλληλες για την ενσωμάτωσή τους στα αναλυτικά προγράμματα, στη διδασκαλία και στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών είναι οι ακόλουθες: α) η επιστήμη προϋποθέτει και βασίζεται στα εμπειρικά δεδομένα, η επιστημονική γνώση έχει αβέβαιο χαρακτήρα, χαρακτηρίζεται από διάρκεια και προσανατολισμό προς την ανάπτυξη πιο εκλεπτυσμένης γνώσης, β) η επιστήμη περιέχει ένα υποκειμενικό στοιχείο, γ) υπάρχουν ιστορικές, πολιτισμικές και κοινωνικές επιδράσεις στις πρακτικές και στις κατευθύνσεις της επιστήμης, δ) επιστήμη και τεχνολογία επηρεάζουν η μια την άλλη, αλλά δεν ταυτίζονται, ε) η επιστήμη και οι μέθοδοί της δεν μπορούν να απαντήσουν όλα τα ερωτήματα.

Τέλος, σύμφωνα με τα Next Generation Science Standards (NGSS) που βασίστηκαν στην αναφορά “Ένα πλαίσιο για την K-12 εκπαίδευση στις φε: πρακτικές, βασικές έννοιες και ουσιώδεις ιδέες” του National Research Council (2012) η κατανόηση της φφε περιλαμβάνει οκτώ θέματα:

- Οι επιστημονικές έρευνες χρησιμοποιούν ποικιλία μεθόδων.
- Η γνώση βασίζεται σε εμπειρικά αποδεικτικά στοιχεία.
- Η επιστημονική γνώση είναι ανοικτή στην αναθεώρηση με την ανάδυση νέων αποδεικτικών στοιχείων.
- Τα επιστημονικά μοντέλα, οι νόμοι, οι μηχανισμοί, οι θεωρίες εξηγούν τα φυσικά φαινόμενα.
- Η επιστήμη είναι ένα τρόπος γνώσης.
- Η επιστημονική γνώση υποθέτει ότι υπάρχει τάξη και συνέπεια στα φυσικά συστήματα.
- Η επιστήμη είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα.

- Η επιστήμη προσπαθεί να απαντήσει σε ερωτήματα σχετικά με το φυσικό και τον υλικό κόσμο.

Η ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΦΦΕ

Έρευνες έχουν επιβεβαιώσει ότι οι μαθητές δεν αναπτύσσουν το επιθυμητό επίπεδο κατανόησης όψεων της φφε από την τυπική διδασκαλία στο μάθημα των φε (e.g. Lederman 1999; Akerson & Abd-El-Khalick 2003; Akerson et al. 2011a).

Στο πλαίσιο των προσπαθειών βελτίωσης των επίπεδων κατανόησης της φφε από τους μαθητές, οι τρέχουσες έρευνες εστιάζουν στο πώς θα εφοδιάσουν υποψήφιους και ενεργεία εκπαιδευτικούς με μια επαρκή κατανόηση της φφε (Akerson, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Akerson et al., 2009) αλλά όχι μόνο. Η ερευνητική εργογραφία υποδεικνύει ότι είναι απαραίτητες στοχευμένες δράσεις που θα βοηθούν τους εκπαιδευτικούς πώς να διδάξουν αποτελεσματικά όψεις της φφε (Kim et al., 2005).

Δυο βασικές κατευθύνσεις επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη φφε είναι οι υπόρρητες (implicit) και οι ρητές (explicit) επιμορφωτικές δράσεις (Abd-El-Khalick & Lederman 2000):

- Υπόρρητες προσπάθειες (implicit attempts), που υιοθετούν τις επιμορφωτικές στρατηγικές της ανάπτυξης επιστημονικών δεξιοτήτων ή της ενασχόλησης και εμπλοκής με διερευνητικές επιστημονικές δραστηριότητες με στόχο να βελτιώσουν τις απόψεις των επιμορφούμενων ή των μανθάνοντων για τη φφε.
- Ρητές προσπάθειες (explicit attempts) για την επίτευξη του ίδιου στόχου, που εστιάζουν, όμως, στην «άμεση» διδασκαλία όψεων της φφε και/ή υιοθετούν προσεγγίσεις που αξιοποιούν στοιχεία από την ιστορία των Φυσικών Επιστημών.

Η ανασκόπηση των ερευνών δείχνει ότι οι ρητές προσπάθειες έχουν αποδειχτεί πιο αποτελεσματικές (Abd-El-Khalick & Lederman 2000; Lederman, 2007). Οι ρητές προσπάθειες βελτιώνουν τις πρακτικές των εκπαιδευτικών ως προς τη διδασκαλία της φφε, καθώς βοηθούν τους εκπαιδευτικούς να είναι ενήμεροι και να αναστοχάζονται επί της δικής τους κατανόησης για τη φφε και των δικών τους διδακτικών πρακτικών για την προώθησή της (Akerson & Volrich, 2006). Συνεπώς, οι τρέχουσες δράσεις επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών περιλαμβάνουν προσπάθειες υποστήριξης των εκπαιδευτικών να μετασχηματίσουν σταδιακά τις παιδαγωγικές πρακτικές τους που αφορούν τη διδασκαλία της φφε από υπόρρητες σε ρητές και αναστοχαστικές, να εξοικειωθούν με την αξιολόγηση της κατανόησης των μαθητών τους σε σχέση με όψεις της φφε και να βελτιώσουν τις ικανότητες τους ενσωμάτωσης όψεων της φφε στο γνωστικό περιεχόμενο των φε (Kim et al., 2005). Επιπλέον, η έρευνα για την επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών ως προς τη φφε, έχει δείξει, ότι είναι σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να υποστηρίζονται στη βελτίωση των πρακτικών στις τάξεις τους, να σχεδιάζουν σε συνεργασία μαθήματα, να μοιράζονται ιδέες να προσφέρουν ανατροφοδότηση ο ένας στον άλλο (Kim et al., 2005, Akerson et al., 2009).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι μολονότι έχει επιτευχθεί κάποια βελτίωση στα επίπεδα κατανόησης όψεων της φφε από τους εκπαιδευτικούς, η επιτυχής υποστήριξη των

εκπαιδευτικών να διδάξουν αποτελεσματικά τη φφε έχει αποδειχτεί μεγαλύτερη πρόκληση (Hanuscin et al. 2011). Οι Kim et al. (2005) στο πλαίσιο του ICAN project, στο οποίο στόχος ήταν να μελετηθεί πώς K-12 εκπαιδευτικοί που διδάσκουν το μάθημα των φε ενσωματώνουν όψεις της φφε στη διδασκαλία τους, διαπίστωσαν ότι όλοι οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί μπορούσαν να ταξινομηθούν στα ακόλουθα τρία επίπεδα:

- Επίπεδο 1 - υπόρρητο: υπόρρητη διδασκαλία της φφε
- Επίπεδο 2 - διδακτικό: ρητή διδασκαλία της φφε αλλά μη συνδεδεμένη με τη διδασκαλία του επιστημονικού περιεχομένου
- Επίπεδο 3: - ρητό και αναστοχαστικό: ρητή και αναστοχαστική διδασκαλία της φφε συνδεδεμένη με το επιστημονικό περιεχόμενο που λαμβάνει υπόψη της τις απόψεις των μαθητών για όψεις της φφε

Τέλος, πολλές έρευνες έχουν επισημάνει τη σημασία της εξέτασης των λόγων των εκπαιδευτικών στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών καθώς είναι γενικά αποδεκτό ότι αυτοί οι λόγοι επηρεάζουν καθοριστικά τη μάθηση των μαθητών (Mortimer & Scott 2003; Ryder & Leach, 2007). Μια βασική επιμορφωτική στρατηγική είναι να δίνονται ευκαιρίες στους εκπαιδευτικούς μέσω συμμετοχικών προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης ποικίλων μορφών ερευνών δράσης, να συζητούν τις διδασκαλίες τους, να αναλύουν με την υποστήριξη ειδικών-ερευνητών τις πρακτικές λόγου τους και να εντοπίζουν σε αυτούς τους λόγους στοιχεία αποτελεσματικής διδασκαλίας της φφε (Πήλιουρας κ.ά. 2013). Οι Ryder και Leach (2008) έχουν προτείνει δυο χαρακτηριστικές όψεις της συζήτησης στην τάξη για αποτελεσματική διδασκαλία της επιστημολογίας της επιστήμης και συνεπώς της φφε: 1. τη ρητή και ξεκάθαρη ανάδειξη των στόχων που αφορούν τη φφε στους μαθητές, 2. τη συχνή εναλλαγή μεταξύ πλαισιοθετημένης και μη πλαισιοθετημένης αναφοράς όψεων της φφε κατά τη διάρκεια του μαθήματος των φφε.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΦΦΕ

Με βάση όλα τα παραπάνω ερευνητικά δεδομένα μπορούμε να διατυπώσουμε μια σειρά από αρχές-βασικές κατευθύνσεις που καλό είναι να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό προγραμμάτων επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη φφε.

Περιεχόμενο της επιμόρφωσης στη φφε

Στόχος ενός προγράμματος επαγγελματικής ανάπτυξης διδασκαλίας της φφε θα πρέπει να είναι οι εκπαιδευτικοί εκτός της *εξοικείωσης με όψεις της φφε*, να αποκτήσουν ακόμη *καλύτερη γνώση του περιεχομένου* και μια *πολύ καλή παιδαγωγική γνώση της διδασκαλίας της φφε*. Δηλαδή, στόχος των επιμορφωτικών δράσεων θα πρέπει να είναι συνολικά η ανάπτυξη αυτού που οι ερευνητές (π.χ. Abd-El-Khalick and Lederman, 2000) έχουν αποκαλέσει *παιδαγωγική γνώση περιεχομένου της φφε*. Η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου της φφε περιλαμβάνει (Schwartz & Lederman 2002, σελ. 232): α) γνώση της φφε, β) γνώση του επιστημονικού περιεχομένου, και γ) παιδαγωγική γνώση της διδασκαλίας των φε ως διερεύνησης και κατάλληλες στρατηγικές λόγου για τη ρητή διδασκαλία όψεων της φφε.

Ενώ, σύμφωνα με τους Abd-El-Khalick και Lederman (2000) η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου της φφε ενός εκπαιδευτικού που διδάσκει το μάθημα των φε περιλαμβάνει: “... γνώση ενός εύρους σχετικών παραδειγμάτων, δραστηριοτήτων παρουσιάσεων και ιστορικών παραδειγμάτων. Αυτά τα δομικά στοιχεία θα καταστήσουν έναν εκπαιδευτικό ικανό να οργανώνει, να αναπαριστά και να παρουσιάζει τα θέματα της διδασκαλίας με ένα τρόπο που κάνουν τους στόχους της φφε προσβάσιμους στους μαθητές... Αυτοί οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει με άνεση να συζητούν όψεις της φφε, να σχεδιάζουν διδακτικές ακολουθίες που βοηθούν τους μαθητές τους να κατανοούν αυτές τις όψεις, και να ενσωματώνουν στη διδασκαλία όψεων της φφε παραδείγματα και αφηγήσεις από την ιστορία των φε (σελ. 692-693).

Επιπλέον, οι Carps και Crawford (2012) υποστηρίζουν ότι για να μπορούν οι εκπαιδευτικοί να ενσωματώνουν στις διδακτικές τους προσεγγίσεις στο μάθημα των φε πρακτικές, όπως η διερεύνηση και η ρητή διδασκαλία της φφε, χρειάζεται να αναπτύξουν: 1) μια επαρκή κατανόηση για τη διερεύνηση και τη φφε, (2) τις δικές τους ικανότητες να πραγματοποιούν διερευνήσεις, (3) τις απαραίτητες παιδαγωγικές δεξιότητες να διδάσκουν τις φε ως διερεύνηση και να διδάσκουν όψεις της φφε, και (4) την πρόθεση να διδάσκουν με αυτό τον τρόπο.

Σε ένα ενδεχομένως πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη φφε, που θα απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης βασιζόμενοι και στα ερευνητικά δεδομένα (Appleton, 2006; Akerson et al., 2011a) θα μπορούσαμε να εστιάζουμε σε συγκεκριμένες όψεις της φφε, οι οποίες είναι οι ακόλουθες: α) ο εμπειρικός χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης, β) η φύση της παρατήρησης και του συμπεράσματος και η διαφορά μεταξύ τους, γ) η φύση της μέτρησης, δ) ο ρόλος της δημιουργικότητας και της φαντασίας στη δημιουργία επιστημονικών μοντέλων και η φύση των μοντέλων, ε) ο μη βέβαιος χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης, στ) ο υποκειμενικός χαρακτήρας της, ζ) η ποικιλία μεθόδων που ακολουθούνται στις επιστημονικές έρευνες για την απάντηση ερωτημάτων σχετικών με το φυσικό και τον υλικό κόσμο, η) οι ιστορικές, πολιτισμικές και κοινωνικές επιδράσεις στις πρακτικές και στις κατευθύνσεις της επιστήμης, δ) η αλληλεπίδραση επιστήμης και τεχνολογίας.

Φύση της επιμόρφωσης στη φφε

Η φύση ενός προγράμματος επαγγελματικής ανάπτυξης διδασκαλίας της φφε θα πρέπει έχει ρητό και αναστοχαστικό χαρακτήρα. Θα πρέπει δηλαδή οι εκπαιδευτικοί μέσα από κατάλληλες επιμορφωτικές δράσεις να καταστούν ικανοί να εμπλέκουν τους μαθητές τους στο μάθημα των φε μέσω ρητών και αναστοχαστικών διδακτικών στρατηγικών και πρακτικών διδασκαλίας όψεων της φφε, συνδέοντας τις λειτουργικά με το επιστημονικό περιεχόμενο και λαμβάνοντας υπόψη τους τις απόψεις των μαθητών για όψεις της φφε.

Υπηρετώντας την κατεύθυνση του ρητού και αναστοχαστικού χαρακτήρα, ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών θα πρέπει να είναι εστιασμένο στην *ανάλυση των λόγων και των πρακτικών των εκπαιδευτικών από τους ίδιους σε σχέση με τα νοήματα για τη φφε που επικοινωνούν στους μαθητές τους κατά τη διάρκεια του μαθήματος των φε.*

Η πρότασή μας αφορά τη χρήση και αξιοποίηση της ανάλυσης λόγου, ως επιμορφωτικής στρατηγικής «ρητής φύσης». Μια βασική στρατηγική προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος αυτός είναι να δίνεται η ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς-ερευνητές που συμμετέχουν σε ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος των φε να συζητούν τις διδασκαλίες τους, να αναλύουν με την υποστήριξη ερευνητών-επιμορφωτών τις πρακτικές λόγου τους και να εντοπίζουν σε αυτούς τους λόγους στοιχεία αποτελεσματικής διδασκαλίας της φφε. Ένα ενδεικτικό περιγραφικό πλαίσιο ανάλυσης των λόγων των εκπαιδευτικών από τους ίδιους με την καθοδήγηση ερευνητών-επιμορφωτών παρουσιάζεται στον πίνακα 1 που ακολουθεί

Πίνακας 1: Οδηγός ανάλυσης λόγου για τον εντοπισμό στοιχείων γνώσης παιδαγωγικού περιεχομένου της φφε (προσαρμοσμένο, με πηγή τον Lau 2011, σελ. 193-194)

Κατηγορίες	Στοιχεία αποτελεσματικής διδασκαλίας όψεων της φφε
Όψεις της φφε που διδάσκονται στο μάθημα	Στοχευόμενες όψεις της φφε διδάσκονται με ακρίβεια.
Επιστημονικό περιεχόμενο που διδάσκεται στο μάθημα	<p>Ο εκπαιδευτικός έχει μια ακριβή κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου που διδάσκει.</p> <p>Ο εκπαιδευτικός έχει μια στέρεη γνώση του περιεχομένου της ιστορίας της επιστήμης</p> <p>Οι προϋπάρχουσες και αναπτυσσόμενες απόψεις των μαθητών για τη φφε ενδείκνυται και αξιοποιούνται κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας</p> <p>Ο εκπαιδευτικός προωθεί ρητά τα χαρακτηριστικά της διερεύνησης.</p>
Διευκόλυνση από τον εκπαιδευτικό της μάθησης της φφε (γνώση παιδαγωγικού περιεχομένου)	<p>Ο εκπαιδευτικός διευκολύνει την κατανόηση όψεων τη φφε από τους μαθητές αλληλεπιδρώντας διαλογικά μαζί τους</p> <p>Ο εκπαιδευτικός αναλύει τις όψεις της φφε και προσφέρει ευκαιρίες στους μαθητές του να σκεφτούν και να συζητήσουν για αυτές (ρητή προσέγγιση)</p> <p>Ο εκπαιδευτικός εισάγει όψεις της φφε που είναι προσαρμοσμένες με το συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο.</p> <p>Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τους στόχους της φφε ρητά και ξεκάθαρα στους μαθητές</p> <p>Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές να ασστοχάζονται επί της σκέψης και των λόγων τους σε σχέση με όψεις τη φφε.</p>

Μεθοδολογία της επιμόρφωσης στη φφε

Η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών έχει τυπικά ακολουθήσει ένα μοντέλο από πάνω προς τα κάτω. Έρευνες έχουν δείξει ότι αυτές οι επιμορφωτικές προσπάθειες δεν είναι αρκετά αποτελεσματικές (Appleton, 2006). Η ερευνητική εργογραφία της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στην εκπαίδευση των φφε δείχνει ότι το κλειδί για αποτελεσματικές επιμορφωτικές δράσεις είναι ο ίδιος ο εκπαιδευτικό (Kim et al., 2005; Appleton, 2006). Γι' αυτό ως ευρύτερο πλαίσιο επαγγελματικής ανάπτυξης την εκπαιδευτικών στις μέρες μας προκρίνονται *οι αναπτυξιακές έρευνες δράσης μέσης και μακράς διάρκειας που έχουν ένα συμμετοχικό, συνεργατικό, ερευνητικό, αναστοχαστικό χαρακτήρα και αντιμετωπίζουν τους επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς ως ερευνητές των δικών και όχι μόνο διδακτικών πρακτικών*

Ακολουθεί ένα ενδεικτικό σχέδιο μιας τέτοιας δράσης που αποδείχτηκε αρκετά αποτελεσματική (Πήλιουρας κ.ά. 2013). Το ετήσιας διάρκειας ερευνητικό-επιμορφωτικό πρόγραμμα περιελάμβανε μια σειρά από δράσεις με στόχο οι δυο συμμετέχοντες ερευνητές-εκπαιδευτικοί σταδιακά να εξοικειωθούν με την παιδαγωγική γνώση περιεχόμενου της φφε.

Οι τέσσερις δράσεις ήταν οι ακόλουθες:

Δράση 1: Εξοικειωνόμαστε με όψεις της φφε και μελετάμε ποια πλαίσια είναι κατάλληλα για τη διδασκαλία της.

Δράση 2: Εξετάζουμε στοιχεία όψεων της φφε που «επικοινωνούμε» κατά τη διάρκεια του μαθήματος των φφε

Δράση 3: Εξοικειωνόμαστε σταδιακά με την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου για να διδάσκουμε τις φφε ως διερεύνηση και να χρησιμοποιούμε κατάλληλες στρατηγικές λόγου που εισάγουν ρητά όψεις της φφε

Δράση 4: Βελτιώνουμε τις στρατηγικές λόγου μας που αφορούν την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου της διδασκαλίας της φφε, εξετάζουμε τις αναδυόμενες επιθυμητές επικοινωνιακές πρακτικές και επιδιώκουμε τη σταδιακή μοντελοποίησή τους

Κλείνοντας, θα θέλαμε να σημειώσουμε ότι ο μετασχηματισμός των πρακτικών των εκπαιδευτικών στην παιδαγωγική γνώση περιεχομένου της φφε δεν είναι μια εύκολη διαδικασία, καθώς οι απόψεις τους για τη φφε, έστω και αν είναι ορθές, δεν οδηγούν από μόνες τους σε αντίστοιχες επιθυμητές πρακτικές, καθώς επίσης η διδασκαλία της φφε δεν είναι κάτι που έχουν βιώσει οι εκπαιδευτικοί είτε στις σπουδές τους είτε στην επαγγελματική τους πορεία. Επιπροσθέτως, η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου και οι δεξιότητες που απαιτούνται για να διδάξουν η εκπαιδευτικοί όψεις της φφε δεν μπορούν να αποκτηθούν στο πλαίσιο μικρών χρονικά προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης.

Το επόμενο βήμα μας θα είναι ο σχεδιασμός ενός επιμορφωτικού αναπτυξιακού προγράμματος επιμόρφωσης εκπαιδευτικών με τα παραπάνω χαρακτηριστικά (δηλαδή με συμμετοχικό, συνεργατικό, ερευνητικό, αναστοχαστικό χαρακτήρα) που θα υλοποιηθεί ταυτόχρονα σε τρεις διαφορετικές πόλεις-περιοχές (Αθήνα, Ιωάννινα, Ρέθυμνο) με στόχο τη δημιουργία μιας κοινότητας εκπαιδευτικών που θα ενδιαφέρονται, θα ασχολούνται και θα προωθούν το θέμα της διδασκαλίας των φφε στο δημοτικό σχολείο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-702.
- Akerson V. L., Cullen T. A., Hanson D. L. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1090-1113.
- Akerson V., Buck G., Donnelly L., Nargund-Joshi V., Weiland I. (2011a). The importance of teaching and learning nature of science in the early childhood years. *Journal of Science Education Technology*, 20(5), 537-549
- Akerson, V. L., & Abd-El-Khalick, F. S. (2003). Teaching elements of nature of science: A year long case study of a fourth grade teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1025-1049.
- Akerson, V. L., & Volrich, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 377-394.
- Akerson, V. L., Buck, G. A., Donnelly, L. A., Nargund-Joshi, V., & Weiland, I. S. (2011b). The importance of teaching and learning nature of science in the early childhood years. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 537-549.
- Appleton, K. (2006). Science pedagogical content knowledge and elementary school teachers. In K. Appleton (Ed.), *Elementary science teacher education: International perspectives on contemporary issues and practice* (pp. 31–54). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum in association with the Association for Science Teacher Education.
- Capps, K. D., & Crawford, A. B. (2012). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening?. *Journal of Science Teacher Education*, 24(3), 497-526.
- Clough, M. P., & Olson, J. K. (2004). The nature of science: Always part of the science story. *The Science Teacher*, 71(9), 28-31.
- Δ.Ε.Π.Π.Σ., ΥΠΕΠΘ (2002). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Π/θμιας Εκπαίδευσης και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών Δημοτικού*.
- Grandy, R.E. & Duschl, R.A. (2007). Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*, 16 (No. 2), 141-166.
- Hanuscin, D. L., Lee, M. H., & Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, 95(1), 145-167.
- Kim, B. S., Ko, E. K., Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2005). Changes in teachers' pedagogical skills related to nature of science. Paper presented at the *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Dallas, TX.
- Lau, K. C. (2011). *Knowledge and skills that science teachers need for teaching the nature of science*. Doctoral dissertation.

- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-880). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Lederman, N.G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-29.
- Matthews, M. (1998). The nature of science and science teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 981-999). Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. (2005, July). Teaching the nature of science: What illustrations and examples exist in popular books on the subject. In *Eighth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference*, Leeds, UK (July 15-18).
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*, Maidenhead-Philadelphia: Open University Press.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.
- Πήλιουρας Π., Ιωακειμίδου Σ., Κρασιάκης Α., Πλακίτση Κ. (2103). «Διδάσκοντας ρητά και αναστοχαζόμενοι επί όψεων της Φύσης των Φυσικών Επιστημών. Ένα πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης εστιασμένο στην ανάλυση των λόγων τους». *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΠΕΣΣ, «Σύγχρονες Διδακτικές Προσεγγίσεις»*, Κόρινθος, 23-24 Νοεμβρίου 2014.
- Πλακίτση, Κ., Σπύρτου, Α., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Γ., Κολιός, Ν., Ριζάκη, Α., Σταμούλης, Ε., Ζουπίδης, Α., Παπαδοπούλου, Π., Τσαπαρλής, Γ. (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού για το "Νέο Σχολείο"*. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Αθήνα.
- Ryder, J., & Leach, J. (2008). Teaching about the epistemology of science in upper secondary schools: An analysis of teachers' classroom talk. *Science and Education*, 17(2-3), 289-315.
- Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
- Seroglou, F., & Adúriz-Bravo, A. (2007). Designing and evaluating nature-of-science activities for teacher education. Paper presented at the *9th International History, Philosophy and Science Teaching Conference*, June 24-28, 2007, Calgary, Canada.

Η διδασκαλία των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών: Μια προσέγγιση υπό το πρίσμα της θεωρίας της δραστηριότητας

Ευθύμιος Σταμούλης¹ & Κατερίνα Πλακίτση²

^{1,2} ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, estamoulis@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τη δεκαετία του 1980, έχουν αναπτυχθεί σ' όλο τον κόσμο πολλά και διαφορετικά προγράμματα με κύριο θέμα την υποστήριξη της διδασκαλίας της επιστήμης και της τεχνολογίας στα δημοτικά σχολεία. Η Ελλάδα δε εξαιρείται απ' αυτή την προσπάθεια. Δύο βασικά στοιχεία χαρακτηρίζουν την διδακτική προσέγγιση των ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων στο Νέο πρόγραμμα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού: η αφηγηματική γραμμή και η δραστηριότητα. Τα στάδια στην ανάπτυξη μιας επιστημονικής έννοιας καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας μπορούν να αναπαρασταθούν ως μια αφηγηματική γραμμή (story line), και η δραστηριότητα αποτελεί κάθε διαδικασία που έχει έναν συγκεκριμένο στόχο, ο οποίος διαμορφώνει το πλαίσιο και αποτελεί ταυτόχρονα και το κίνητρο. Η δραστηριότητα αποτελείται από τις διαφορετικές στοχο-οριοθετημένες δράσεις οι οποίες διαμορφώνονται από αυτοματοποιημένες λειτουργικές διαδικασίες (πράξεις - ενέργειες). Κάθε έννοια του ηλεκτρομαγνητισμού μπορεί έτσι να αποτελέσει μια δραστηριότητα αλλά και η διδασκαλία της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού επίσης αποτελεί δραστηριότητα.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών, ηλεκτρομαγνητισμός, αφηγηματική γραμμή, δραστηριότητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ηλεκτρομαγνητισμός είναι ένας μια τις τέσσερις θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις στη φύση, μαζί με τη βαρύτητα, την ισχυρή αλληλεπίδραση και την ασθενή αλληλεπίδραση. Το πεδίο του ηλεκτρομαγνητισμού αποτελεί ένα μεγάλο μέρος της σύγχρονης διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Ο Ηλεκτρομαγνητισμός έχει παίξει ζωτικό ρόλο στην εξέλιξη του ανθρώπινου είδους από τότε έχει γίνει κατανοητός. Οι ηλεκτρομαγνήτες βρίσκονται παντού. Κάποιος μπορεί να τους βρει στα ηχεία, στα κουδούνια, στα συστήματα ασφαλείας στο σπίτι, στους σκληρούς δίσκους, στα κινητά τηλέφωνα, στα μικρόφωνα,

στα τραίνα Maglev, στους κινητήρες και σε πολλές άλλες καθημερινές συσκευές και προϊόντα. Παίζει κάποιο ρόλο σχεδόν κάθε τομέα της κοινωνικής ζωής. Κάθε μαθητής είναι απαραίτητο να έχει μια εικόνα του ηλεκτρομαγνητισμού κατά τη διάρκεια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για να κατανοήσει τις μελλοντικές προοπτικές του και να ανοίξει το μυαλό του σε ένα ευρύ ωκεανό των ιδεών.

Η διδακτική προσέγγιση του ηλεκτρομαγνητισμού μπορεί να αυξήσει την περιέργεια των μαθητών και των μαθητριών, τη διάθεσή τους να πειραματιστούν, να εμπλακούν σε διερευνητικές δραστηριότητες, να αλληλεπιδράσουν και εν τέλει να αυτενεργήσουν. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον μάθησης προάγεται η διαπραγμάτευση των ιδεών και η επιχειρηματολογία. Διδακτικά, αυτό σημαίνει, ότι μπορούν να αναπτυχθούν δραστηριότητες, στις οποίες δίνεται ιδιαίτερο προβάδισμα στο κοινωνικό επίπεδο, εφόσον η διαδικασία της μάθησης αντιμετωπίζεται ως μια συνεχής διαδικασία διαμεσολάβησης ανάμεσα στον εκπαιδευτικό (ή άλλα πρόσωπα), τους μαθητές και τις μαθήτριες (Πλακίτση et al., 2014). Ως εκ τούτου, ο ηλεκτρομαγνητισμός θεωρείται ένα από τα πλέον κατάλληλα αντικείμενα της Σχολικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, του οποίου η μάθηση περιλαμβάνει το πέρασμα από το κοινωνικό στο προσωπικό επίπεδο.

ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

Από τη δεκαετία του 1980, έχουν αναπτυχθεί σ' όλο τον κόσμο πολλά και διαφορετικά προγράμματα με κύριο θέμα την υποστήριξη της διδασκαλίας της επιστήμης και της τεχνολογίας στα δημοτικά σχολεία (American Association for the Advancement of science(AAAS), 1994; Kim, Tan, & Talaue, 2013; National Research Council (NRC), 1996, 2013; Pruitt, 2014) Η Ελλάδα δε εξαιρείται απ' αυτή την προσπάθεια. Από τη δεκαετία του 1980 που γράφτηκαν τα νέα βιβλία έχουν γίνει αρκετές νέες προσπάθειες για τη μελέτη των αναλυτικών προγραμμάτων (Πράμας & Κουμαράς, 2008).

Ο ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΝΕΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

Δύο βασικά στοιχεία χαρακτηρίζουν την διδακτική προσέγγιση των ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων στο Νέο πρόγραμμα Σπουδών των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού: η αφηγηματική γραμμή και η δραστηριότητα.

Από την Α' έως την Δ' τάξη τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα εισάγονται ξεχωριστά ακολουθώντας την ιστορική εξέλιξη των φυσικών επιστημών (σχήμα 1).

Ειδικότερα:

- Στην **Α' τάξη** οι μαθητές και οι μαθήτριες έρχονται σε επαφή με απλά μαγνητικά φαινόμενα (Ενότητα 4.6).
- Στη **Β' τάξη** μελετούν τις ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούν στα σπίτια τους (Ενότητα 6.2).
- Στη **Γ' τάξη** μελετούν τις ιδιότητες των μαγνητών (Ενότητα 3.2).
- Στην **Δ' τάξη**, με αφετηρία την αντιπαράθεση των επιστημόνων Βόλτα και Γκαλβάνι, παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα από απλό ηλεκτρικό στοιχείο (λεμόνι και ηλεκτρόδια) και κατασκευάζουν ένα απλό κύκλωμα. Στην αρχή το κύκλωμα

- αποτελείται από το ηλεκτρικό στοιχείο που έχουν κατασκευάσει ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιούν μπαταρία, διακόπτη και λαμπάκι (Ενότητα 3.3).
- Στην Ε' τάξη τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα ενοποιούνται. Στην Ε' τάξη η ιστορική εξέλιξη της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού από τον 15^ο έως τον 19^ο αιώνα αποτελεί την «**κυρίαρχη δραστηριότητα**» με βασικό χαρακτηριστικό της διδακτικής προσέγγισης τη δημιουργία της «**αφηγηματικής γραμμής**» (Stinner et al. 2003).

Σχήμα 1: Η οργάνωση της διδασκαλίας του ηλεκτρομαγνητισμού στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών



Για τη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού στο νέο Πρόγραμμα Σπουδών ακολουθούνται τα ιστορικά στάδια της ανάπτυξης της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού όπως αυτή διαμορφώθηκε από το έργο των επιστημόνων: Τζιλμπερτ – Ντι Φέι – Φραγκλίνου – Γκαλβάνι – Βόλτα – Έρστεντ – Αμπερ – Φαραντέϊ. Από τη διαφοροποίηση των ηλεκτρικών από τα μαγνητικά φαινόμενα, οδηγούμαστε στην ενοποιητική έννοια του ηλεκτρομαγνητισμού και τις εφαρμογές του, πάνω στις οποίες στηρίζεται ο σύγχρονος πολιτισμός.

Για παράδειγμα:

- Από την ιστορική αντιπαράθεση Βόλτα – Γκαλβάνι, εμπνεόμαστε και προκαλούμε την κατασκευή ενός απλού ηλεκτρικού στοιχείου (μπαταρία).
- Από το ιστορικό πείραμα του Έρστεντ οδηγούμαστε στην ενοποιητική έννοια του ηλεκτρομαγνητισμού

Η πορεία από τα μαγνητικά και ηλεκτρικά φαινόμενα προς τις εφαρμογές του ηλεκτρομαγνητισμού, εμπνέεται από ιστορικές αντιπαραθέσεις επιστημόνων (Βόλτα – Γκαλβάνι), ιστορικά πειράματα (Έρστεντ) και μεγάλες ανακαλύψεις (Φαραντέϊ).

Μπορεί, επίσης, να γίνει σύνδεση και με άλλα πρόσωπα που έπαιξαν σημαντικό ρόλο ή με ιστορικά γεγονότα, που διαδραματίστηκαν κατά τη διάρκεια της ζωής αυτών των επιστημόνων σε διάφορους τομείς, όπως Φιλοσοφία, Κοινωνικές Επιστήμες, Πολιτική, Λογοτεχνία (π.χ. «Φυσικής Απάνθισμα» Ρήγα Φεραίου (1790).

α. αφηγηματική γραμμή (story-line).

Οι επιστημονικές έννοιες αναπτύσσονται στη διάρκεια του χρόνου με τη συμβολή των απόψεων διαφόρων επιστημόνων. Άλλες απόψεις εξελίσσονται με τη συμβολή νέων δεδομένων άλλες ενδυναμώνονται με νέα επιχειρήματα ενώ άλλες απορρίπτονται. Μερικές φορές οι επιστήμονες ερμηνεύουν τα φαινόμενα διαφορετικά και επεκτείνουν ή τροποποιούν τις προηγούμενες θεωρίες. Αυτή η επιστημονική διαδικασία συνεχίζεται καθώς οι έννοιες αναπτύσσονται καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας. Τα στάδια στην ανάπτυξη μιας επιστημονικής έννοιας καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας μπορούν να αναπαρασταθούν ως μια αφηγηματική γραμμή (story line). Οι Stinner & Williams (1998) βεβαίωσαν ότι η ουσία των συζητήσεων μεταξύ των επιστημόνων θα μπορούσε να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να συμμετέχουν σε παρόμοιες συζητήσεις με τους μαθητές τους. Η δημιουργία μιας «αφηγηματικής» γραμμής (μπορεί να είναι ιστορική) που θα ενεργοποιήσει τους μαθητές και θα αναδειχτεί μέσα από μια κεντρική ιδέα μπορεί να αποτελέσει τη βασική διδακτική προσέγγιση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Ο προσδιορισμός ενός σημαντικού γεγονότος που να συνδέεται με πρόσωπο ή πρόσωπα και εύρεση αντίθετων ζευγαριών ή συγκρουόμενων χαρακτήρων ή γεγονότων μπορεί να είναι κατάλληλα να συμπεριληφθούν σε κάθε σταθμό της αφηγηματικής γραμμής (Stinner et al., 2003, Hadzigeorgiou, 2006). Η προσέγγιση των άλλων προσώπων αρκεί να διαρκεί λίγα λεπτά κάθε φορά ίσα ίσα να γίνεται η σύνδεση των επιστημόνων που μας ενδιαφέρουν με τους σύγχρονους της εποχής τους ώστε οι μαθητές να δημιουργούν τις κατάλληλες συνδέσεις.

Ο Stinner με τους συνεργάτες του (2003) υπογράμμισαν τη σημασία της βαθμίδας για τη χρήση της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών επιστημών με τη δημιουργία μιας αφηγηματικής γραμμής. Για παράδειγμα προτείνουν στους μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, η φαντασία να αποτελεί τη βάση της δημιουργίας της αφηγηματικής γραμμής, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση η ιστορία μπορεί να αποτελεί τη αφετηρία της δημιουργίας της αφηγηματικής γραμμής ενώ σε πανεπιστημιακό επίπεδο ή σε επιμορφωτικά προγράμματα λογοτεχνικά κείμενα με επιστημονικό ενδιαφέρον μπορούν να αποτελούν ένα πλαίσιο διδασκαλίας.

Οι επιστήμονες Αριστοτέλης, Κοπέρνικος, Γαλιλαίος, Νεύτωνας, Βατ, Γιουνγκ και Μπορ μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για τη δημιουργία μιας αφηγηματικής γραμμής (Dagenais, 2003). Όπως επίσης και οι Τζίλμπερτ, DuFay, Φραγκλίνος, Γκαλβάνι, Βόλτα, Ερστεντ, Αμπερ, και Φαραντέι, αποτέλεσαν τη βάση για τη δημιουργία αφηγηματικής γραμμής στα πλαίσια του προγράμματος Science Teacher e-Training (STeT) - Teaching Science using case studies from the History of Science της Ε.Ε. (Comenius 2.1)

Στο πλαίσιο της «αφηγηματικής γραμμής» μπορεί να χρησιμοποιηθούν ποικίλες στρατηγικές για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, όπως η δραματοποίηση, το παιχνίδι ρόλων, ιστορικά πειράματα, βιογραφίες των επιστημόνων που μελέτησαν τον ηλεκτρομαγνητισμό, κ.λπ. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ποικιλία διδακτικών εργαλείων, όπως ο σχεδιασμός και η παρουσίαση αφισών, συζήτηση με αφορμή ένα ιστορικό πρόσωπο, αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο, δημιουργία παρουσιάσεων με χρήση ΤΠΕ, έρευνα πεδίου κ.λπ.

β. η δραστηριότητα

Σύμφωνα με την Πολιτιστική Ιστορική Θεωρία Δραστηριότητας (CHAT), η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να οριστεί ως μια διαδικασία που έχει έναν συγκεκριμένο στόχο, ο οποίος διαμορφώνει το πλαίσιο και αποτελεί ταυτόχρονα και το κίνητρο της δραστηριότητας. Αποτελείται από τις διαφορετικές στοχο-οριοθετημένες δράσεις οι οποίες διαμορφώνονται από αυτοματοποιημένες λειτουργικές διαδικασίες (πράξεις - ενέργειες). Η δραστηριότητα απεικονίζει μια ιδιαίτερη πλευρά της κοινωνικής συνύπαρξης των ανθρώπων και αποτελεί μια σκόπιμη αλλαγή της φυσικής και κοινωνικής πραγματικότητας (Davydov, 1999). Οι δραστηριότητες είναι μακροπρόθεσμοι σχηματισμοί των οποίων τα αντικείμενα μετασχηματίζονται σε αποτελέσματα διαμέσου μιας διαδικασίας, η οποία τυπικά συνίσταται σε σημαντικά βήματα και φάσεις (Jonassen & Murphy-Rohrer, 1999).

Ο Leontyev συνέλαβε τη δραστηριότητα ως ένα σύστημα που συντονίζει και ταυτόχρονα οριοθετείται από τα γενικά ανθρώπινα κίνητρα. Με μια στενότερη έννοια, είναι μια μονάδα της ζωής, διαμεσολαβούμενη από νοητική αντανάκλαση, που η πραγματική της λειτουργία είναι να προσανατολίσει το υποκείμενο στον αντικειμενικό κόσμο (Leontyev, 2009a). Με άλλα λόγια, η δραστηριότητα δεν είναι μία αντίδραση ή ένα σύνολο αντιδράσεων σε εξωτερικούς παράγοντες, αλλά ένα σύστημα που έχει δομή, και τις δικές του εσωτερικές διαδικασίες και μετασχηματισμούς και παρουσιάζει δική του αναπτυξιακή διαδικασία. Ο Leontyev ωστόσο εισήγαγε την έννοια της *κυρίαρχης δραστηριότητας* (leading activity) η οποία κυριαρχεί μεταξύ των δραστηριοτήτων στις οποίες συμμετέχει το παιδί κατά τη διάρκεια της ζωής του. Η ζωή ή η δραστηριότητα, επισημαίνει ο Leontyev, δεν κατασκευάζεται μηχανικά αλλά οικοδομείται από διαφορετικούς τύπους δραστηριοτήτων (Leontyev, 2009b).

Τα παραδοσιακά στάδια ανάπτυξης σχεδιάστηκαν σε σχέση με το είδος της δραστηριότητας που κυριαρχεί στις ζωές των ανθρώπων σε μια δεδομένη ηλικία. Η *κυρίαρχη δραστηριότητα* είναι ιδιαίτερα ισχυρή πηγή των κινήτρων (Leontyev, 2009b, p. 359). Μια σύντομη συσχέτιση μεταξύ των τυπικών σταδίων ανάπτυξης και της κυρίαρχης δραστηριότητας μας δίνουν οι Cole & Engeström (Cole & Engeström, 2007) όπως παρακάτω:

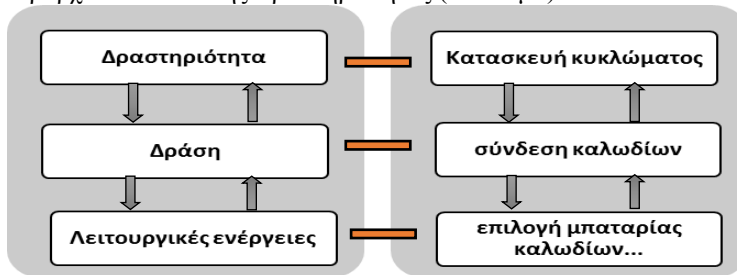
- Η αρχική κύρια δραστηριότητα είναι ο συντονισμός με την ομάδα της οικογένειας, στην οποία κανείς γεννιέται.
- Στην προσχολική ηλικία το παιχνίδι αποτελεί την κυρίαρχη δραστηριότητα.
- Στη σχολική ηλικία η τυπική μάθηση γίνεται κυρίαρχη δραστηριότητα.
- Αργότερα στην εφηβεία οι σχέσεις με τους συνομήλικους γίνονται η κυρίαρχη δραστηριότητα.
- Στην ώριμη ηλικία μετά την ηλικία των 18-19, η εργασία και το έργο αποτελούν την κυρίαρχη δραστηριότητα.

Ο ηλεκτρομαγνητισμός, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα μέρος της τυπικής μάθησης ως κυρίαρχης δραστηριότητας στη σχολική ηλικία, καθώς τα παιδιά εκτελούν αρκετές δραστηριότητες με το ηλεκτρικό ρεύμα είτε στα παιχνίδια τους είτε στην

καθημερινή ζωή. Ο ηλεκτρομαγνητισμός αποτελεί βασικό κεφάλαιο των φυσικών επιστημών καθώς στην εξέλιξή του βασίζεται ολόκληρος ο σύγχρονος πολιτισμός με τη παραγωγή και τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος. Μόνο ο ηλεκτρικός φωτισμός έχει κάνει την ανάγνωση και τη μελέτη το βράδυ δυνατή και εδώ και εκατό χρόνια η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας μεταβάλλει ριζικά τα μαθησιακά περιβάλλοντα στα περισσότερα σπίτια και σχολεία. Η ηλεκτροδότηση έχει παίξει ένα μεγάλο ρόλο στην εκπαίδευση, κυρίως στον τομέα των επιστημών, και η πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια έχει ενισχύσει τη μάθηση με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους.

Οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται ως ατομικές και συνεργατικές δράσεις. Το κίνητρο της δραστηριότητας είναι να μετατρέψει το αντικείμενο σε αποτέλεσμα. Σ' αυτό το επίπεδο η δράση εξαρτάται από το πολιτισμικό πλαίσιο, και υποστηρίζεται από τις λειτουργικές διαδικασίες που είναι *αυτοματοποιημένες συμπεριφορές και ενέργειες* που έχει ήδη μάθει το άτομο. (Barab, Evans, & Baek, 2004; Engeström, 1999b; Kuutti, 1996; Taylor, Susanne, & Klokmoose, 2011). Ένα παράδειγμα της *λειτουργικής διαδικασίας* μπορεί να είναι η κατασκευή ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (Σχήμα 2). Στην αρχή κάθε βήμα της διαδικασίας (σύνδεση ενός καλωδίου με το θετικό πόλο της μπαταρίας και τον λαμπτήρα - ενός άλλου καλωδίου με τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας και το ένα άκρο του διακόπτη - σύνδεση καλωδίου με το άλλο άκρο του διακόπτη και με τον λαμπτήρα) είναι μια συνειδητή δράση που πραγματικά χρειάζεται σχεδιασμό, αλληλουχία και λήψη αποφάσεων. Πολλές φορές είναι αναγκαίος και ένας σύντομος σχεδιασμός της συνδεσμολογίας. Σύντομα όμως οι συνειδητές ενέργειες αρχίζουν να μετατρέπονται σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες.

Σχήμα 2. Ιεραρχικά επίπεδα της Δραστηριότητας (κύκλωμα)

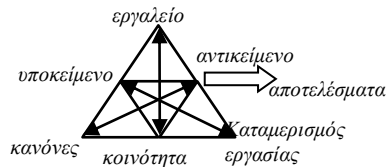


Μετά από εξάσκηση η συνδεσμολογία ενός απλού κυκλώματος γίνεται εύκολα και αυτοματοποιημένα. Τα παραδείγματα δείχνουν ότι μια ενέργεια μπορεί να εκτελεστεί ταυτόχρονα σε διάφορα επίπεδα αφαίρεσης (Haenen, Schrijnemakers, & Stufkens, 2003). Αυτές οι πράξεις των λειτουργικών διαδικασιών ανάλογα με την άνεση και την ταχύτητα που πραγματοποιούνται διευρύνουν το πεδίο εφαρμογής των δράσεων και αποτελούν ένα τυπικό χαρακτηριστικό της ανθρώπινης ανάπτυξης (Kuutti, 1996; Leontyev, 2009b).

Την επέκταση του τριγωνικού προτύπου την οφείλουμε στον M. Cole και κυρίως στον Y. Engeström, οι οποίοι έδωσαν νέα ώθηση στην εννοιολογική αποσαφήνιση της

δραστηριότητας (Σχήμα 3). Οι Cole & Engeström (2007) καθόρισαν τρεις βασικές παραμέτρους της δραστηριότητας: Πρώτον, κάθε δραστηριότητα είναι μια ενιαία μονάδα, η κατανόηση και η μελέτη της οποίας δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μελέτη των επιμέρους τμημάτων της (Engeström, 1999b). Δεύτερον, οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν ενδο- και δια- αντιφάσεις που οδηγούν σε μεταβολές του ποσοστού συμμετοχής, της παραγωγής των μελών της (Engeström, 1999a), και τέλος, επέκτεινε την έννοια της δραστηριότητας. Η δραστηριότητα δεν αφορά μόνο ένα υποκειμένο, ένα αντικείμενο, και τα εργαλεία με τα οποία μεσολαβούν οι ενέργειες του υποκειμένου, αλλά περιλαμβάνει επίσης τους κανόνες και τον καταμερισμό της εργασίας που διοργανώνουν δραστηριότητες σε μια κοινότητα (Engeström, 1987).

Σχήμα 3. Μοντέλο της θεωρίας της δραστηριότητας (Activity System Model) (Engeström, 1987)

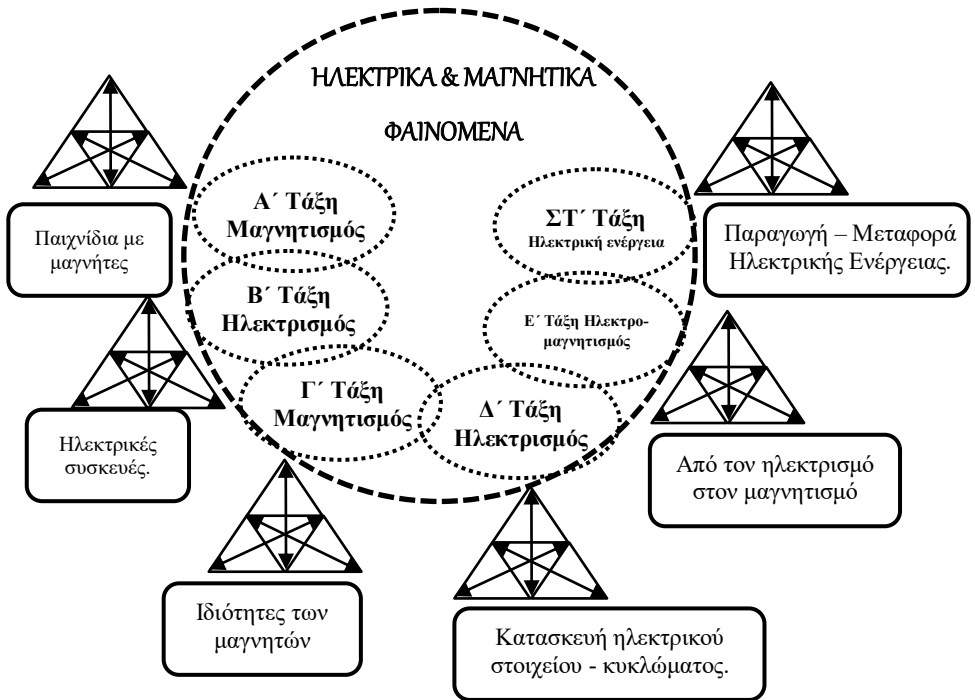


Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα ως δραστηριότητα στο Νέο πρόγραμμα Σπουδών

Έτσι, για κάθε επιμέρους στοιχείο που αποτελεί προϋπόθεση για την εννοιολογική κατανόηση από τους μαθητές της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού μπορεί να σχεδιαστεί μια δραστηριότητα η οποία μπορεί να αποτελεί και μια διδασκαλία/μάθημα, σύμφωνα με τη θεωρία της δραστηριότητας, όπως αυτή διατυπώθηκε και εξελίχθηκε από τον Engeström (Cole, 1995; Engeström, Miettinen, & Punamaki, 1999; Engeström & Sannino, 2010; Engeström, 1987, Plakitsi, 2013, Stamoulis, Plakitsi, 2013) (Σχήμα 4). Οι μαθητές συμμετέχουν στη δραστηριότητα για την ανάπτυξη της έννοιας των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων ώστε να δημιουργηθεί ένα σύστημα δραστηριοτήτων.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη μείωση του άγχους των μαθητών που σχετίζονται με την εμπειρία της καινοτομίας όταν αντιλαμβάνονται τις πολιτισμικές διαφορές στο πέρασμα του χρόνου για να αντιμετωπίσουν ζητήματα των πιθανών αντιφάσεων, ενδοατομικών ή εργαλειακών. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να εξηγούν στους μαθητές τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των στοιχείων του τριγώνου της δραστηριότητας. Τι πρέπει να περιμένουν δηλαδή από την εκτέλεση της δραστηριότητας όσον αφορά τη δυναμική των εργαλείων διαμεσολάβησης σε σχέση με τους συμμαθητές τους και άλλους πιθανούς εμπλεκόμενους (π.χ. γονείς), σε σχέση με το αποτέλεσμα της δραστηριότητας, τις συγκεκριμένες δράσεις και ενέργειες που ανάλαβαν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της δραστηριότητας και φυσικά σε σχέση με τους περιορισμούς που τίθενται από τη φύση της δραστηριότητας.

Σχήμα 4. Η ανάπτυξη της έννοιας του ηλεκτρομαγνητισμού στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών



Οι εκπαιδευτικοί είναι απαραίτητο να προσαρμόσουν και να διαφοροποιήσουν το εκπαιδευτικό περιβάλλον σύμφωνα με τις ανάγκες και τις δυνατότητες του κάθε μαθητή. Ένα ισχυρό περιβάλλον μάθησης ενισχύει τη βέλτιστη διαδικασία μάθησης στο οποίο αντανακλώνται οι βασικές πτυχές της μάθησης. Η θεωρία της δραστηριότητας πηγαίνει ένα βήμα παραπέρα τη θεμελιώδη στάση της εποικοδομητικής θέσης υποστηρίζοντας ότι τα «υποκείμενα» σε μια δραστηριότητα μάθησης συνειδητά και ασυναίσθητα συμμετέχουν στο σχηματισμό του αντικειμένου (Engeström, 1999a) και τελικά στο δυναμικό στόχο μάθησης.

Ο κυριότερος περιορισμός του πλαισίου της Θεωρίας της Δραστηριότητας είναι ότι δεν μπορεί να επιλύσει τις δυσκολίες εφαρμογής του σχεδιασμού και των μεθόδων αξιολόγησης. Καθοδηγεί αποτελεσματικά το σχεδιασμό και τις διαδικασίες αξιολόγησης οι οποίες όμως παραμένουν δύσκολες και χρονοβόρες διαδικασίες. Η κατανόηση όλων των λεπτών αποχρώσεων της συμπεριφοράς των χρηστών θα απαιτούσε εντατική τριγωνοποίηση πολλών ερευνητικών μεθόδων.

Προκειμένου να σημειωθεί πρόοδος σε αυτές τις εμπειρικές εργασίες υπάρχει ανάγκη για τη θεωρητική και μεθοδολογική ανάπτυξη, η οποία μας επιτρέπει να εντοπίσουμε και να διερευνήσουμε:

- τους τρόπους με τους οποίους το αντικείμενο της δραστηριότητας μεταβάλλεται και μετασχηματίζεται στο πλαίσιο των συστημάτων δραστηριοτήτων.
- τις συνθήκες στις οποίες εφαρμόζονται τα αποτελέσματα που παράγονται.
- τις λεπτομέρειες των κοινωνικο-πολιτισμικών παραμέτρων.
- τις επιπτώσεις από την τοποθέτηση των υποκειμένων στον κοινωνικό χώρο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American Association for the Advancement of science(AAAS). (1994). *Project 2061: Science for All Americans*. New York.
- Barab, S. A., Evans, M. A., & Baek, E. (2004). Activity theory as a lens for characterizing the participatory the unit. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (pp. 199–214). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cole, M. (1995). Socio-cultural-historical psychology: some general remarks and a proposal for a new kind of cultural-genetic methodology. In J. V. Wertsch & P. D. R. Alvarez (Eds.), *Sociocultural studies of Mind*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cole, M., & Engeström, Y. (2007). Cultural-historical approaches to designing for development. In J. Valsiner & A. Rosa (Eds.), *The Cambridge handbook of sociocultural psychology* (pp. 484–507). New York: Cambridge University Press.
- Davydov, V. (1999). The content and unsolved problems of activity theory. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R. Pumanaki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory*. NY: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by Expanding: An Activity-theoretical Approach to Developmental Research*. Orienta-Konsultit Oy.
- Engeström, Y. (1999a). Activity theory and individual social transformation. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R.-L. Punamäki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory* (pp. 19–38). NY: Cambridge University Press.
- Engeström, Y. (1999b). Introduction to the German edition of Learning by Expanding. In Y. Engeström (Ed.), *Lernen durch Expansion*. Marburg: BdWi-Verlag.
- Engeström, Y., Miettinen, R., & Punamaki, R. (1999). *Perspectives on activity theory*. (Y. Engeström, R. Miettinen, & R. Punamaki, Eds.) (1st ed.). Cambridge University Press.
- Engeström, Y., & Sannino, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5, 1–24. doi:10.1016/j.edurev.2009.12.002
- Haenen, J., Schrijnemakers, H., & Stufkens, J. (2003). Sociocultural Theory and the Practice of Teaching Historical Concepts. In A. Kuzulin, B. Gindis, V. Ageyev, & S. Miller (Eds.), *Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context* (pp. 246–266).

- New York: Cambridge University Press.
- Jonassen, D. H., & Murphy-Rohrer, L. (1999). Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments. *Educational Technology Research & Design*, 47(1), 61–79.
- Kim, M., Tan, A. L., & Talaue, F. T. (2013). New Vision and Challenges in Inquiry-Based Curriculum Change in Singapore. *International Journal of Science Education*, 35(2013), 1–23. doi:DOI: 10.1080/09500693.2011.636844
- Kuutti, K. (1996). Activity Theory as a potential framework for human- computer interaction research. In B. A. Nardi (Ed.), *Context and Consciousness: Activity Theory and Human Computer Interaction* (pp. 17–44). Cambridge: Mit Press.
- Leontyev, A. N. (2009a). *Activity and Consciousness*. Pacifica, CA 94044; USA: Marxists Internet Archive.
- Leontyev, A. N. (2009b). *The Development of Mind*. Printed by Bookmasters, Inc., Ohio: 2009 by Marxists Internet Archive, Erythrós Press and Media.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC.
- National Research Council (NRC). (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC.
- Plakitsi, K. (2013). *Activity Theory in Formal and Informal Science Education*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Pruitt, S. L. (2014). The Next Generation Science Standards: The Features and Challenges. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 145–156. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s10972-014-9385-0
- Stamoulis, E., Plakitsi, K. (2013). Activity Theory, History and Philosophy of Science, and ICT Technologies in Science Teaching Applications. In K. Plakitsi (ed.), *Activity Theory in Formal and Informal Science Education*. Rotterdam: Sense Publishers, p. 111-154.
- Taylor, P., Susanne, B., & Klokrose, C. N. (2011). Human – Computer Interaction The Human – Artifact Model : An Activity Theoretical Approach to Artifact Ecologies The Human – Artifact Model : An Activity Theoretical Approach to Artifact Ecologies, 26(4), 315–371. doi:10.1080/07370024.2011.626709
- Πλακίτση, Κ., Σταμούλης, Ε., Παπαδοπούλου, Π., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Ι., ... Ζουπίδης, Α. (2014). Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών για την Υποχρεωτική Εκπαίδευση – Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό. In Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (Eds.), *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή, «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (pp. 137–172). Ρόδος.
- Πράμας, Χ., & Κουμαράς, Π. (2008). Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην κατεύθυνση της ανάπτυξης «Γνώσεων και Ικανοτήτων για τη ζωή». *Διδασκαλία Των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη*, 27.

Μια διερεύνηση στον ηλεκτρομαγνητισμό μέσα από την (ανα)κατασκευή του «ηλεκτρομαγνητικού στροφέα» του Faraday με απλά υλικά

Νεκτάριος Τσαγλιώτης¹, Ευθύμιος Σταμούλης², Νίκος Κολιός³, Παναγιώτης Πήλιουρας² & Κατερίνα Πλακίτση²

¹ Εργαστήριο ΦΕ στο 9^ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου efepereth@gmail.com

² @fise researching group, University of Ioannina, Phd-estamoulis@sch.gr; Post Doc-
ppiliour@sch.gr; Assoc. Professor - kplakits@gmail.com

³ Ε.Κ.Φ.Ε. Ιωαννίνων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια ιστορική αφήγηση των διερευνήσεων του Faraday (1821) που οδήγησαν στην ανακάλυψη του ηλεκτρομαγνητικού στροφέα, του πρώτου μοτέρ που κατασκευάστηκε με την περιφορά ενός ηλεκτροφόρου καλωδίου γύρω από ένα μαγνήτη, που ήταν βυθισμένος σε υδράργυρο. Στη συνέχεια γίνεται μια (ανα)κατασκευή αυτού του μοτέρ με απλά υλικά, που λειτουργεί με αλατόνερο. Πρόκειται για ένα ενδιαφέρον επεισόδιο στη μελέτη για τη «φύση της επιστήμης», που μπορεί να συγκροτήσει περιεχόμενο για τη διερεύνηση των φαινομένων και των εννοιών του ηλεκτρομαγνητισμού, τόσο μέσα στη σχολική τάξη όσο και στο πλαίσιο επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών (Πήλιουρας *et al.* 2016).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ηλεκτρομαγνητικός στροφέας, Faraday, (ανα)κατασκευή ηλεκτρομαγνητικού στροφέα με απλά υλικά, Νέα Προγράμματα Σπουδών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσέγγιση της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης για την εκπαίδευση των φυσικών επιστημών αποτελεί συχνά το ορνχίο στο οποίο ανατρέχουμε, τόσο για τη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών και των φαινομένων όσο και για την άντληση ιδεών για την εκπαιδευτική πράξη, μέσα από το φίλτρο του διδακτικού μετασχηματισμού και της προσεκτικής εφαρμογής (Binnie 2001). Στην περίπτωση της διδακτικής και μαθησιακής προσέγγισης του ηλεκτρομαγνητισμού, προτείνεται στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών μία αλληλουχία εννοιών και φαινομένων σε όλη τη διάρκεια του Δημοτικού σχολείου (Πλακίτση *et al.* 2011; Σταμούλης & Πλακίτση, 2016), που συγκλίνουν στη διασύνδεση των ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων. Κομβικό σημείο, ακόμα και στα προτεινόμενα σχέδια εργασίας που υπάρχουν στον Οδηγό του Εκπαιδευτικού, φαίνεται να είναι η κατασκευή ενός «μοτέρ» ως εφαρμογή της διασύνδεσης των

ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων (Πλακίτση *et al.* 2014). Το παράδειγμα της (ανα)κατασκευής του «ηλεκτρομαγνητικού στροφέα» του Faraday, μέσα σε ένα πλαίσιο εφαρμογής στη σχολική τάξη, με μία κατάλληλα μετασχηματισμένη ιστορική αφήγηση, φαίνεται να υπηρετεί συστηματικά μια τέτοια προσέγγιση.

Ο MICHAEL FARADAY ΚΑΙ Ο ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΣΤΡΟΦΕΑΣ

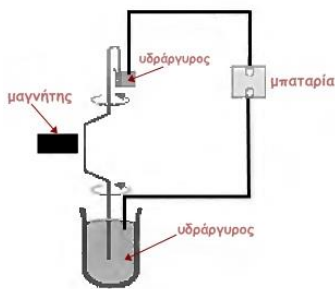
Ο *Michael Faraday* γεννήθηκε στις 22 Σεπτεμβρίου του 1791 στο Newington Butts κοντά στο Λονδίνο, όπου οι γονείς του είχαν μετοικήσει από το Yorkshire που ζούσαν και ο πατέρας του εργαζόταν ως σιδεράς. Κατά την εφηβεία του ο Faraday εργάστηκε ως βοηθός βιβλιοδέτη για οκτώ χρόνια, όπου εκεί προσπάθησε να καλύψει το χαμηλό επίπεδο των σπουδών του στο σχολείο με πολύ διάβασμα από τα βιβλία που έβρισκε διαθέσιμα στο βιβλιοδετείο. Ανέπτυξε ένα ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον για την μελέτη του «βιβλίου της φύσης» (Cantor *et al.* 1991) και τους επιστημονικούς πειραματισμούς κάθε είδους και ιδιαίτερα στο πεδίο του ηλεκτρισμού που τον συνεπήρε από την αρχή της ζωής του (Russell, 2000). Στάθηκε τυχερός όταν ένας ευγενής, που ήταν πελάτης του βιβλιοδετείου, του προσέφερε προσκλήσεις για τις διαλέξεις του περίφημου *Sir Humphrey Davy* (1788-1929) στο Βασιλικό Ινστιτούτο (Royal Institution) του Λονδίνου. Παρακολουθούσε τις διαλέξεις του Davy για 3 χρόνια με μεγάλο ενδιαφέρον και κρατούσε λεπτομερείς σημειώσεις, που έφτασαν τις 300 σελίδες, τις οποίες στη συνέχεια του παρέδωσε σε ένα καλαισθητά δεμένο τόμο, ζητώντας του να γίνει βοηθός του στο εργαστήριο του. Ο Davy εκτίμησε τη χειρονομία του Faraday, αλλά δεν τον δέχτηκε αμέσως, παρά μόνο όταν μια δυσμενή συγκυρία τραυματισμού του το επέβαλε (Cantor *et al.* 1991; Gribbing & Gribbin, 1997). Το 1813, όταν ο Faraday ήταν στα 21 του χρόνια, έγινε βοηθός του Davy, και για τα επόμενα τρία χρόνια τον συνόδευσε σε ταξίδια του στην Ευρώπη, όπου γνώρισε από κοντά όλους τους μεγάλους επιστήμονες της εποχής και έμαθε πολλά πράγματα, παρά τις δυσκολίες που του επέφερε η υποτιμητική σχέση με τη σύζυγο του Davy, η οποία τον αντιμετώπιζε περισσότερο ως υπηρέτη παρά ως επιστημονικό βοηθό (Gooding & James, 1985). Το 1816, ο Faraday κάνει την πρώτη του επιστημονική δημοσίευση για την καυστική άσβεστο της Τοσκάνης και δείχνει ενδιαφέρον για περαιτέρω μελέτες στη χημεία αλλά και στον ηλεκτρισμό. Όμως, η πρώτη ανεξάρτητη μελέτη που διεξάγει είναι εκείνη για τον «ηλεκτρομαγνητικό στροφέα» το Σεπτέμβριο του 1821, λίγες μέρες έπειτα από το γάμο του με τη Sarah Barnard και την προσχώρησή του στην Εκκλησία των Sandemanian, μια μικρή αίρεση της Εκκλησίας της Σκωτίας, που φαίνεται να επηρέασε τον ασκητικό τρόπο ζωής του και την επιμονή στη σαφήνεια και την απλότητα της σκέψης του (Russell, 2000).

Τον Απρίλιο του 1820 *Hans Christian Oersted* (1777–1851) παρουσιάζοντας πειράματα σε ένα εργαστήριο με τους φοιτητές του στο Πανεπιστήμιο της Κοπεγχάγης, παρατήρησε ότι καθώς περνούσε ηλεκτρικό ρεύμα από ένα λεπτό σύρμα πλατίνας που ήταν πάνω από μια πυξίδα, είχε μια επίδραση στην πυξίδα, που την έκανε να στρέφεται προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά, ανάλογα με την πολικότητα της σύνδεσης του καλωδίου με την ηλεκτρική στήλη (μπαταρία). Αυτή ήταν μια πρώτη προσέγγιση της διασύνδεσης

του ηλεκτρισμού με το μαγνητισμό, αφού το ηλεκτροφόρο καλώδιο αποκτούσε «μαγνητικές ιδιότητες» και έστρεφε τη μαγνητική βελόνα, χωρίς να μπορεί να δώσει μια εξήγηση για το περίεργο αυτό φαινόμενο, το οποίο μάλιστα δεν εντυπωσίασε ιδιαίτερα και τους φοιτητές του σ' εκείνο το εργαστήριο, πιθανότατα διότι η αρχική επίδραση ήταν αμυδρή (Cropper, 2001). Την ίδια χρονιά στο Παρίσι, επιστήμονες όπως ο *François Arago* (1786-1853) και ο *André-Marie Ampère* (1775-1836), ακολουθούν τις μελέτες του *Oersted* και διατυπώνουν την προσέγγιση ότι οι μαγνητικές δυνάμεις του διαρρεόμενου αγωγού ήταν κυκλικές, προσδίδοντας μια επίδραση «κυλινδρικού μαγνητισμού» γύρω από το καλώδιο. Δεν είχε παρατηρηθεί ξανά μέχρι τότε μια τέτοια «κυκλική δύναμη» (Nersessian, 1984; Gooding, 1990b; Cropper, 2001).

Πίσω στο Λονδίνο, την ίδια περίοδο (1820-21), ο Davy (κοντά του και ο Faraday), συνέχιζε τις έρευνές του επαναλαμβάνοντας πειράματα του Arago και του Ampère, όπως κι εκείνο όπου είχαν διαπιστώσει ότι ο διαρρεόμενος αγωγός μπορεί να έλκει ρινίσματα σιδήρου. Μόνο που ο Davy, είχε την ιδέα να διασκορπίσει τα ρινίσματα σιδήρου σε ένα χαρτόνι, μέσα από το οποίο περνούσε κατακόρυφα το καλώδιο (αγωγός) και παρατήρησε να σχηματίζεται μια δομή ομόκεντρων κύκλων, κάθετη στο ηλεκτρικό ρεύμα (Gooding & James, 1985). Επίσης, ο *William Hyde Wollaston* (1766-1828), φίλος και συνεργάτης του Davy, είχε υποστηρίξει την ιδέα ότι το ηλεκτρικό ρεύμα διατρέχει ένα καλώδιο με «σπειροειδή τρόπο» (όπως το σχήμα μίας βίδας) και έτσι, έκανε την πρόβλεψη (υπόθεση) ότι εάν το καλώδιο μπορούσε να κινείται ελεύθερα θα περιστρεφόταν γύρω από τον άξονά του, με την παρουσία ενός μαγνήτη. Οι προσπάθειές του όμως να το αποδείξει πειραματικά ήταν αποτυχημένες, αν και ο Ampère το κατάφερε την επόμενη χρονιά (Gooding, 1990a).

Το καλοκαίρι του 1821, ο Faraday επαναλαμβάνει και εξετάζει τα πειράματα που έχουν γίνει μέχρι τότε, προκειμένου να κάνει μια «ιστορική σκιαγράφησή τους» και να τα κατανοήσει σε βάθος (δημοσιεύει τη μελέτη αργότερα, Faraday 1821-22; Nersessian, 1984; Gooding, 1990a). Σημειώνει τις παρατηρήσεις του στο «*Ημερολόγιο*» (Diary), το οποίο αποτελεί μια πραγματικά θαυμαστή οργάνωση διερεύνησης και δημιουργικής επιστήμης (Tweney, 1991).

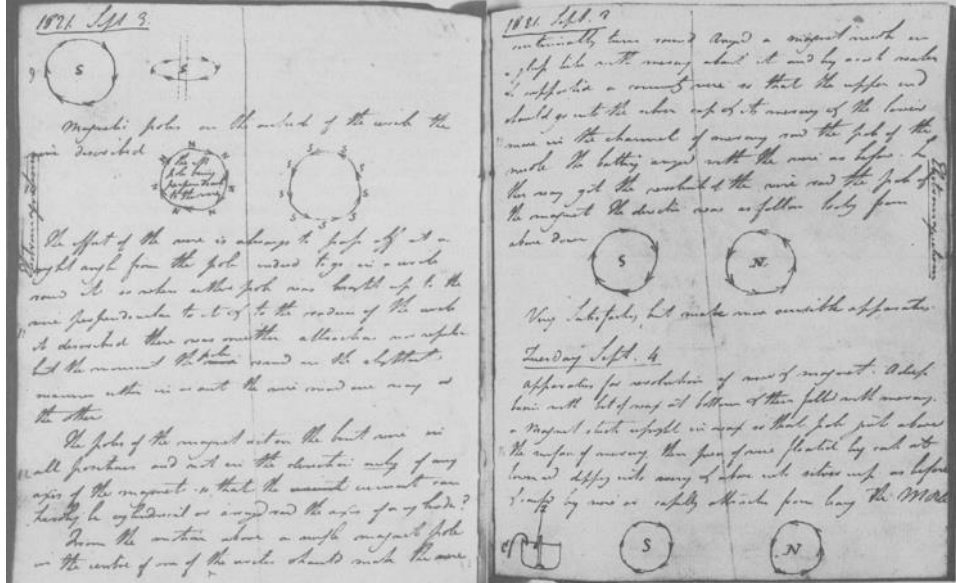


Στις 3 Σεπτεμβρίου του 1821, ξεκινά τους πειραματισμούς και τις σημειώσεις του, εξετάζοντας τη συμπεριφορά μαγνητικών βελόνων-μαγνητών και διαρρεόμενων αγωγών, σε διάφορες θέσεις μεταξύ τους, σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο. Φαίνεται να έφτανε στην άποψη ότι η επίδραση του μαγνήτη δεν θα έκανε το καλώδιο να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του, όπως ισχυριζόταν ο Wollaston, αλλά θα το έκανε να κινείται παράπλευρα, από τη μία και την άλλη μεριά. Κατάφερε να αποδείξει αυτή την ιδέα του με ένα ευφάνταστο πείραμα. Κατασκεύασε μια διάταξη όπου ένα κατακόρυφο σύρμα ήταν στην πάνω μεριά γαντζωμένο και βυθισμένο σε δοχείο με υδράργυρο και στην κάτω μεριά,

μέσα σε ένα άλλο δοχείο, πάλι με υδράργυρο. Έτσι, το σύρμα μπορούσε να στρέφεται ελεύθερα και επίσης να συνδέεται με μία ηλεκτρική στήλη (μπαταρία). Όταν έφερνε ένα μαγνήτη κοντά στο σύρμα (καλώδιο), εκείνο, είτε πλησίαζε προς το μέρος του είτε απομακρυνόταν, ανάλογα με τον πόλο του μαγνήτη που προσέγγιζε. Όταν στη συνέχεια λύγισε το σύρμα σε σχήμα «Π», ώστε ο μαγνήτης να μπορεί να μπαίνει μέσα στο σύρμα, κοντά στη μέση του άξονά του, τότε εκείνο στρεφόταν έτσι, ώστε να πλησιάσει προς το μαγνήτη. Όταν αντέστρεφε γρήγορα το μαγνήτη, προσεγγίζοντας τον άλλο πόλο του στο σύρμα, εκείνο απομακρυνόταν γρήγορα (βλ. παραπάνω εικόνα, Russell, 2000, σ. 63). Εκτελώντας συνεχώς αυτή την εναλλαγή με το μαγνήτη, κατάφερε μια συνεχή κίνηση του λυγισμένου σύρματος. Αυτή ήταν και η πρώτη προσέγγιση του *ηλεκτρομαγνητικού στροφέα* (Gooding, 1990a; 1990b; Russell, 2000). Σημειώνει επίσης στο *Ημερολόγιό* του τον ισχυρισμό για τα καλώδια ότι «... αυτά καταδεικνύουν κινήσεις σε κύκλους γύρω από κάθε πόλο» του μαγνήτη. Αυτό φαίνεται να είναι μια διαίσθηση που θα επιβεβαιώνει μέσα από το επόμενο διάσημο πείραμα, που μάλλον όμως προέκυψε μέσα από εκείνα που μάθαινε και κατέγραφε στην πορεία των πειραμάτων αυτής της ημέρας (Gooding & James, 1985; Gooding, 1990b).

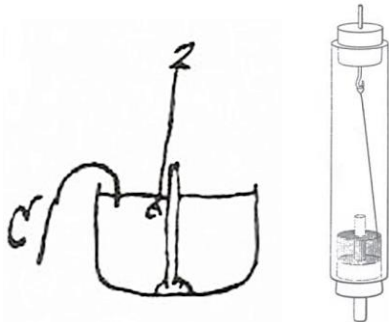
Στις επόμενες δύο σελίδες του *Ημερολογίου* της ίδιας μέρας (πρβλ. Εικ. 1) κατασκευάζει μία διάταξη για να διαπιστώσει αν ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο μπορεί να περιστρέφεται γύρω από ένα σταθερό μαγνήτη (Martin, 1932-36/2008; Gooding, 1990b). Στερεώνει κατακόρυφα ένα κομμάτι σύρμα, πάνω σε ένα οριζόντιο άξονα, γαντζωμένο μέσα σε ένα δακτύλιο, προκειμένου να έχει δυνατότητα περιστροφής. Τοποθετεί ένα μαγνήτη μέσα σε ένα δοχείο και τον σταθεροποιεί στο κέντρο του με λίγο κερί. Στη συνέχεια, γαντζώνει ένα δεύτερο σύρμα μέσα στο δοχείο στο πλάι του και ρίχνει μέσα υδράργυρο μέχρι λίγο πιο κάτω από το ύψος του μαγνήτη. Συνδέει τον ένα πόλο της μπαταρίας με το μεταλλικό οριζόντιο άξονα στήριξης που κρέμεται το καλώδιο και τον άλλο πόλο με το γαντζωμένο καλώδιο, που βρίσκεται στο πλάι του δοχείου που περιέχει το μαγνήτη και τον υδράργυρο. Το κατακόρυφο σύρμα, που η άκρη του είναι βυθισμένη μέσα στον υδράργυρο και βρίσκεται σε μικρή ακτίνα μακριά από το μαγνήτη, αρχίζει να περιστρέφεται γύρω του! (βλ. ένα αρχικό του σκίτσο στην Εικ. 2. αριστερά). Ενθουσιάζεται, μάλλον, ο Faraday, αλλά σημειώνει στο *Ημερολόγιό* του με νόημα «πολύ ικανοποιητικό, αλλά να φτιάξω μια πιο κατανοητή συσκευή» (την επόμενη χρονιά κατασκεύασε κι εκείνη που υπάρχει στην Εικ. 3). Φαίνεται ότι, ακόμα και την επόμενη στιγμή αυτής της μεγάλης επιτυχίας του, σκέφτεται πώς θα κάνει κατανοητό στην κοινότητα το εύρημά του. Όντως κατασκευάζει μια βελτιωμένη συσκευή την επόμενη μέρα και λίγο αργότερα ένα μοντέλο μέσα σε ένα σωλήνα (βλ. αντίστοιχα Εικ. 2 δεξιά), στο οποίο αρκεί η προσθήκη υδράργυρου και η σύνδεση με μία μπαταρία για να δουλέψει (Gooding & James, 1985; Gooding, 1990b).

Εικ. 1: Οι δύο σελίδες από το «Ημερολόγιο» του Faraday, 3 Σεπτεμβρίου του 1821, οι οποίες απεικονίζουν τους πειραματισμούς της ημέρας και τα επεξηγηματικά σχήματα που καταλήγουν στην κατασκευή του ηλεκτρομαγνητικού στροφέα (Cantor *et al.*, 1991, σσ. 50-51).



Ο Faraday φαίνεται να έχει επίγνωση ότι η μελέτη αυτή θα του φέρει μεγάλη διεθνή αναγνώριση και καταξίωση και συνεχίζει να εργάζεται εντατικά για να δημοσιεύσει (Steinle, 1995). Μέσα σε μία εβδομάδα (11 Σεπτεμβρίου 1821) ολοκληρώνει μία 20σελιδή εργασία για δημοσίευση (Faraday, 1821). Ίσως πάνω στη βιασύνη του, λησμονεί να παραπέμψει στις αρχικές ιδέες του Wollaston περί περιστροφής του καλωδίου, αν και η ιδέα εκείνου αναφερόταν γύρω από τον άξονά του, ενώ ο Faraday ενδιαφερόταν και διατύπωνε εικασίες για άλλα, πρωτόγνωρα είδη κινήσεων περιφοράς του καλωδίου, έξω από το γνωστό πλαίσιο της εποχής (Nersessian, 1984; Steinle, 1995). Έτσι, κατηγορείται για πλαгиαρισμό και ασέβεια προς τον Wollaston. Αντιμετωπίζει συνετά τις κατηγορίες, με αλληλογραφία και συναντήσεις και το ζήτημα παραμερίζεται, ακόμα και από τον ίδιο τον Wollaston. Όμως, ο Davy, δύο χρόνια αργότερα (1823), δημοσιεύει και πάλι για το ζήτημα του πλαгиαρισμού και παράλληλα βάζει εμπόδια για την εκλογή του Faraday στη Royal Society, αλλά τελικά, ο άλλοτε βοηθός και συνεργάτης του, εκλέγεται πανηγυρικά ως μέλος, ίσως με μόνη τη δική του καταψήφιση (Russell, 2000; Cropper, 2001).

Εικ. 2: Το πρώτο σκίτσο που έφτιαξε ο Faraday για τον *ηλεκτρομαγνητικό στρόφρα* (αριστερά) και το μοντέλο σε σωλήνα (δεξιά).



Εικ. 3: Μια αυθεντική συσκευή που είχε κατασκευάσει ο Faraday το 1822 (Royal Institution, Μουσείο Faraday).



(ΑΝΑ)ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ «*ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΣΤΡΟΦΕΑ*» ΤΟΥ FARADAY ΜΕ ΑΠΛΑ ΥΛΙΚΑ

Για μια σύγχρονη κατασκευή του *ηλεκτρομαγνητικού στρόφρα* (μοτέρ) Faraday με απλά υλικά, χρησιμοποιείται η προσέγγιση των «αλουμινοκαλωδίων» για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, όπου τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις είναι λωρίδες αλουμινόχαρτου πλάτους 5 εκ. περίπου, διπλωμένες 3 φορές στη μέση, κατά πλάτος (πρβλ. <http://efepereth.wikidot.com/aluminumwires-circuits>). Επίσης, το καλώδιο που περιστρέφεται γύρω από το μαγνήτη, βυθισμένο κατά ένα μικρό μέρος μέσα στο διάλυμα αλατόνευρο του δοχείου, είναι και εκείνο κατασκευασμένο από μία λωρίδα αλουμινόχαρτου (βλ. Εικ. 5).

Για την κατασκευή του *ηλεκτρομαγνητικού στρόφρα* (μοτέρ) θα χρειαστούμε την ακόλουθη λίστα υλικών (βλ. επίσης Εικ. 4):

- ✓ ένα πλαστικό μπουκάλι του 1,5 λίτρου, για δεύτερη χρήση, από την ανακύκλωση
- ✓ ένα μεγάλο ποτήρι με νερό ή περίπου μισό μπουκάλι του 1,5 λίτρου, που κόβουμε από ένα δεύτερο μπουκάλι
- ✓ ένα μεγάλο καλαμάκι από σουβλάκι ή ένα λεπτό ξυλάκι με μήκος περίπου 30 εκ.
- ✓ ένα ρολό αλουμινόχαρτο κουζίνας, για να κόψουμε τις λωρίδες για τα [αλουμινοκαλώδια](#)
- ✓ κολλητική ταινία (σελοτέιπ) ή καλύτερα μονωτική ταινία
- ✓ αλάτι, όσο χωράει ένα μικρό ποτήρι κρασιού ή περίπου 12-15 κουταλιές του γλυκού
- ✓ ένα (ισχυρό) ραβδόμορφο κυλινδρικό [μαγνήτη AlNiCo](#)
- ✓ δύο μπαταρίες των 4,5 Volt (μεγάλες πλακέ), που θα συνδέσουμε με αλουμινοκαλώδιο στη σειρά
- ✓ κουτάλι για ανακάτεμα
- ✓ χάρακα για να κόψουμε λωρίδες το αλουμινόχαρτο και να φτιάξουμε τα αλουμινοκαλώδια

- ✓ συνδετήρες απλούς μεταλλικούς και χωρίς μόνωση πλαστικού, κατά προτίμηση νούμερο 2
- ✓ ψαλίδι ή κοπίδι
- ✓ μολύβι ή μαρκαδόρο
- ✓ λίγη απλή ή κολλητική πλαστελίνη

Εικ. 4: Τα απλά και καθημερινά υλικά που χρησιμοποιούμε για την κατασκευή του ηλεκτρομαγνητικού στροφέα (μοτέρ) Faraday. Χρειάζεται να προμηθευτούμε το μαγνήτη και τις μπαταρίες.

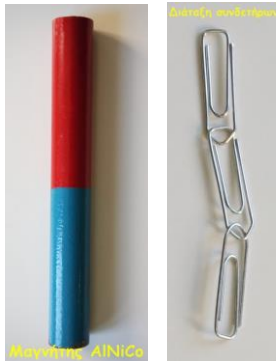


Εικ. 5: Ο ηλεκτρομαγνητικός στροφέας (μοτέρ) Faraday, με το αλατόνερο μέσα στο δοχείο με στερεωμένο το μαγνήτη και με συνδεδεμένες τις δύο μπαταρίες των 4,5 Volt στη σειρά με αλουμινοκαλώδια, έτοιμος για λειτουργία.



Το πλαστικό μπουκάλι νερού χρησιμοποιείται για βάση στήριξης του ηλεκτρομαγνητικού στροφέα (μοτέρ). Για άξονα στήριξης του καλωδίου που περιστρέφεται, χρησιμοποιούμε ένα ξύλινο καλαμάκι, με μήκος 30 εκ. περίπου, στο οποίο έχουμε τυλίξει με μία λωρίδα αλουμινόχαρτου, διαμορφώνοντας στη μία άκρη του ένα άγκιστρο στήριξης του καλωδίου (βλ. Εικ. 7). Για να διευκολύνουμε την περιστροφή του καλωδίου γύρω από το μαγνήτη κατασκευάζουμε ένα «στριφτάρι» με τρεις (3) μεταλλικούς συνδετήρες, περνώντας τον ένα μέσα στον άλλο σε μια ειδική διάταξη (βλ. Εικ. 6. αριστερά).

Εικ. 6: Κυλινδρικός μαγνήτης AlNiCo (αριστερά) & διάταξη συνδετήρων-στριφταρί (δεξιά).

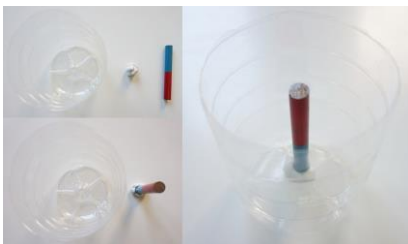


Εικ. 7: Κατασκευή άξονα στήριξης του καλωδίου, με ένα ξύλινο καλαμάκι ή λεπτό ξυλάκι, το οποίο τυλίγουμε με λωρίδα αλουμινόχαρτου και διαμορφώνουμε κατάλληλα ένα άγκιστρο στήριξης στην μία του άκρη.



Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε λίγη απλή ή κολλητική πλαστελίνη για να στερεώσουμε κατακόρυφα τον κυλινδρικό μαγνήτη AlNiCo (βλ. Εικ. 4, αριστερά) στη βάση ενός τμήματος πλαστικού μπουκαλιού 1,5 λίτρου, το οποίο έχουμε κόψει κατάλληλα έτσι, ώστε να είναι 1-2 εκ. ψηλότερο από τον τοποθετημένο μαγνήτη (βλ. Εικ. 8). Έπειτα, διπλώνουμε μια λωρίδα αλουμινόχαρτου στη μέση κατά μήκος και άλλη μια φορά στη μέση κατά πλάτος, προκειμένου να φτιάξουμε το «καλώδιο», που θα βυθίσουμε και θα στερεώσουμε στο πλάι του δοχείου, εκεί όπου πρωτύτερα τοποθετήσαμε το μαγνήτη (βλ. Εικ. 9).

Εικ. 8: Τοποθέτηση του κυλινδρικού μαγνήτη AlNiCo μέσα στο δοχείο, που αργότερα ρίχνουμε και το αλατόνερο.



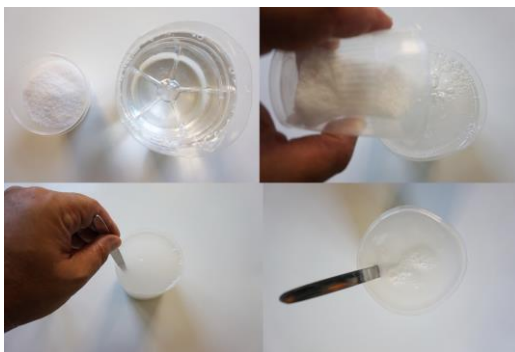
Εικ. 9: Διαμόρφωση λωρίδας αλουμινόχαρτου και στήριξη της στο πλάι του δοχείου με το μαγνήτη, που αργότερα ρίχνουμε και το αλατόνερο.



Για να κατασκευάσουμε το καλώδιο που θα περιστρέφεται γύρω από το μαγνήτη χρησιμοποιούμε ένα αλουμινοκαλώδιο, το οποίο κάνουμε λίγο λεπτότερο, διπλώνοντας το άλλη μια φορά στη μέση κατά πλάτος ή συμπιέζοντάς το με τα δάχτυλά μας του δίνουμε ένα κυλινδρικό σχήμα. Το αλουμινοκαλώδιο αυτό, από τη μία μεριά το ενώνουμε με το στριφτάρι των συνδετήρων, τσακίζοντας λίγο και γαντζώνοντάς το στον τελευταίο συνδετήρα που κρέμεται και από την άλλη το αφήνουμε να πέφτει ελεύθερα, 1-2 εκ. κάτω από το άκρο του κατακόρυφα τοποθετημένου μαγνήτη εντός του δοχείου (βλ. Εικ. 8 και 5). Επιπλέον, ετοιμάζουμε το διάλυμα πυκνού αλατόνευρο, ρίχνοντας ένα μικρό ποτήρι με αλάτι (ή 12-15 κουταλιές του γλυκού) σε νερό, μέσα σε ένα μεγάλο πλαστικό ποτήρι ή σε ένα δεύτερο δοχείο από μπουκάλι που κατασκευάζουμε και ανακατεύουμε καλά με ένα κουτάλι (βλ. Εικ. 10).

Σε αυτή τη φάση, κάνουμε τις συνδέσεις μας, ξεκινώντας από τις δύο μπαταρίες των 4,5 Volt που συνδέουμε στη σειρά με ένα αλουμινοκαλώδιο, από τον αρνητικό πόλο της μιας στο θετικό πόλο της άλλης ή/και αντίστροφα. Έπειτα, με ένα ακόμα αλουμινοκαλώδιο, συνδέουμε τον ελεύθερο πόλο της μίας μπαταρίας με τον άξονα στηρίξης του καλωδίου, πιάνοντάς το με ένα μεταλλικό συνδετήρα πάνω στο αλουμινοχαρτό. Ανακατεύουμε ξανά το διάλυμα του αλατόνευρο και το ρίχνουμε μέσα στο δοχείο με το στερεωμένο μαγνήτη και το διπλωμένο αλουμινοχαρτό που στηρίζεται στο πλάι του. Τέλος, συνδέουμε τον ελεύθερο πόλο της δεύτερης μπαταρίας με το διπλωμένο αλουμινοχαρτό του δοχείου με το μαγνήτη, που πλέον περιέχει και το αλατόνευρο και ολοκληρώνεται το κύκλωμά μας (βλ. Εικ. 11). Περισσότερες φωτογραφίες και βίντεο από την (ανα)κατασκευή του *μαγνητικού στροφέα* (μοτέρ) του Faraday με απλά υλικά στην τάξη υπάρχουν στο wiki του Εργαστηρίου ΦΕ (πρβλ. URL: <<http://efepereth.wikidot.com/faraday-motor-with-saltwater>>).

Εικ. 10: Διάλυμα πυκνού αλατόνευρο με 12-15 κουταλιές αλατιού (ή μικρό ποτήρι του κρασιού) μέσα σε δοχείο με περίπου μισό λίτρο νερό.



Εικ. 11: Οι συνδέσεις του *μοτέρ Faraday* με αλατόνευρο, όπως περιγράφονται και στο κείμενο. Η περιστροφή έχει αρχίσει!



Στο σημείο αυτό, πολλά ερωτήματα μπορούν να συζητηθούν με τα παιδιά στην τάξη, είτε σε ομάδες είτε σε ολομέλεια, όπως ενδεικτικά τα ακόλουθα:

- Τι παρατηρείτε ότι συμβαίνει στο καλώδιο που κρέμεται και βρίσκεται κοντά στο μαγνήτη και μέσα στο διάλυμα του αλατόνευρου;
- Μπορείτε να περιγράψετε την κίνηση που κάνει;
- Πώς είναι αυτή η κίνηση σε σχέση με το μαγνήτη;
- Τι νομίζετε ότι συμβαίνει στο καλώδιο και κάνει αυτή την κίνηση;
- Παρατηρείτε κάτι να γίνεται μέσα στο διάλυμα του αλατόνευρου;
- Αν συνδέσετε με διαφορετικό τρόπο (ανάποδα) τις μπαταρίες, αλλάζει η κίνηση του καλωδίου;
- Το καλώδιο που κρέμεται μπορεί να συνεχίσει να περιστρέφεται για πολλή ώρα;

Τα ερωτήματα γίνονται πιο δύσκολα όταν εισάγεται το «γιατί νομίζετε ότι συμβαίνει αυτό;» και τα παιδιά καλούνται να δώσουν εξηγήσεις, να συζητήσουν τις απόψεις και τα επιχειρήματά τους μέσα στην τάξη και οι εκπαιδευτικοί να τα διαχειριστούν κατάλληλα.

Για την διεξαγωγή αυτού του εργαστηρίου στην τάξη, τα παιδιά καλό θα είναι να έχουν εξοικειωθεί με ηλεκτρικά κυκλώματα και τις συνδέσεις των μερών τους (π.χ. στην Ε΄ τάξη). Ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του αλατόνευρου ως αγώγιμου διαλύματος για το κύκλωμα του *ηλεκτρομαγνητικού στροφέα*, με μια μακροσκοπική προσέγγιση της *ηλεκτρόλυσης* (τους νόμους και την ορολογία της άλλωστε έχει διατυπώσει αρχικά ο Faraday), η οποία διεξάγεται στο δοχείο, με ορατά ορισμένα χαρακτηριστικά της, που ενδέχεται να συζητηθούν ποιοτικά στην τάξη (αέρια που βγαίνουν στα αλουμινοαλώδια, φθορά ή κιτρίνισμα του αλουμινοχαρτου, θόλωμα του αλατόνευρου κ.α.).

Εικ. 12: Ομάδα παιδιών ετοιμάζει το διάλυμα του αλατόνευρου και το ρίχνει μέσα στο δοχείο με το μαγνήτη.



Εικ. 13: Μία άλλη ομάδα παιδιών ρίχνει μέσα στο δοχείο το διάλυμα του αλατόνευρου και ολοκληρώνει τις συνδέσεις.



ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μελετώντας το γνωσιοθεωρητικό υπόβαθρο της ανακάλυψης του *ηλεκτρομαγνητικού στροφέα*, ο Faraday φαίνεται να μαθαίνει μέσα από τις διερευνητικές διαδικασίες πάνω στην πειραματική προσέγγιση και επιπλέον «δημιουργεί τα φαινόμενα προς μελέτη», συχνά με κατάλληλους χειρισμούς, όπως η διάταξη των καλωδίων και των μαγνητών στο χώρο, που ενδέχεται να ευνοούνται και από τις συγκυρίες (Gooding, 1990a; 1990b; Steinle, 1995). Μετασχηματίζοντάς αυτό το πλαίσιο στη σχολική τάξη, φαίνεται να προωθούμε τη διερεύνηση και τον κριτικό αναστοχασμό μέσα στην πράξη και πάνω στην πράξη, με στοιχεία αυθεντικής επιστήμης και μέσα σε ένα πλαίσιο αφήγησης που ανακλά τη σπουδαιότητα εγχειρήματος στις σύγχρονες εφαρμογές της καθημερινής χρήσης. Η προσέγγιση αυτή αποτελεί επίσης ένα ενδιαφέρον παράδειγμα περιεχομένου για μια πρόταση επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών για έννοιες της φύσης της επιστήμης (Πήλιουρας *et al.* 2016), με στόχο την επαγγελματική ανάπτυξη στις σύγχρονες προσεγγίσεις του διδακτικού σχεδιασμού και της εκπαιδευτικής αυτονομίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Binnie, A. (2001). Using the History of Electricity and Magnetism to Enhance Teaching. *Science & Education* 10: 379–389.
- Cantor, G., Gooding, D. & James, F.A.J.L. (1991). *Faraday*. London: MacMillan Education LTD.
- Cropper, W.H. (2001). *Great Physicists: The Life and Times of Leading Physicists from Galileo to Hawking*. Oxford: Oxford University Press.
- Faraday, M. (1821). On some new electromagnetical motions, and on the theory of magnetism. *Quarterly Journal of Science and Art*, 12: 74-96.
- Faraday, M. (1821-1822). Historical sketch of electro-magnetism. *Annals of Philosophy*, 18: 195-200, 274-90; 19: 107-21.
- Gooding, D, & James, F.A.J.L. (eds.). (1985). *Faraday Rediscovered: Essays on the Life and Work of Michael Faraday, 1791-1867*. London: The MacMillan Press LTD.
- Gooding, D. (1990a). Mapping experiment as a learning process: How the first electromagnetic motor was invented. *Science Technology and Human Values*, 15: 165-201.
- Gooding, D. (1990b). *Experiment and the Making of Meaning: Human Agency in Scientific Observation and Experiment*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gribbin, J & Gribbin, M. (1997). *Faraday (1791-1867) in 90 minutes*. India: Universities Press.
- Martin, T. (1932-36/2008). *Faraday's Diary. Being the various philosophical notes of experimental investigation made by Michael Faraday, DCL, FRS, during the years 1820-1862 and bequeathed by him to the Royal Institution of Great Britain, 7 Vols. and Index*, London: G. Bell & Sons.

- Nersessian, N.J. (1984). *Faraday to Einstein: Constructing Meaning in Scientific Theories*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Russell, C.A. (2000). *Michael Faraday: Physics and Faith*, Oxford: Oxford University Press.
- Steinle, F. (1995). Looking for a “Simple Case”: Faraday and Electromagnetic Rotation. *History of Science*, 33 (2): 179-202.
- Tweney, R. (1991). Faraday’s Notebooks: The Active Organization of Creative Science, *Physics Education*, 26: 301-306.
- Πήλιουρας, Π., Σταμούλης, Ε. Τσαγιώτης, Ν. & Πλακίτση, Κ. (2016). *Αρχές σχεδιασμού προγραμμάτων επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη Φύση των Φυσικών Επιστημών*. Εισήγηση στο «2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες», 14-16 Οκτωβρίου (υπό έκδοση).
- Πλακίτση, Κ., Σπύρτου, Α., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Γ., Κολιός, Ν., Ριζάκη, Α., Σταμούλης, Ε., Ζουπίδης, Α., Παπαδοπούλου, Π., Τσαπαρλής, Γ. (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού για το "Νέο Σχολείο"*. Αθήνα: Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.
- Πλακίτση, Κ., Σπύρτου, Α., Καλογιαννάκης, Μ., Μαλανδράκης, Γ., Σούλιος, Γ., Κολιός, Ν., Ριζάκη, Α., Σταμούλης, Ε., Ζουπίδης, Α., Παπαδοπούλου, Π., Τσαπαρλής, Γ. (2014). *Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικών Επιστημών Δημοτικού για το "Νέο Σχολείο": Οδηγός Εκπαιδευτικού για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο*. Αθήνα: Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής.
- Σταμούλης, Ε. & Πλακίτση, Κ. (2016). *Η διδασκαλία των ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών: Μια προσέγγιση υπό το πρίσμα της θεωρίας της δραστηριότητας*. Εισήγηση στο «2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες», 14-16 Οκτωβρίου (υπό έκδοση).

Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών για τα Σχολικά Εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο

Γεώργιος Στύλος¹ & Κων/νος Κώτσης²

¹ ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, gstylos@gmail.com

² ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, kkotsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από ποιοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Π.Ε.) του Νομού Ιωαννίνων σχετικά με τις αντιλήψεις τους για τα σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στο Δημοτικό Σχολείο. Η ποιοτική ανάλυση αναδεικνύει ότι οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν θετικά τα σχολικά εγχειρίδια και συγκεκριμένα το τετράδιο εργασιών αναδεικνύοντας το πείραμα και τη διδακτική μεθοδολογία ως δύο από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά του. Παράλληλα, επισημαίνουν τους προβληματισμούς τους για τη χρησιμότητα κάποιων πειραμάτων και του μεγάλου όγκου της ύλης.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Αντιλήψεις, σχολικά εγχειρίδια, Φυσικές Επιστήμες, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδακτική των Φ.Ε. αποτελεί ένα επιστημονικό πεδίο, το οποίο εξετάζει συστηματικά, αναλύει και προτείνει λύσεις για ζητήματα σχετικά με (Κουλαϊδής 2001):

- το περιεχόμενο που διδάσκεται (τι διδάσκεται;)
- τους στόχους που επιδιώκεται να επιτευχθούν (γιατί διδάσκεται;)
- την επιλογή αποτελεσματικών διδακτικών προσεγγίσεων και στρατηγικών (πώς διδάσκεται και πώς μαθαίνεται καλύτερα;)
- τους ρόλους που επιφυλάσσουν τα παραπάνω για διδάσκοντες και μαθητές.

Ως προς το περιεχόμενο που διδάσκεται, η γνώση χωρίζεται σε τρία σώματα

A) το σώμα της επιστημονικής γνώσης

B) το σώμα της σχολικής επιστήμης, δηλαδή το περιεχόμενο της επιστημονικής γνώσης που διδάσκεται στο σχολείο, το οποίο αποτελεί μια μετασχηματισμένη μορφή της επιστημονικής γνώσης. Η σχολική γνώση δεν είναι μια απλοποιημένη μορφή της επιστημονικής, αλλά έχοντας υποστεί τον κατάλληλο διδακτικό μετασχηματισμό καταλήγει σε ένα σώμα γνώσης διαφορετικό από αυτό που χειρίζονται οι επιστήμονες.

Αυτός ο διδακτικός μετασχηματισμός είναι απόλυτα απαραίτητος, καθώς είναι αναγκαίο να απαντηθούν ερωτήματα, όπως για παράδειγμα, τι είναι κατάλληλο να διδαχθεί και σε ποιο βαθμό, σε ποια ηλικία και ποιο θα είναι το λεξιλόγιο που θα κατακτήσουν οι μαθητές Γ) το σώμα της εμπειρικο-βιωματικής γνώσης που οικειοποιούνται οι μαθητές έξω από το χώρο της τυπικής εκπαίδευσης, το οποίο οικοδομείται σταδιακά από τη στιγμή που γεννιούνται και αποτελεί μια γνώση λειτουργική για αυτούς, καθώς την αξιοποιούν στις καθημερινές τους δραστηριότητες. Αυτή η γνώση στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως «ιδέες», «εναλλακτικές αντιλήψεις», «παρανοήσεις», «λανθασμένες αντιλήψεις» των μαθητών (Κουλαϊδής, 2001).

Η σχολική γνώση είναι διαφορετική από την φυσικό-επιστημονική και διαμορφώνεται μέσω της διαδικασίας της αναπλαισίωσης σύμφωνα με τον οποίο έχουμε επιλεκτικό μετασχηματισμό της φυσικό-επιστημονικής γνώσης όταν μεταφέρεται στο πλαίσιο του σχολείου, διαδικασία που επηρεάζεται από τις αντιλήψεις για τη φύση της επιστημονικής γνώσης, από τις κυρίαρχες παιδαγωγικές θέσεις και τις αντίστοιχες κοινωνικές επιλογές (Κουλαϊδής, 2001).

Το σχολικό βιβλίο είναι η κυρίαρχη πηγή σχολικής γνώσης για τις Φυσικές Επιστήμες. Παρά τη διαρκώς αυξανόμενη χρήση των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία και μάθηση, το σχολικό βιβλίο δεν έχει χάσει τη σημαντικότητά του και την πρωτοκαθεδρία του ως το βασικό εκπαιδευτικό υλικό και συνδέεται με τις περισσότερες από τις δραστηριότητες διδασκαλίας και μάθησης, που λαμβάνουν χώρα τόσο στις σχολικές αίθουσες όσο και στο σπίτι (Φιλίππου & Δημόπουλος, 2014).

Αποτελεί κεντρικό συστατικό της εκπαιδευτικής διεργασίας και είναι σημείο αναφοράς για εκπαιδευτικούς και μαθητές καθώς υπέχει θέση αυθεντίας σε σχέση με το γνωστικό αντικείμενο και αποτελεί βάση της διδακτικής καθοδήγησης (Κουλαϊδής κ.α., 2002). Συνιστά δομικό στοιχείο της παιδαγωγικής πρακτικής (Φλουρής & Καλογιαννάκης 2013), αποτελεί τη βάση για τη διδακτική καθοδήγηση αφού ο ρόλος του είναι κεντρικός και συχνά έχει θέση αυθεντίας ως προς το γνωστικό αντικείμενο και διαμορφώνει στους μαθητές κίνητρα για την ουσιαστική εμπλοκή τους στη μαθησιακή διαδικασία (Μπονίδης, 2004).

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας από Φιλίππου & Δημόπουλο (2014) ανέδειξε πως οι αποφάσεις του εκπαιδευτικού σχετικά με τον τρόπο που χρησιμοποιούνται τα σχολικά βιβλία ως βασικά υλικά του Αναλυτικού Προγράμματος έχουν επιπτώσεις και καθορίζουν την ίδια τη φύση της σχολικής γνώσης, και η σχέση μεταξύ της διδασκαλίας και των σχολικών βιβλίων δείχνει ότι ο τρόπος με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί διαβάζουν και χρησιμοποιούν τα σχολικά βιβλία μπορεί ανάμεσά τους να διαφοροποιείται σημαντικά και επηρεάζεται πρωτίστως από τις παιδαγωγικές πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών.

Επίσης, η ανασκόπηση των Μαραβέλη κ.α. (2014) αναφέρει ότι ο σχεδιασμός και η δόμηση του σχολικού εγχειριδίου καθορίζει σημαντικά τον τρόπο ανάγνωσης του κειμένου, συγκροτώντας και το μήνυμα και τους αποδέκτες, επηρεάζει την παιδαγωγική σχέση και διαμορφώνει τις θέσεις εκπαιδευτικού και μαθητή, συγκροτεί και εν συνεχεία νομιμοποιεί συγκεκριμένους τύπους διυποκειμενικότητας και άρα συντελεί στην παραγωγή

διάφορων μορφών συνείδησης και ταυτότητας στους συμμετέχοντες στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Οι αντιλήψεις είναι προτάσεις τις οποίες αποδέχονται τα άτομα ως ορθές ανάλογα με τις υποκειμενικές τους γνώσεις, αξιολογήσεις και θεωρίες που έχουν διαμορφώσει για τον εαυτό τους και το περιβάλλον τους (Philippou & Christou, 2000). Οι αντιλήψεις, που έχει ο εκπαιδευτικός για το αντικείμενο της διδασκαλίας αναδεικνύουν τον καθοριστικό του ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία (Milner, Sondergerd, Demir, Johnson, & Czerniak 2012, Vázquez, García, Manassero, & Bennassar, 2012).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για τα σχολικά εγχειρίδια και συγκεκριμένα για τη διδασκόμενη ύλη, την προτεινόμενη διδακτική μεθοδολογία και το πείραμα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητική τεχνική & επιλογή δείγματος

Η συνέντευξη κατέχει εξέχουσα θέση ανάμεσα στις ερευνητικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται στις κοινωνικές επιστήμες και στις επιστήμες της συμπεριφοράς (Mishler, 1996). Αποτελεί βασικό εργαλείο ποιοτικής έρευνας, το οποίο δίνει στον ερευνητή πολλές δυνατότητες διερεύνησης των θεμάτων που τον απασχολούν. Η συνέντευξη μπορεί να εμβαθύνει και να φθάσει σε σημεία, στα οποία άλλα εργαλεία είναι δύσκολο να προσεγγίσουν, και αποτελεί εκείνο το εργαλείο, το οποίο επιτρέπει στον ερευνητή να διερευνήσει σκέψεις, αξίες, προκαταλήψεις, στάσεις, συναισθήματα, εμπειρίες, απόψεις και αναπαραστάσεις των συμμετεχόντων ελεύθερα και σε βάθος (Ιωσηφίδης, 2003; Αβραμίδης & Καλυβά, 2006; Εμβαλωτής και Ζευγίτης, 2015).

Η ερευνητική τεχνική που αξιοποιήθηκε για την υλοποίηση της έρευνας είναι η ημιδομημένη συνέντευξη. Το συγκεκριμένο είδος συνέντευξης χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο προκαθορισμένων ερωτήσεων, αλλά παρουσιάζει πολύ περισσότερη ευελιξία ως προς τη σειρά των ερωτήσεων, την τροποποίηση του περιεχομένου των ερωτήσεων ανάλογα με τον ερωτώμενο και ως προς την προσθαφαίρεση ερωτήσεων και θεμάτων για συζήτηση (Ιωσηφίδης, 2003). Ο συνεντευξιαστής προσπαθεί να εμπλουτίσει τη συζήτηση, ενώ το διάγραμμα της ημι-δομημένης συνέντευξης θα πρέπει να καθοδηγεί και όχι να υπαγορεύει την πορεία της (Αβραμίδης & Καλυβά, 2006). Ο πληθυσμός της έρευνας είναι 35 εκπαιδευτικοί του Νομού Ιωαννίνων (17 άντρες και 18 γυναίκες). Ο μέσος όρος του χρόνου υπηρεσίας των εκπαιδευτικών είναι τα 13 έτη. Ως προς τις σπουδές οι περισσότεροι είναι απόφοιτοι Παιδαγωγικών Τμημάτων, ενώ όσοι αποφοίτησαν από την Παιδαγωγική Ακαδημία συμμετείχαν, εκτός από δύο, και στην Εξομοίωση. Επίσης, ένας στους τρεις είναι κάτοχοι μεταπτυχιακών τίτλων σπουδών, δεύτερου πτυχίου και είναι απόφοιτοι του Διδασκαλείου. Κατά μέσο όρο έχουν διδάξει το μάθημα των Φ.Ε. έξι χρόνια και τρεις φορές με τα καινούρια συγγράμματα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Γενικά χαρακτηριστικά του δείγματος

Ειδικότητα/Κλάδος	ΠΕ 70: 35
Φύλο	Άνδρες: 17
	Γυναίκες: 18
Προϋπηρεσία	0-10 χρόνια: 18
	11-20: 8
	21-30: 9
Διδασκαλία των Φ.Ε.	0-5 χρόνια: 21
	6-10: 7
	11-20: 7
Σπουδές	Π.Τ.Δ.Ε. : 18
	Παιδαγωγική Ακαδημία (Εξομοίωση): 14
	Δεύτερο Πτυχίο: 4
	Διδασκαλείο: 6
	Μεταπτυχιακές σπουδές: 6

Η συλλογή των δεδομένων ολοκληρώθηκε, όταν οι κατηγορίες χαρακτηρίστηκαν από κορεσμό, δηλαδή νέα δεδομένα δεν δημιούργησαν πλέον καινούρια συμπεράσματα, κώδικες ή κατηγορίες (Charmaz, 2003).

Ανάλυση ποιοτικών δεδομένων

Για την επεξεργασία του υλικού που προέκυψε από την απομαγνητοφώνηση των συνεντεύξεων χρησιμοποιήθηκε η θεματική ανάλυση περιεχομένου. Ως μονάδα καταγραφής επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί το «θέμα» που αναπτύσσεται στην πρόταση, στην παράγραφο ή σε όλο το κείμενο. Σύμφωνα με τα ερευνητικά ερωτήματα διατυπώθηκαν οι «παραγωγικές» κατηγορίες της ανάλυσης και στη συνέχεια αποδελτιώθηκαν βάσει των μονάδων ανάλυσης οι αναφορές που εμπίπτουν στο σύστημα κατηγοριών, ταξινομήθηκαν κατά κατηγορία και ελέγχθηκε η λειτουργικότητα του συστήματος κατηγοριών. Αυτή η διαδικασία οδήγησε στη διατύπωση του «επαγωγικού συστήματος κατηγοριών» των κατηγοριών δηλαδή που υποδεικνύει το περιεχόμενο των υπό ανάλυση συνεντεύξεων (Μπονίδης 2004, Εμβαλωτής και Ζευγίτης, 2015).

Πίνακας 2: Κατηγορίες ανάλυσης

1. Πληροφορίες για τους εκπαιδευτικούς

- 1.1 Φύλο
- 1.2 Σπουδές
- 1.3 Γενική Προϋπηρεσία
- 1.4 Προϋπηρεσία στη διδασκαλία της Φυσικής

2. Αντιλήψεις για το τετράδιο εργασιών

- 2.1 Διδακτική μεθοδολογία
- 2.2 Πείραμα
- 2.3 Διδασκόμενη ύλη
- 2.4 Διδασκόμενες έννοιες
- 2.5 Ομαδοσυνεργατική μάθηση
- 2.6 Εικονογράφηση

3. Αντιλήψεις για το βιβλίο μαθητή

- 3.1 Συμπληρωματικό, βοηθητικό και εγκυκλοπαιδικό χαρακτήρα
 - 3.2 Παρουσίαση εννοιών
-

Η συγκεκριμένη επιλογή αναφέρεται κυρίως σε μελέτες που επικεντρώνονται στη διερεύνηση των αξιών, των στάσεων ή των απόψεων που απεικονίζονται σε ένα κείμενο (Κυριαζή, 2005).

Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας

Ένα πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπιστεί σχετικά με την αξιοπιστία της έρευνας οφείλεται στην επιλογή να πραγματοποιηθεί η κωδικοποίηση του υλικού με μονάδα ανάλυσης το «θέμα». Το «θέμα» έχει χαμηλότερη αξιοπιστία σε σύγκριση με άλλες μονάδες (λέξη, πρόταση) καθώς η οριοθέτηση του γίνεται με υποκειμενικά κριτήρια, η κάλυψη του δεν προσδιορίζεται με σαφήνεια και δεν είναι πάντα ξεκάθαρο από πού ξεκινάει και που ολοκληρώνεται (Κυριαζή, 2005). Για το λόγο αυτό, ως δείκτης αξιοπιστίας χρησιμοποιείται ο βαθμός συμφωνίας στην κωδικοποίηση από διαφορετικούς κωδικογράφους (Κυριαζή, 2005). Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας της μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν δύο κωδικογράφοι, οι οποίοι ενημερώθηκαν από τον ερευνητή για το σκοπό της έρευνας, τη μέθοδο, το σύστημα κατηγοριών και στην κατανόηση της διαδικασίας κωδικογράφησης, ώστε στο πέρας αυτής της «εκπαίδευσης» να καταστεί εφικτός ο μέγιστος βαθμός συμφωνίας μεταξύ ερευνητή και κωδικογράφων (Μπονίδης, 2004). Ο βαθμός συμφωνίας ανάμεσα στους κωδικογράφους ελέγχθηκε με τον δείκτη Cohen's kappa και υπολογίστηκε στο 0,87 σε ένα δείγμα πέντε συνεντεύξεων με τη χρήση του Atlas.ti.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΥΡΗΜΑΤΩΝ

Αντιλήψεις για το τετράδιο εργασιών

Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών κρίνει θετικά τα σχολικά εγχειρίδια των Φ.Ε. και συγκεκριμένα τις ενότητες που αφορούν στη Φυσική επισημαίνοντας και ορισμένα αρνητικά σημεία. Το πείραμα που αποτελεί τον κεντρικό πυρήνα της διδασκαλίας, η έμφαση που δίνεται στο τετράδιο εργασιών, η μεθοδολογία που προτείνεται (παρατήρηση-πειραματισμός-διεξαγωγή συμπερασμάτων) και η εικονογράφηση αποτελούν τους λόγους για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί εκτιμούν θετικά τα σχολικά εγχειρίδια.

Αντίθετα, η πολλή ύλη, ο βαθμός δυσκολίας κατανόησης κάποιων εννοιών από τους μαθητές, η δύσκολη διεξαγωγή των συμπερασμάτων μέσα από τα πειράματα, η δυσκόλη διατύπωση των συμπερασμάτων από τους μαθητές, τα πολλά πειράματα σε κάποιες ενότητες (λιγότερα είναι επαρκή), η δημιουργία αποριών, η απουσία πολλών εποικοδομητικών στοιχείων και η αξιοποίηση της προϋπάρχουσας γνώσης των μαθητών, συγκαταλέγονται στα αρνητικά στοιχεία που προέβλεπαν οι εκπαιδευτικοί για τα σχολικά εγχειρίδια.

Τέλος, οι μισοί εκπαιδευτικοί θεωρούν πως τα βιβλία των Φ.Ε. είναι καλύτερα σε σχέση με τα βιβλία των άλλων μαθημάτων, οι υπόλοιποι μισοί, περίπου, πιστεύουν πως δεν υστερούν σε κάτι ή υπερτερούν σε σχέση με τα άλλα βιβλία, ενώ ελάχιστοι τα θεωρούν ανεπαρκή.

«Σου δίνει τη δυνατότητα το τετράδιο εργασιών να κάνεις πολλά πειράματα, το παιδί δε μένει στις έννοιες, δε βλέπει ύλη, βιβλία και θεωρία, καταλαβαίνει πως πρέπει να δουλέψει πολύ με την παρατήρηση και τη διεξαγωγή συμπερασμάτων...»

«Νομίζω είναι αρκετά καλά της Φυσικής...βοηθάει όλο αυτό με την παρατήρηση και την καταγραφή των σκέψεων και των ιδεών των παιδιών με εικόνες... βγαίνει καλά, με βοηθάει...»

«... μερικές μου αρέσουν και μερικές αφήνουν φαινόμενα ανεξήγητα και δυσκολεύομαι να τα διδάξω...»

«τετράδιο εργασιών πολύ καλό...οι παρατηρήσεις, τα συμπεράσματα... είναι πράγματα που βοηθούν στη διδασκαλία σε αντίθεση με το βιβλίο του μαθητή, το οποίο έχει πολύ γενικές έννοιες και κάποιες μάλιστα επιπλέον... δε χρειάζονται για μένα...»

«Μου αρέσουν εμένα... μου αρέσει η μεθοδολογία, δεν έχει πολλά πράγματα, δεν μου αρέσουν κάποια πειράματα, βλέπω συνεχώς ότι αλλάζουν. Μερικά, δηλαδή είναι έτσι στο χαμό... δεν βοηθάνε... εντάξει, δεν μας περιορίζει και κανένα...»

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δίνει βαρύτητα στο τετράδιο των εργασιών. Ο επιστημονικός τρόπος προσέγγισης των εννοιών (παρατήρηση-υποθέσεις-πείραμα-

διεξαγωγή συμπεράσματος), η ενασχόληση, κυρίως, με τα πειράματα, η ενεργή συμμετοχή των μαθητών, το γεγονός ότι εκεί «κάνουν» Φυσική και η εικονογράφηση, αποτελούν τους σπουδαιότερους λόγους για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί αποδίδουν τόση μεγάλη σημασία στο τετράδιο εργασιών.

Απεναντίας, η αδυναμία εκτέλεσης των πειραμάτων και η δυσκολία των μαθητών να διατυπώσουν τους νόμους μέσα από το τετράδιο εργασιών οδηγεί τους εκπαιδευτικούς περισσότερο στη χρήση του βιβλίου του μαθητή.

«... το εργασιών σίγουρα όχι... με το βιβλίο του μαθητή, γιατί με τα πειράματα δεν ασχολούμαι...»

«... στο εργασιών... είναι καλύτερα δομημένο, έχει το αρχικό ερώτημα, το πείραμα, την παρατήρηση, το συμπέρασμα, τις ασκήσεις...είναι πιο ολοκληρωμένο νομίζω...και με το άλλο δουλεύουμε, αλλά, συνήθως στο τέλος κάθε ενότητας συμπληρωματικά, για να διαβάσουμε τις περιλήψεις, γλωσσάριο, κάποιες παραγράφους που είναι πολύ ενδιαφέρουσες...»

«... το βιβλίο...που έχει τη θεωρία...τα παιδιά δυσκολεύονται να βγάλουν από μόνοι τους τη θεωρία...βγάζουν κάποια συμπεράσματα, αλλά...»

«... και στα δύο, αλλά περισσότερο στο τετράδιο...μέσα από τα πειράματα θα ανακαλύψουν τα παιδιά τις έννοιες και θα αλλάξουν την ιδέα ή τη γνώμη που έχουν σχετικά με το αντικείμενο που διδάσκονται...»

«... στο εργασιών, γιατί έτσι λέει το βιβλίο του δασκάλου, αλλά και τα παιδιά βλέπω καλύτερα προτιμούν να κάνουν πρώτα το πείραμα, βγάζουν μόνοι τους την έννοια ή ένα φαινόμενο, τι σημαίνει αυτό το φαινόμενο...και μετά να διαβάζουμε το βιβλίο σαν δευτερεύον...»

Οι μισοί εκπαιδευτικοί έχουν διδάξει και τα παλιότερα βιβλία. Η πλειοψηφία τους τονίζει πως τα νέα βιβλία βοηθούν τον εκπαιδευτικό περισσότερο ως προς τη μεθοδολογία και τον τρόπο που θα χειριστούν τη διδασκαλία, έχουν απλά πειράματα, εργασίες και εικόνες, είναι πιο προσιτά και κατανοητά για τους δασκάλους και τους μαθητές και φέρνουν τους μαθητές σε επαφή με την καθημερινότητα. Μόνο ένας επεσήμανε πως τα παλιά βιβλία παρουσίαζαν τις έννοιες καλύτερα.

«...δεν τα συγκρίνω...αρκετά καλύτερα...τα πειράματα πρώτα, γιατί αυτά με ενδιαφέρουν, το πειραματικό μέρος, φέρνει τα παιδιά σε επαφή με την καθημερινότητα. Τα προηγούμενα βιβλία απαιτούσαν ένα εργαστήριο εξειδικευμένο που ήταν άγνωστο για τα παιδιά...»

«...είναι καλύτερα...είναι πιο κατανοητά και για το δάσκαλο και για το παιδί και πιο εύκολα, πιο απλά...»

«...Καλύτερα...πιο ευχάριστο το μάθημα στο μαθητή με πιο έξυπνες εργασίες και πειράματα και βοηθούν το μαθητή καλύτερα να κατακτήσει τη γνώση...»

«... πολύ καλύτερα... άλλη μεθοδολογία, άλλη διδακτική προσέγγιση εντελώς...»

Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών πιστεύουν πως ο βαθμός δυσκολίας των εννοιών και των πειραμάτων δεν είναι πέρα από τις δυνατότητες των μαθητών με εξαίρεση κάποιες έννοιες και πειράματα που τα θεωρούν δύσκολα. Ένας στους τρεις εκπαιδευτικούς πιστεύει πως η ύλη «βγαίνει» και οι ώρες αρκούν. Στο ερώτημα, όμως, αν θα ολοκληρωνόταν η ύλη μέσω της ομαδο-συνεργατικής διδασκαλίας, η απάντησή τους ήταν αρνητική.

Οι υπόλοιποι εκπαιδευτικοί θεωρούν πως η ύλη είναι μεγάλη και θα έπρεπε να γίνουν αλλαγές προς δύο κατευθύνσεις. Στην πρώτη κατεύθυνση, κατά κύριο λόγο, πιστεύουν πως πρέπει να γίνουν περικοπές στην ύλη, για παράδειγμα, προτείνουν την αφαίρεση κάποιων ενοτήτων και στη δεύτερη κατεύθυνση συνιστούν την πρόσθεση περισσότερων διδακτικών ωρών.

Περίπου δύο στους τρεις θεωρούν πως οι απαιτήσεις είναι κανονικές και οι υπόλοιποι, κατά κύριο λόγο, τις θεωρούν υπερβολικές έως και μέτριες. Οι εκπαιδευτικοί θεωρούν πως οι απαιτήσεις για τους διδακτικούς στόχους είναι κανονικές με εξαίρεση τρεις εκπαιδευτικούς που τις θεωρούν υπερβολικές.

Για τους υπόλοιπους εκπαιδευτικούς, ο χρόνος, η πολλή ύλη, η αδυναμία πραγματοποίησης κάποιων πειραμάτων, η μη πραγματοποίηση ανούσιων ή μη αποτελεσματικών πειραμάτων, το επίπεδο των μαθητών, οι υπερβολικές απαιτήσεις και το αν δεν ταιριάζει στον εκπαιδευτικό, αποτελούν τους λόγους που εμποδίζουν τους εκπαιδευτικούς να ακολουθούν το Αναλυτικό Πρόγραμμα.

«...όταν δεν μπορώ να βγάλω κάποιο πείραμα και αν θεωρώ ανούσια το μάθημα, την ενότητα...»

«... είτε κάτι που δεν θεωρώ σημαντικό είτε γιατί δεν μου φτάνει ο χρόνος...»

«...ο χρόνος και ίσως η έλλειψη των υλικών που υπάρχει σε πολλά σχολεία...»

«...ο χρόνος και οι υπερβολικές απαιτήσεις του Αναλυτικού Προγράμματος...»

Αντιλήψεις για το βιβλίο του μαθητή

Οι εκπαιδευτικοί αξιοποιούν το βιβλίο συμπληρωματικά ή βοηθητικά με τους εξής τρόπους:

- πηγή πληροφοριών (εγκυκλοπαιδικά), όπως είναι η επιπρόσθετη θεωρία, τα παράξενα φαινόμενα, οι πληροφορίες για επιστήμονες

- επισήμανση της θεωρίας και των διάφορων ορισμών στο γλωσσάρι στο τέλος κάθε ενότητας
- ανάγνωση στο σχολείο ή στο σπίτι για την περαιτέρω εμπέδωση, συζήτηση, κέντρισμα του ενδιαφέροντος του μαθητή ή ως απλή ανάγνωση
- εισαγωγή στη νέα ενότητα πριν την πειραματική διαδικασία
- επαναληπτικά στο τέλος κάθε ενότητας ή κεφαλαίου
- αξιολόγηση κατανόησης της πειραματικής διαδικασίας
- συνδυασμός γνώσεων που αποκτήθηκαν από την πειραματική διαδικασία
- αποσαφήνιση αποριών
- παρουσίαση εκ μέρους των μαθητών θεμάτων με ιδιαίτερο ενδιαφέρον

Για τους περισσότερους εκπαιδευτικούς η διδασκαλία των Φ.Ε. θα μπορούσε να γίνει και χωρίς το βιβλίο του μαθητή. Παρόλα αυτά, θα απαιτούσε επιπρόσθετη δουλειά από τον εκπαιδευτικό και προπαντός θα έπρεπε να είναι καλός γνώστης της Φυσικής. Αξιοποιείται, δηλαδή ως βοήθημα από τον εκπαιδευτικό.

«Εργάζομαι ελάχιστα...το διαβάζω εγώ στο σπίτι, προσπαθώ να δω ποια σημεία κεντρίζουν το ενδιαφέρον των παιδιών...Ναι, αλλά να είχε ο εκπαιδευτικός βιβλίο στο να βλέπει κάποια συμπεράσματα δομημένα...»

«Διαβάζουν κάποιες πληροφορίες επιπλέον, κάποια παράξενα φαινόμενα... Μπορεί να γίνει... βοηθητικός ο ρόλος του...»

«Το έκανα στο τέλος της εβδομάδας, αφού είχαμε κάνει το τετράδιο εργασιών ή στο τέλος του κεφαλαίου σαν επανάληψη... θυμίζει στα παιδιά τι κάναμε τις προηγούμενες φορές...»

«Συμπληρωματικά... να παίρνουμε κάποιες πληροφορίες...και κάποιες είναι δύσκολες, γραμμένες με επιστημονικό τρόπο τις οποίες δεν καταλαβαίνουν τα παιδιά...»

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα σχολικά εγχειρίδια των Φ.Ε. και συγκεκριμένα οι ενότητες της Φυσικής κρίνονται θετικά ιδιαίτερα ως προς τον κεντρικό ρόλο των πειραμάτων και του επιστημονικού τρόπου εργασίας και σκέψης που επιβάλλεται να αναπτύξουν οι μαθητές. Κάποιες αρνητικές επισημάνσεις που σημειώθηκαν αφορούν στην ποσότητα της ύλης που θεωρείται μεγάλη, την αδυναμία διεξαγωγής των συμπερασμάτων μέσα από κάποια πειράματα και γενικότερα τη δυσκολία διατύπωσης των συμπερασμάτων εκ μέρους των μαθητών.

Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί δίνουν βαρύτητα στο τετράδιο εργασιών εξαιτίας της επιστημονικής μεθοδολογίας και της πραγματοποίησης των πειραμάτων. Το βιβλίο του μαθητή αξιοποιείται συμπληρωματικά για την αναζήτηση πληροφοριών και ορισμών στο γλωσσάρι και για ανάγνωση είτε στο σχολείο είτε στο σπίτι. Το μάθημα θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς το βιβλίο του μαθητή. Ωστόσο, επισημαίνεται πως η απουσία του προϋποθέτει την πολύ καλή γνώση του αντικειμένου της Φυσικής. Ίσως να μην αποτελεί

το βασικό εγχειρίδιο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, εντούτοις, η απουσία του ισοδυναμεί με μία μεγαλύτερη προετοιμασία εκ μέρους του εκπαιδευτικού. Σε γενικές γραμμές αποτελεί ένα βοήθημα, μια πηγή πληροφοριών για τον εκπαιδευτικό που τον εξυπηρετεί ώστε να φέρει σε πέρας τη διδασκαλία.

Η γενικότερη θετική εικόνα αλλά και στάση που έχουν οι εκπαιδευτικοί για τα σχολικά εγχειρίδια των Φ.Ε. και τις Φ.Ε. γενικότερα αποτελεί ένα σημαντικό πρώτο βήμα αναβάθμισης της διδασκαλίας του μαθήματος, το οποίο σε συνδυασμό με την ουσιαστική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών πάνω σε γνωστικά θέματα και τη διδακτική μεθοδολογία αλλά και την προσωπική ενασχόληση με το αντικείμενο μπορεί να οδηγήσει στην αποτελεσματικότερη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου (Στύλος, 2014).

Τέλος, βάση για προβληματισμό και περαιτέρω έρευνα, αποτελούν οι προβληματισμοί των εκπαιδευτικών τόσο για κάποια πειράματα όσο και για τον όγκο της ύλης, τα οποία αν διερευνηθούν και επιβεβαιωθούν προτείνεται να ληφθούν υπόψη στο πλαίσιο του εξορθολογισμού της ύλης και βελτιστοποίησης των σχολικών εγχειριδίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αβραμίδης, Η. & Καλυβά, Ε. (2006). Μέθοδοι Έρευνας στην Ειδική Αγωγή: Θεωρία και Εφαρμογές, Αθήνα : Παπαζήση.
- Charmaz, K. (2003). Grounded theory. In J. A. Smith (Ed.), *Qualitative psychology: A practical guide to research methods* (pp. 81–110). London: Sage.
- Εμβαλωτής, Α., Ζευγίτης Θ. (2015). Ευρωπαϊκά Προγράμματα Κινητικότητας και η Συμβολή τους στη Διαμόρφωση 'Ευρωπαϊκής Ταυτότητας' στους Συμμετέχοντες Εκπαιδευτικούς: Η Περίπτωση των Σχολικών Συμπράξεων του Προγράμματος Comenius. *Περιοδικό Επιστημες Αγωγής*, 1/2015, 36-65.
- Ιωσηφίδης, Θ. (2003) Ανάλυση ποιοτικών δεδομένων στις κοινωνικές επιστήμες. Αθήνα: Κριτική.
- Κουλαϊδής, Β. (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Αντικείμενο και αναγκαιότητα. Στο J. Bliss, G. Cooper, Δ. Κολλιόπουλος, Β. Κουλαϊδής, Κ. Ραβάνης, J. Solomon, Α. Τσατσαρώνη, Β. Χατζηνικήτα & Β. Χρηστίδου (επιμ.) *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, τόμος Α΄, Πάτρα: ΕΑΠ, 25-50.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ. & Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα κείμενα της Τεχνο-επιστήμης στο Δημόσιο Χώρο*. Αθήνα: Μεταίχμιο
- Κυριαζή, Ν. (2005) *Η κοινωνιολογική έρευνα. Κριτική επισκόπηση των μεθόδων και των τεχνικών*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Μαραβέλης, Γ., Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος Κ. (2014). Ανάλυση σχολικών εγχειριδίων: μια συγκριτική μελέτη Ελλάδας και Ηνωμένων Πολιτειών. Σκουμπουρδή Χ. και Σκουμιάς Μ. (Επ.), *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 517-537.
- Milner, A. R., Sondergerd, T. A., Demir, A., Johnson, C. C., & Czerniak, C. M. (2012). Elementary Teachers' Beliefs About Teaching Science and Classroom Practice: An

- Examination of Pre/Post NCLB Testing in Science. *Journal of Science Teacher Education*, 23(2), 111-132.
- Mishler, E.G. (1996) Συνέντευξη έρευνας, Αθήνα : Ελληνικά Γράμματα.
- Μπονίδης, Κ. (2004). *Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας, Διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Philippou, G., & Christou, C. (2000). A pre-service programme for primary teachers implemented in Greece and Cyprus. In J. Fauvel & J. van Maanen (Eds.), *History in mathematics education: the ICMI study* (pp. 113-117). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Vázquez, A., García-Carmona, A., Manassero, M. A., & Bennassar-Roig, A. (2012). Science Teachers' Thinking About the Nature of Science: A New Methodological Approach to Its Assessment. *Research in Science Education*. doi: 10.1007/s11165-012-9291-4
- Φιλίππου, Δ. και Δημόπουλος, Κ. (2014). Η χρήση των σχολικών βιβλίων από τους Κύπριους εκπαιδευτικούς Φυσικής. Σκουμπουρδή Χ. και Σκουμιός Μ. (Επ.), *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 637-650.
- Φλουρής, Μ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2013). Συγκριτική ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής της Β' Γυμνασίου και της Α' Λυκείου: μια μελέτη περίπτωσης. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 6(1-2), 19-35,

Συνεργατικός σχεδιασμός θεματικών ενοτήτων για τον επιστημονικό γραμματισμό στα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας

Σπύρος Κόλλας¹ & Κρυσταλλία Χαλκιά²

¹Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, spyros.kollas@gmail.com

²Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, kxalkia@primedu.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας (Σ.Δ.Ε.) είναι καινοτόμα σχολεία εκπαίδευσης ενηλίκων που παρέχουν τη δυνατότητα σε ενήλικες, που δεν έχουν ολοκληρώσει την υποχρεωτική εκπαίδευση, να συνεχίσουν τις σπουδές τους και να αποκτήσουν τίτλο ισότιμο με το απολυτήριο Γυμνασίου. Στα Σ.Δ.Ε. το Αναλυτικό Πρόγραμμα (Α.Π.) του κάθε αντικειμένου αναπτύσσεται, σε τοπικό επίπεδο, από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς με σκοπό τον εγγραμματισμό των εκπαιδευομένων. Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στον επιστημονικό γραμματισμό και παρουσιάζει τον συνεργατικό σχεδιασμό κάποιων θεματικών ενοτήτων από εκπαιδευτικούς των Σ.Δ.Ε., έπειτα από ένα επιμορφωτικό σεμινάριο. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από τα ποιοτικά δεδομένα της παρούσας έρευνας, καταδεικνύεται το πώς η εργασία σε ομάδες βοήθησε τους εκπαιδευτικούς προκειμένου να μετεξελιζούν τις παραδοσιακές αντιλήψεις και πρακτικές τους (διδασκαλία με έμφαση στο επιστημονικό περιεχόμενο) προς το σχεδιασμό καθημερινών μαθησιακών περιβαλλόντων επιστήμης, αξιοποιώντας στοιχεία της προσωπικής, εργασιακής ή κοινωνικής ζωής των ενηλίκων εκπαιδευομένων των Σ.Δ.Ε.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας, εκπαίδευση ενηλίκων, επιστημονικός γραμματισμός, σχεδιασμός Αναλυτικών Προγραμμάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Σ.Δ.Ε. ιδρύθηκαν στην Ελλάδα το 1997 προκειμένου να στηρίξουν κοινωνικές ομάδες που μέλη τους είχαν εγκαταλείψει το σχολείο. Τα άτομα αυτά στην εξέλιξη της ζωής τους, ως ενήλικες αντιμετώπιζαν, συχνά, τον κοινωνικό και εργασιακό αποκλεισμό, καθώς δεν διέθεταν τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες προκειμένου να αντεπεξέλθουν στις σύγχρονες απαιτήσεις της ζωής. Έτσι, ο σκοπός που τέθηκε για τα Σ.Δ.Ε. ήταν «η προσωπική και κοινωνική ανάπτυξη των εκπαιδευομένων, καθώς επίσης και η αύξηση των δυνατοτήτων απασχόλησής τους» (ΙΔΕΚΕ, 2003). Υπό το πρίσμα αυτό, αλλά και δεδομένων των ιδιαίτερων γνώσεων και δεξιοτήτων που απαιτείται να έχει σήμερα ένας

πολίτης στη σύγχρονη «Κοινωνία της γνώσης και της τεχνολογίας», θεωρήθηκε ότι βασικός πυλώνας της εκπαίδευσης στα σχολεία αυτά οφείλει να είναι ο επιστημονικός και τεχνολογικός γραμματισμός των ενηλίκων εκπαιδευομένων (ΙΔΕΚΕ, 2003).

Η ποικιλομορφία που έχουν οι πληθυσμοί των Σ.Δ.Ε. ως προς τα ηλικιακά, πολιτισμικά, εργασιακά και κοινωνικά τους χαρακτηριστικά (μετανάστες, Ρομά, φυλακισμένοι, άνεργοι, αγρότες κλπ.), δημιούργησαν την ανάγκη για τοπική ανάπτυξη των Α.Π., προκειμένου αυτά να είναι προσαρμοσμένα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και στις ανάγκες του εκάστοτε πληθυσμού. Για το λόγο αυτό, το έργο του σχεδιασμού και της ανάπτυξης του Α.Π. του κάθε αντικειμένου το αναλαμβάνει ανά σχολική μονάδα ο ίδιος ο εκπαιδευτικός (ΙΔΕΚΕ, 2003).

Η αντίληψη περί τοπικού σχεδιασμού Α.Π. με σκοπό την προσέγγιση των ιδιαίτερων αναγκών και συνθηκών που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευόμενοι είναι συνεπής με τις τάσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας (DeBoer, 2000). Ιδιαίτερα όσον αφορά πληθυσμούς ενηλίκων εκπαιδευομένων που προέρχονται από το κοινωνικό περιθώριο η βιβλιογραφία (Layton, Davey & Jenkins, 1986; Roth & Lee, 2004) υπογραμμίζει ότι η επιστημονική γνώση πρέπει να αντιμετωπίζεται ως στοιχείο που ενυπάρχει σε ζητήματα που αντιμετωπίζει το άτομο στην καθημερινότητά του, είτε αυτά αφορούν στην προσωπική και εργασιακή του ζωή (π.χ. υγεία-φάρμακα, αγρότες-λιπάσματα) είτε στην αλληλεπίδρασή του με τους συνανθρώπους του και σε καταστάσεις που αντιμετωπίζει ως πολίτης στο πλαίσιο της τοπικής κοινωνίας (π.χ. στη λήψη μίας απόφασης για τη δημιουργία ΧΥΤΑ στον δήμο τους). Η αντίληψη αυτή για τον επιστημονικό γραμματισμό που ταυτίζει τον όρο με τον εγγραμματισμό των εκπαιδευομένων σε καθημερινές καταστάσεις σχετικές με την επιστήμη και η οποία, επιπλέον, λαμβάνει υπόψη της τις τοπικές συνθήκες δράσης και τις ιδιαίτερες ανάγκες των εκπαιδευομένων, διαφοροποιείται ουσιαστικά (ως προς τους σκοπούς της αλλά και ως προς την ιδεολογία της) από την καθιερωμένη αντίληψη που εστιάζει στη διδασκαλία της επιστήμης καθαυτής (π.χ. διδασκαλία εννοιών, αρχών και νόμων της επιστήμης, Οπτική Ι κατά Roberts, 2007).

Ερευνητικά δεδομένα, ωστόσο, που αφορούν στις πρακτικές των εκπαιδευτικών των Σ.Δ.Ε. σχετικά με τη διαμόρφωση Α.Π. για τον επιστημονικό γραμματισμό, φανερώνουν ότι οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να σχεδιάσουν Α.Π. προσαρμοσμένα στα βιώματα, στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των εκπαιδευομένων στα Σ.Δ.Ε. (Οπτική II) και έτσι, συνθήως, επικεντρώνονται στη διδασκαλία των εννοιών της επιστήμης (Kollas & Halkia, 2013). Πιο αναλυτικά, οι πιο άπειροι εκπαιδευτικοί δομούν Α.Π. που εστιάζουν στη θεωρητική (π.χ. Νόμοι του Νεύτωνα) και όχι τη βιωματική κατανόηση της επιστήμης, αναπαράγοντας εν πολλοίς το πρότυπο της διδασκαλίας των φ.ε. της τυπικής εκπαίδευσης. Από την άλλη μεριά, οι εκπαιδευτικοί των Σ.Δ.Ε. που έχουν μεγαλύτερη εμπειρία στην εκπαίδευση ενηλίκων συμπεριλαμβάνουν στις ενότητες τους και καταστάσεις της καθημερινής ζωής που είναι σχετικές με την επιστήμη. Οι καταστάσεις αυτές, ωστόσο, αφορούν -ως επί το πλείστον- ζητήματα γενικού ενδιαφέροντος (π.χ. οι ακτινοβολίες στη ζωή μας), ζητήματα δηλαδή που δεν εκπορεύονται από τα προβλήματα ή τις ιδιαίτερες ανάγκες των εκάστοτε εκπαιδευομένων των Σ.Δ.Ε.

Τα παραπάνω δεδομένα είναι αναμενόμενα, καθώς οι εκπαιδευτικοί των Σ.Δ.Ε. καλούνται να υπερβούν ένα σύστημα παγιωμένων αντιλήψεων που φέρουν οι ίδιοι αναφορικά με την επιστήμη και τη διδασκαλία της. Το στοιχείο αυτό δεν είναι καθόλου εύκολο αφού η επιστήμη στο πλαίσιο της τυπικής εκπαίδευσης (που είναι το κυρίαρχο παράδειγμα για τους εκπαιδευτικούς) αντιμετωπίζεται ως ένα σώμα που αφορά ένα σύνολο αντικειμενικών αρχών, νόμων και μεθόδων, δίχως ιστορικό, κοινωνικό, ιδεολογικό και ηθικό περιεχόμενο (Lemke, 1990). Επιπλέον, στην κατάκτηση των επιστημονικών γνώσεων προσδίδεται συνήθως μια αυταξία, καθώς θεωρείται ότι αφενός αυτές αποτελούν προϋπόθεση για την προετοιμασία της νέας γενιάς επιστημόνων, αφετέρου ότι αποτελούν εφόδια που εμπλουτίζουν την κριτική ικανότητα του μαθητή και τη δυνατότά του να λαμβάνει αποφάσεις στη μετέπειτα ζωή του. Ωστόσο, η καθημερινότητα των εκπαιδευόμενων (και ιδιαίτερα των ενηλίκων εκπαιδευόμενων των Σ.Δ.Ε.) απαιτεί από αυτούς δεξιότητες ώστε να μπορούν να διαχειρίζονται αβεβαιότητες και να σταθμίζουν αντικρουόμενα διλήμματα. Η επιστημονική γνώση καθεαυτή, σε αυτές τις περιπτώσεις, σπάνια μπορεί να υποστηρίξει τους εκπαιδευόμενους (Levinson, 2006; Brickhouse, 2007). Για τους λόγους αυτούς, βασικός σκοπός των προγραμμάτων εκπαίδευσης που επιδιώκουν την «αναδόμηση» των πρακτικών των εκπαιδευτικών κατά το σχεδιασμό των Α.Π. (από Α.Π. Οπτικής Ι προς ενότητες συμβατές με τις ανάγκες και τα βιώματα των εκπαιδευόμενων - Οπτικής ΙΙ) είναι η αναγνώριση από μέρους τους της «αξίας» της επιστημονικής γνώσης με γνώμονα την καθημερινότητα και τις ανάγκες των εκπαιδευόμενων.

Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το ερευνητικό ερώτημα και ο σκοπός του σεμιναρίου επιμόρφωσης

Στην παρούσα εργασία το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε ήταν: *«Κατά πόσον μπορούν οι εκπαιδευτικοί, μετά από ένα σεμινάριο επιμόρφωσης, να σχεδιάσουν συνεργατικά θεματικές ενότητες για τα Α.Π. τους, οι οποίες να εστιάζουν σε ζητήματα «καθημερινής επιστήμης» με γνώμονα τις ιδιαίτερες ανάγκες (προσωπικές, εργασιακές ή κοινωνικές) του πληθυσμού των εκπαιδευόμενων στον οποίο αναφέρονται».*

Ο σκοπός που τέθηκε για το σεμινάριο ήταν να αναγνωρίσουν οι εκπαιδευτικοί την ασυμβατότητα της παραδοσιακής ιδεολογίας περί διδασκαλίας των φ.ε. με α) τους σκοπούς της εκπαίδευσης στο πλαίσιο των Σ.Δ.Ε. και β) το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο της ζωής των εκπαιδευόμενων των Σ.Δ.Ε., τις ανάγκες (προσωπικές, εργασιακές ή κοινωνικές) και τα ενδιαφέροντα που αυτοί έχουν. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί, μέσα από το σεμινάριο επιμόρφωσης, έπρεπε να καταστούν ικανοί, όχι μόνο να αναγνωρίζουν, αλλά και να αξιοποιούν κατάλληλα τα χαρακτηριστικά, τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα του πληθυσμού τους, ώστε να δημιουργούν, συνεργατικά, μαθησιακά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία των φ.ε. που να «κάνουν νόημα» στους εκπαιδευόμενους τους.

Το πλαίσιο του σεμιναρίου επιμόρφωσης

Με γνώμονα τα παραπάνω, το σεμινάριο που παρακολούθησαν οι εκπαιδευτικοί ήταν εποικοδομητικού τύπου, αποσκοπούσε δηλαδή στην εννοιολογική αλλαγή (αλλαγή των αντιλήψεων και των πρακτικών των εκπαιδευτικών των Σ.Δ.Ε.) (Hewson et al., 1999). Ο

σχεδιασμός του σεμιναρίου βασίστηκε στο μεθοδολογικό μοντέλο που εισάγεται από το πρόγραμμα STTIS (Science Teacher Training in an Information Society) (Pinto, 2005). Το σεμινάριο συνοψίζεται στα εξής στάδια:

- Ανάδειξη ιδεών: Ανάδειξη των αντιλήψεων και πρακτικών των εκπαιδευτικών κατά τον σχεδιασμό Α.Π. για τον επιστημονικό γραμματισμό (στοχοθεσία, κριτήρια επιλογής του περιεχομένου, τρόπος ανάπτυξης των θεματικών ενοτήτων).
- Γνωστική σύγκρουση: Καθοδήγηση των εκπαιδευτικών, με κατάλληλες ερωτήσεις, προκειμένου να επιχειρηματολογήσουν και τελικά να αντιμετωπίσουν το γεγονός ότι οι αντιλήψεις και πρακτικές τους δεν είναι συμβατές με τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες των εκπαιδευόμενων στα Σ.Δ.Ε. (π.χ. να αναρωτηθούν κατά πόσον η γνώση των Νόμων του Νεύτωνα αφορά τις καθημερινές ανάγκες και τα προβλήματα των εκπαιδευόμενων των ΣΔΕ -αγροτών, ανέργων, φυλακισμένων, μεταναστών, κ.λπ.),
- Παρέμβαση: Πρόταση μίας ακολουθίας για τον σχεδιασμό θεματικών ενοτήτων για τον επιστημονικό γραμματισμό των εκπαιδευόμενων στα Σ.Δ.Ε. Η ακολουθία αυτή εντάσσει την επιστημονική γνώση εντός αυθεντικών καθημερινών ζητημάτων και προβλημάτων που σχετίζονται με την ζωή και με τα ενδιαφέροντα των εκπαιδευόμενων (πλαισιωμένη μάθηση).
- Εφαρμογή: Σχεδιασμός θεματικών ενοτήτων (υπό τη μορφή αναλυτικών σχεδίων για κάθε μάθημα) από τους εκπαιδευτικούς σε μικρές ομάδες (μία ενότητα η κάθε ομάδα). Η δόμηση των ομάδων γίνεται από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς με κριτήριο το κοινό ενδιαφέρον τους (λόγω των χαρακτηριστικών και των αναγκών του πληθυσμού τους) για την ανάπτυξη μίας θεματικής ενότητας.

Ο κομβικός ρόλος της ομαδοσυνεργατικής

Σημαντικό εργαλείο, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή μετάβαση στις αντιλήψεις και στις πρακτικές των εκπαιδευτικών, ήταν η ομαδοσυνεργατική. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Ματσαγγούρας, 2000), η διαδικασία αυτή παρέχει το απαραίτητο δημοκρατικό περιβάλλον που διευκολύνει την κινητοποίηση του ατόμου, την έκφραση και τη ζύμωση των ιδεών. Η κάθε ομάδα λειτουργεί ως δημιουργός και ρυθμιστής επιχειρημάτων – αντεπιχειρημάτων, αλλά και ως καταλύτης σύνθεσης των αντίθετων απόψεων, με αποτέλεσμα οι όποιες εσωτερικές συγκρούσεις του καθενός να συνειδητοποιούνται και να επιλύονται πολύ πιο εύκολα μέσα στο πλαίσιο της ομάδας παρά σε ατομικό επίπεδο.

Το δείγμα

Το σεμινάριο επιμόρφωσης υλοποιήθηκε στους χώρους του ΠΤΔΕ του ΕΚΠΑ ήταν διήμερο (συνολικά διήρκεσε 12 ώρες) και συμμετείχαν σε αυτό επτά εκπαιδευτικοί των Σ.Δ.Ε. Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στο σεμινάριο ήταν διαφόρων ειδικοτήτων, είχαν διαφορετικό επίπεδο διδακτικής εμπειρίας και εργάζονταν σε Σ.Δ.Ε. με διαφορετικά

κοινωνικοπολιτισμικά χαρακτηριστικά εκπαιδευομένων (βλ. Πίνακα 1) (σκοπίμη δειγματοληψία).

Πίνακας 1: Τα χαρακτηριστικά του δείγματος των εκπαιδευτικών

ΕΚΠ.	ΦΥΛΟ – ΗΛΙΚΙΑ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΔΕ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ
E1	Γυναίκα (46)	Φυσικός	Βόλος	- 4 χρόνια ωρομίσθια στα ΣΔΕ - 10 χρόνια ωρομίσθια σε άλλες δομές εκπαίδευσης ενηλίκων
E2	Γυναίκα (30)	Βιολόγος & Δασκάλα	Αμύνταιο (Φλώρινα)	- Χωρίς προηγούμενη εμπειρία στα ΣΔΕ - 4 χρόνια δασκάλα
E3	Ανδρας (32)	Φυσικός	Άσσος Λεχαιού (Κορινθία)	- 3 χρόνια ωρομίσθιος στα ΣΔΕ - 3 χρόνια σε ΙΕΚ
E4	Ανδρας (60)	Γεωλόγος	Ρόδος	- 5 χρόνια αποσπασμένος στα ΣΔΕ - 21 χρόνια στην τυπική εκπαίδευση
E5	Ανδρας (48)	Φυσικός	Φυλακές Δομοκού	- 4 χρόνια ωρομίσθιος στα ΣΔΕ - 10 χρόνια ενισχυτική διδασκαλία στο Λύκειο
E6	Γυναίκα (33)	Γεωλόγος	Νάουσα	- 4 χρόνια ωρομίσθια στα ΣΔΕ
E7	Γυναίκα (26)	Γεωλόγος	Καλλιθέα (Αθήνα)	- Χωρίς προηγούμενη διδακτική εμπειρία

Τα εργαλεία της έρευνας

Το περιεχόμενο του σεμιναρίου βιντεοσκοπήθηκε. Κατά την ανάλυση οι διάλογοι των εκπαιδευτικών στην κάθε ομάδα αναλύθηκαν ποιοτικά (video analysis), προκειμένου να εντοπιστούν οι πιθανές δυσκολίες τους αλλά και οι τρόποι υπέρβασής τους κατά την κρίσιμη μετάβαση από τα Α.Π. που αποσκοπούν στη διδασκαλία του περιεχομένου της επιστήμης (Οπτική Ι), σε θεματικές ενότητες καθημερινής επιστήμης με γνώμονα τα χαρακτηριστικά της ζωής και τις ανάγκες των εκάστοτε εκπαιδευομένων (Οπτική ΙΙ).

ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Πριν την παρέμβαση

Κατά την φάση της ανάδειξης ιδεών του σεμιναρίου, αποτυπώθηκαν οι αντιλήψεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών κατά το σχεδιασμό των Α.Π. Εκεί φάνηκε ότι οι 5 από τους 7 εκπαιδευτικούς έθεταν σκοπούς και ανέπτυσαν θεματικές ενότητες που σχετίζονται με τη διδασκαλία του περιεχομένου της επιστήμης (Οπτική Ι, π.χ. μηχανική, δομή της ύλης).

Σύμφωνα με τα απόψεις τους: *«Ο επιστημονικός γραμματισμός των εκπαιδευομένων σημαίνει απλά να μάθουν οι εκπαιδευόμενοι την αλφαβήτα της επιστήμης, δηλαδή να κατακτήσουν βασικές γνώσεις για τις φ.ε.»*

Οι άλλοι δύο εκπαιδευτικοί (Ε2 και Ε6) έθεταν σκοπούς και ανέπτυσαν θεματικές ενότητες που σχετίζονται με την κατάκτηση γνώσεων χρήσιμων για την καθημερινή ζωή (Οπτική ΙΙ, π.χ. αναπαραγωγή και έμβρυο). Τα θέματα που επέλεξαν αυτοί οι εκπαιδευτικοί ήταν κυρίως γενικού ενδιαφέροντος ζητήματα (π.χ. Οξέα – βάσεις – άλατα στην καθημερινή ζωή), αν και στο περιεχόμενο του Α.Π. τους εντοπίζουμε και κάποια λίγα ζητήματα που είναι σχετικά με το πλαίσιο ζωής των εκπαιδευομένων στους οποίους αναφέρονταν (π.χ. Παραγωγή ενέργειας σε εκπαιδευμένους που εργάζονται στη ΔΕΗ, καρκίνος σε εκπαιδευόμενους που βιώνουν ανάλογα προβλήματα στο οικογενειακό τους περιβάλλον). Για αυτούς τους εκπαιδευτικούς: *«Ο επιστημονικός γραμματισμός αφορά στην κατάκτηση απλών γνώσεων που θα χρησιμεύσουν στους εκπαιδευόμενους στην καθημερινότητά τους (π.χ. βασικές γνώσεις για το ανθρώπινο σώμα, την υγεία και την αναπαραγωγή)»*.

Οι δυσκολίες των εκπαιδευτικών κατά την παρέμβαση

Κατά την παρέμβαση, όπως ήταν αναμενόμενο, οι εκπαιδευτικοί εξέφρασαν έντονες διαφωνίες όταν τους προτάθηκε μια προσέγγιση που επί της ουσίας αμφισβητούσε την κυρίαρχη αντίληψη περί διδασκαλίας των φ.ε. Αυτές εκφράστηκαν κυρίως από εκπαιδευτικούς που είτε έχουν πολλά χρόνια διδακτικής εμπειρίας στην τυπική εκπαίδευση (Ε4 και Ε5) είτε προέρχονται από σπουδές σε πεδία «σκληρής» επιστήμης (Ε3 και Ε5 σπουδές στο Φυσικό).

Επιμ.: *«Τα θέματα που πρέπει να επιλέγονται σε ένα Α.Π., δεν πρέπει να επιλέγονται υπό το πρίσμα της «αξίας» τους για την επιστήμη, αλλά της «αξίας» τους για τη ζωή των εκπαιδευομένων. Η μελέτη των φυσικών εννοιών στην προσέγγιση αυτή πρέπει να γίνεται γιατί το απαιτεί μία προβληματική κατάσταση που θέσατε και η οποία καλό είναι να αφορά άμεσα στην καθημερινή ζωή των εκπαιδευομένων. Αυτό είναι πολύ σημαντικό ώστε να έχουν τελικά οι εκπαιδευόμενοι το ενδιαφέρον να γνωρίσουν την επιστημονική γνώση και να μπορούν να της αποδώσουν νόημα.»*

Ε3: *«Πάντως οι εκπαιδευόμενοι μου, ίσως επειδή δεν έχουν προσλάβει από την τυπική εκπαίδευση δεδομένες εικόνες της επιστήμης, όπως για παράδειγμα το πλανητικό μοντέλο του ατόμου, είναι πολύ πιο δεκτικοί, έχουν λιγότερες εναλλακτικές ιδέες και μπορούν πολύ πιο εύκολα να μάθουν ακόμη και πολύ «σκληρές» έννοιες ή φαινόμενα, όπως ότι το ηλεκτρόνιο δεν μπορώ να το εντοπίσω εδώ ή εκεί αλλά βρίσκεται με μία πιθανότητα κάπου στο ηλεκτρονιακό νέφος που περιβάλλει το άτομο.»*

Επιμ.: *«Σημασία πάντως δεν έχει αν δυσκολεύονται ή όχι. Ο προβληματισμός είναι αν η γνώση αυτή έχει αληθινή «αξία» για τον εκπαιδευόμενο στη ζωή του.»*

Ε7: *«Η πιθανότητα να συνεχίσουν οι εκπαιδευόμενοι στο Λύκειο είναι που με κάνει να πέσω στην παγίδα για να εισάγω τέτοιες έννοιες.»*

Ε6: *«Εγώ πιστεύω πως αυτό που θα τους μείνει εν τέλει, είναι αυτό που έχει σχέση με την καθημερινότητά τους. Τα άλλα δεν πιστεύω ότι τα καταλαβαίνουν.»*

E2: «Και εγώ συμφωνώ. Εγώ έχοντας κάνει σπουδές και στο Παιδαγωγικό Τμήμα, έβλεπα ότι ακόμη και άριστοι μαθητές δεν μπορούν να κατανοήσουν παρόμοιες έννοιες. Δεν καταλαβαίνω πώς λες ότι τις κατανοούν οι εκπαιδευόμενοι των Σ.Δ.Ε.»

E4: «Εμένα πάντως μου ζητούν έννοιες όπως η ραδιενέργεια και πιστεύω ότι τις καταλαβαίνουν».

Επιμ.: «Να υπενθυμίσω ότι άλλο είναι το δίλημμα: Γιατί στον χρόνο που έχετε μπροστά σας, στα δύο τετράμηνα όσοι είστε ωρομίσθιοι, είναι σημαντικό να διδάξετε για παράδειγμα το κβαντικό πρότυπο του ατόμου που ανέφερε ο E3;»

E5: «Μα αφού είναι επιστημονικός γραμματισμός, δεν πρέπει να διδάξω βασικές έννοιες-κλειδιά των φ.ε.;»

E3: «Εγώ καταλαβαίνω ότι η επιστήμη για αυτούς τους ανθρώπους είναι σημαντική μέσα από τις εφαρμογές της, όμως ανεξαρτήτως των εφαρμογών, δεν είναι σημαντική πτυχή για αυτούς τους ανθρώπους ο επιστημονικός τρόπος σκέψης ή η επιστημονική μεθοδολογία;»

Στην περίπτωση αυτή, ο διάλογος που αναπτύσσεται μεταξύ των ιδίων των εκπαιδευτικών και οι διαφορετικές απόψεις/προσεγγίσεις που υπάρχουν για το εν λόγω ζήτημα, προωθούν τον προβληματισμό τους αναφορικά με την «αξία» της επιστημονικής γνώσης. Για τον λόγο αυτό, τους παροτρύναμε να αλλάξουν «σκοπιά», να επιχειρήσουν, δηλαδή, να αξιολογήσουν την «αξία» της επιστημονικής γνώσης με γνώμονα το πλαίσιο της ζωής και τις ανάγκες των εκπαιδευομένων τους (π.χ. σε τι θα συνεισφέρει η γνώση του κβαντικού προτύπου στη μετέπειτα ζωή ενός αγρότη).

Οι πρακτικές των εκπαιδευτικών κατά την επιλογή και τον σχεδιασμό των θεματικών ενοτήτων μετά την παρέμβαση

Μετά την παρέμβαση, οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να δομήσουν ομάδες με κριτήριο το κοινό ενδιαφέρον τους για την ανάπτυξη μιας θεματικής ενότητας. Έτσι οι θεματικές ενότητες που επέλεξαν οι εκπαιδευτικοί ήταν:

- Κρασί – Αλκοόλ (οι E3 και E6)
- Σεξουαλικά μεταδιδόμενα νοσήματα (ΣΜΝ) (οι E1, E2 και E7)
- Τεχνολογίες του διαστήματος (οι E4 και E5)

Στα θέματα αυτά φαίνεται ότι: α) Οι εκπαιδευτικοί E3 και E6 επέλεξαν μια θεματική με γνώμονα τα εργασιακά ενδιαφέροντα των εκπαιδευομένων τους (αγρότες) και την κουλτούρα του τόπου στον οποίο αναφέρονται (περιοχές με παράδοση στην παραγωγή κρασιού). β) Οι E1, E2 και E7 επέλεξαν ένα θέμα καθημερινό (Οπτικής II), το οποίο ωστόσο δεν αφορούσε άμεσα τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού τους (E1: «είναι ένα θέμα που αφορά τον καθένα»). γ) Οι E4 και E5 επέλεξαν ένα ζήτημα με γνώμονα το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων τους. Χαρακτηριστικά ο E5 που εργάζεται σε σχολείο φυλακών ανέφερε: «Τέτοια θέματα τους εντυπωσιάζουν και τους ταξιδεύουν»

Η κυρίαρχη δυσκολία των εκπαιδευτικών κατά την ανάπτυξη των θεματικών ενοτήτων αφορούσε στον βαθμό και στον τρόπο που θα έπρεπε να μετασχηματίσουν την επιστημονική γνώση σε γνώση χρήσιμη για την καθημερινή ζωή των εκπαιδευομένων. Πιο συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί, μόλις έφταναν στο σημείο όπου έπρεπε να εισαχθούν

οι νέες γνώσεις προκειμένου οι εκπαιδευόμενοι να μπορούν να επιλύσουν την αρχική προβληματική (πλαίσιο) που έθεσαν, είτε έτειναν να παρασύρονται στη διδασκαλία των εννοιών ξεπερνώντας τα όρια που καθόριζε το αρχικό πλαίσιο, είτε έδειχναν να δυσκολεύονται να διαχειριστούν διδακτικά τις νέες έννοιες που εμπεριέχονται, καθώς τα πλαίσια της καθημερινότητας που είχαν σχεδιάσει όριζαν ένα αρκετά ευρύ πεδίο επιστημονικών γνώσεων που τους καθιστούσε ανασφαλείς για να το διαχειριστούν διδακτικά. Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί παραθέτουμε ένα παράδειγμα του τρόπου ανάπτυξης της θεματικής ενότητας (ΣΜΝ). Εκεί, οι εκπαιδευτικοί καλούν έναν ειδικό για να συζητήσει το απαραίτητο επιστημονικό περιεχόμενο καθώς οι ίδιοι αδυνατούν να εντοπίσουν και να διαπραγματευτούν τις απαραίτητες έννοιες που έπρεπε να διδάξουν (Ε1: «Αναρωτιόμαστε αν θα πρέπει να διδάξουμε και το αναπαραγωγικό σύστημα και σε ποιο βαθμό;»).

Πίνακας 2: ΣΜΝ: Ένα παράδειγμα του τρόπου ανάπτυξης μίας θεματικής ενότητας

ΣΤΑΔΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ
Αρχική προβληματική	Προβολή ρεπορτάζ σχετικά με τις ευθύνες ιερόδουλων για τη μετάδοση του AIDS σε πελάτες, πολλοί από τους οποίους ήταν οικογενειάρχες.
Βασικά ερωτήματα	Τι είναι το AIDS; Τι είναι τα ΣΜΝ; Γνωρίζετε άλλα ΣΜΝ; Πώς μεταδίδονται;
Μελέτη των επιστημονικών εννοιών που εμπεριέχονται	Ανάδειξη ιδεών των εκπαιδευομένων σχετικά με την μετάδοση των αφροδισίων νοσημάτων και του ιού του HIV. Επίσκεψη ειδικού. Προσπάθεια να αντιμετωπιστούν προκαταλήψεις για τον τρόπο μετάδοσης του ιού. Προφύλαξη ή θεραπεία;
Οι σχέσεις επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας	Συζητώνται ερωτήματα που αναφέρονται σε κοινωνικά ζητήματα και ηθικά διλήμματα όπως το «πώς πιστεύουν ότι μία κοινωνία πρέπει να προστατεύει τους πολίτες της», «γιατί στο δημόσιο διάλογο εκτέθηκαν και λοιδορήθηκαν οι ιερόδουλες, ενώ προστατεύτηκαν οι πελάτες», «ποιος ο ρόλος των ΜΜΕ στην αναπαραγωγή κοινωνικών στερεοτύπων», κ.λπ.
Ολοκλήρωση	Επιστροφή στο αρχικό πλαίσιο και συζήτηση σχετικά με την υιοθέτηση υπεύθυνης σεξουαλικής συμπεριφοράς.

Πάντως ο ρόλος των ομάδων των εκπαιδευτικών στην υπέρβαση των δυσκολιών τους αναφορικά με το βαθμό μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης, υπήρξε καθοριστικός. Στον διάλογο που ακολουθεί φαίνεται πώς οι διαφορετικές αντιλήψεις των δύο εκπαιδευτικών βοήθησαν, προκειμένου να αμφισβητηθεί η παραδοσιακή αντίληψη του Ε3 που εστίαζε στη διδασκαλία της επιστημονικής γνώσης καθεαυτής και να υιοθετηθεί, εν τέλει, μία πρακτική που λάμβανε υπόψη την ανάγκη των εκπαιδευομένων

για να γνωρίσουν το επιστημονικό περιεχόμενο, στο επίπεδο που αυτό τους αφορά στην ζωή τους.

E6: «Όταν μιλήσουμε για το αλκοόλ πώς λες να το προσεγγίσουμε; Μέχρι ποιο σημείο θα φτάσουμε;»

E3: «Εννοείς αν θα πρέπει, για παράδειγμα, να αναφέρουμε τον χημικό τύπο της αιθυλικής αλκοόλης;»

E6: «Εγώ πιστεύω πως σε καμία περίπτωση δε χρειάζεται ο εκπαιδευόμενος να ξέρει τι είναι η αιθυλική αλκοόλη και ότι έχει δύο άνθρακες ή υδροξύλιο.»

E3: «Εξαρτάται τι επιστημονική γνώση θέλεις να αντιλήσεις από ένα θέμα. Δεν θα μιλήσουμε, για παράδειγμα, μετά για τη χημική αντίδραση της αλκοολικής ζύμωσης; Γιατί αν μιλήσουμε για αυτό, τότε πρέπει να ξέρει και τον χημικό τύπο της αιθυλικής αλκοόλης.»

E6: «Εγώ το μόνο που θέλω να ξέρει από την αλκοολική ζύμωση είναι πως πρόκειται για μία διαδικασία κατά την οποία αναπτύσσεται ένας μύκητας όταν πατάμε τα σταφύλια. Παραπάνω γνώση δε νομίζω ότι ενδιαφέρει ή αφορά τον πληθυσμό μου.»

E3: «Μάλλον έχεις δίκιο.»

Συνοψίζοντας, παρά τις παραπάνω δυσκολίες οι εκπαιδευτικοί, στο σύνολό τους, μπόρεσαν να εφαρμόσουν επιτυχώς τα στάδια της προτεινόμενης ακολουθίας, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στα κριτήρια επιλογής των θεματικών ενοτήτων και στη διαμόρφωση ενός περιβάλλοντος μάθησης που να είναι καθημερινό και συμβατό με τα χαρακτηριστικά της ζωής, τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των εκπαιδευομένων τους. Η εποικοδομητική προσέγγιση που επιλέχθηκε ως διδακτικό εργαλείο καθώς και η ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο της κάθε ομάδας των εκπαιδευτικών ήταν στοιχειά κομβικά ώστε να επιτευχθεί η επιδιωκόμενη εξέλιξη στις πρακτικές των εκπαιδευτικών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το αντικείμενο του σεμιναρίου αφορούσε στην αλλαγή / μετεξέλιξη των αντιλήψεων και των πρακτικών των εκπαιδευτικών. Είναι σαφές ότι ο στόχος αυτός προϋπέθετε την υπέρβαση εσωτερικών συγκρούσεων που αφορούν ένα καλά παγιωμένο σύστημα αναφορικά με τη διδασκαλία των επιστημών. Υπό το πρίσμα αυτό, η ομαδοσυνεργατική μελέτη ενός θέματος παρείχε το περιβάλλον εκείνο που έκανε εφικτή την κριτική «ανάγνωση» των σκοπών του συστήματος της τυπικής εκπαίδευσης, της δυνατότητας μεταφοράς των χαρακτηριστικών της στο περιβάλλον των Σ.Δ.Ε., της υιοθέτησης νέων πρακτικών για τη διδακτική πράξη και τελικά την εφαρμογή τους (συνθέτοντας γνώσεις και δεξιότητες) κατά το σχεδιασμό ενός καινοτόμου Α.Π. Για το λόγο αυτό θεωρούμε ότι οι ομάδες των εκπαιδευτικών θα έπρεπε να αποτελούν δομικό στοιχείο της λειτουργίας των Σ.Δ.Ε., δηλαδή εκπαιδευτικοί που εργάζονται σε παρόμοια κοινωνικοπολιτισμικά πλαίσια θα μπορούσαν να συνεργάζονται για τον από κοινού σχεδιασμό των Α.Π. τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Brickhouse, N. W. (2007). *Scientific literates: What do they do? Who are they?* Paper presented at the Linnaeus Tercentenary Symposium: Promoting Scientific Literacy: Science Education Research in Transaction. Sweden: Uppsala University, Uppsala.

- De Boer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582-601.
- Hewson, P. W., Tabachnick, B. R., Zeichner, K. M., Blomker, K. B., Meyer, H., Lemberger, J., Marion, R., Park, H., & Toolin, R. (1999). *Educating prospective teachers of biology: Introduction and research methods*. Science Education, 83 (3), 247 – 273.
- Kollas, S., & Halkia, K. (2013). *Second Chance Schools in Greece: Science teachers' views and practices on designing scientific literacy curricula*. Paper presented at the 10th Conference of the ESERA held in Nicosia, Cyprus from 2 to 7 September 2013.
- Layton, D., Davey, A., & Jenkins, E. (1986). Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy. *Studies in Science Education*, 13, 27-52.
- Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28 (10), 1201–1224.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Norwood, NJ: Ablex.
- Pintó, R. (2005). Introducing curriculum innovations in science: Identifying teachers' transformations and the design of related teacher education. *Science Education*, 89 (1), 1–12.
- Roberts, D. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Roth, W-M., & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88, 263-291.
- Ινστιτούτο Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων (2003). *Προδιαγραφές Σπουδών για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας*. Έκδοση του Ινστιτούτου Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας, Η. (2000). *Η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία: «Γιατί», «Πώς», «Πότε» και «για Ποιους»*. Εργασία που παρουσιάστηκε στο διήμερο επιστημονικό συμπόσιο: «Η εφαρμογή της ομαδοκεντρικής διδασκαλίας – Τάσεις και εφαρμογές», Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2000.

Σενάριο διδασκαλίας για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός με τη χρήση του λογισμικού «ΜΑΘΗΜΑ» σε μαθητές Ε΄ Δημοτικού Σχολείου

Φύλιππος Β. Ευαγγέλου¹ & Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης²

¹ Δάσκαλος, Διδάκτορας στο Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, filipevang@gmail.com

² Καθηγητής στο Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, kkotsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία αναλύεται διεξοδικά η εφαρμογή ενός σεναρίου διδασκαλίας για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός σε 55 μαθητές της Ε΄ τάξης Δημοτικού Σχολείου. Η καινοτομία αυτού του σεναρίου διδασκαλίας έγκειται τόσο στο γεγονός ότι στηρίζεται στη χρήση του λογισμικού «ΜΑΘΗΜΑ» ως γνωστικού εργαλείου όσο και στο ότι η παιδαγωγική προσέγγιση που χρησιμοποιείται στηρίζεται στις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης. Το συγκεκριμένο σενάριο διδασκαλίας απαρτίζεται από τα εξής δυο μέρη: α) τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και β) τα φύλλα εργασίας των μαθητών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πειράματα, ανάκλαση φωτός, λογισμικό ΜΑΘΗΜΑ, εποικοδομητική προσέγγιση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέσα από τη διαρκή ανάπτυξη της τεχνολογίας και της συνεχούς εξέλιξης νέων καινοτόμων τεχνολογικών εργαλείων, όπως είναι τα λογισμικά προσομοίωσης, οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) φαίνεται να αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για την υποστήριξη της διδασκαλίας και μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, περιλαμβάνοντας και υλοποιώντας χαρακτηριστικά που απαιτούνται από τις Φυσικές Επιστήμες (Τζιμογιάννης,2004; Ψύλλος,2007; Ταραμόπουλος, Ψύλλος & Χατζηκρανιώτης, 2010).

Η ραγδαία, λοιπόν, ανάπτυξη των ΤΠΕ και οι εφαρμογές τους στη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών δημιουργούν νέα ισχυρά μαθησιακά περιβάλλοντα (Ψύλλος,2007). Η βιβλιογραφία παρουσιάζει πολλαπλά παραδείγματα της αποτελεσματικότητας των προσομοιώσεων στην ανάπτυξη της γνώσης περιεχομένου, στην εννοιολογική αλλαγή και στην καλλιέργεια δεξιοτήτων, καθώς και στην υποστήριξη διδακτικών προτύπων και θεωριών όπως είναι η εννοιολογική αλλαγή (Bell & Smetana, 2008; Jaakkola & Nurmi, 2008; Ταραμόπουλος, Ψύλλος & Χατζηκρανιώτης, 2010;

Zacharia & Olymriou, 2011). Με άλλα λόγια, η ένταξη ενός λογισμικού σε μία διδακτική πρακτική γίνεται μέσω κατάλληλα δομημένων διδακτικών σεναρίων που το αξιοποιούν στο πλαίσιο αυτής της πρακτικής ως γνωστικό εργαλείο (Μικρόπουλος, 2006) . Τα σεναρία αυτά καθορίζουν τη μορφή των δραστηριοτήτων που εκτελούνται στο περιβάλλον και τον τρόπο και το βαθμό καθοδήγησης των ενεργειών του χρήστη από τον εκπαιδευτικό ή το λογισμικό (Ταραμόπουλος, 2012).

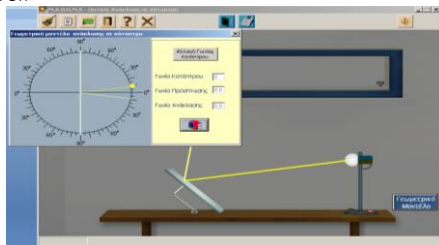
Με βάση τα παραπάνω, για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών επιχειρείται η εφαρμογή ενός σεναρίου διδασκαλίας για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός με τη χρήση του λογισμικού «ΜΑΘΗΜΑ».

ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.»

Στην παρούσα έρευνα, χρησιμοποιήθηκε το εργαστήριο της Οπτικής και ειδικότερα η ενότητα «Ανάκλαση σε κάτοπτρο» του εκπαιδευτικού λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» (Εικόνα 1). Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει την προσομοίωση ενός εργαστηρίου Γεωμετρικής Οπτικής, όπου ο μαθητής μπορεί να μεταβάλλει με συνεχή τρόπο τις γωνίες των κατόπτρων και να παρατηρήσει την κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης μετά από την ανάκλαση της δέσμης φωτός σε κάτοπτρο (Τέκος & Σολομωνίδου 2008). Ακόμη, με το γεωμετρικό μοντέλο ο μαθητής καλείται να μετρήσει τις γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης, καθώς επίσης μπορεί να επαναλάβει τις μετρήσεις περιστρέφοντας το κάτοπτρο και σταθεροποιώντας το σε διάφορες θέσεις (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2015).

Τέλος, ο μαθητής μπορεί να οδηγηθεί στην κατανόηση βασικών εννοιών της Γεωμετρικής Οπτικής επαληθεύοντας τις προβλέψεις του και ελέγχοντας τις ιδέες του μέσα από τις προτεινόμενες δραστηριότητες. Για το σκοπό αυτό παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να παρατηρεί σε χωριστό παράθυρο το αντίστοιχο κάθε φορά δυναμικό γεωμετρικό μοντέλο (Εικόνα 1) που αναπαριστά το φαινόμενο που μελετάται. Ο μαθητής μπορεί να μεταβάλλει με συνεχή τρόπο τις γωνίες και τις αποστάσεις των κατόπτρων, πετασμάτων, κλπ. από τη φωτεινή πηγή και να παρατηρεί την κατεύθυνση της φωτεινής δέσμης μετά από ανάκλαση σε κάτοπτρο (Σολομωνίδου, 2001).

Εικόνα 1: Η οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α. στην ενότητα «Ανάκλαση σε κάτοπτρο»



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ο Σκοπός και το (δι)ερευνητικό ερώτημα της έρευνας

Ο κύριος σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει την εννοιολογική κατανόηση και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που εκτελούν εικονικά πειράματα με τη χρήση του λογισμικού «ΜΑΘΗΜΑ» σχετικά με το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός. Το (δι)ερευνητικό ερώτημα της παρούσας έρευνας είναι το εξής: «Επιτυγχάνεται εννοιολογική αλλαγή (εννοιολογική κατανόηση) στους μαθητές Ε΄ δημοτικού σχολείου μετά από την εκτέλεση πειραμάτων με το λογισμικό «ΜΑΘΗΜΑ» σχετικά με το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός;».

Το δείγμα

Η επιλογή του δείγματος, που αποτελείται συνολικά από τρία (3) δημοτικά σχολεία, έγινε μέσα από ένα κατάλογο των είκοσι επτά (27) δημοτικών σχολείων της πόλης των Ιωαννίνων με την «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 55 μαθητές της Ε΄ τάξης.

ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Το σενάριο διδασκαλίας συνιστά ένα ολοκληρωμένο μαθησιακό πλαίσιο, έναν δομημένο τρόπο οργάνωσης της διδασκαλίας που περιλαμβάνει διαδοχικά στάδια με στόχο την οικοδόμηση της γνώσης (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010). Ταυτόχρονα, αξιοποιεί συγκεκριμένα «συμβατικά μέσα» και στην περίπτωση της παρούσας εργασίας που υποστηρίζεται από τις ΤΠΕ αξιοποιεί συγκεκριμένα εκπαιδευτικά εργαλεία, όπως είναι το λογισμικό προσομοίωσης «ΜΑΘΗΜΑ» (Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010; Δαγδύλλη κ.α., 2011; Ευαγγέλου, 2012).

Το σενάριο διδασκαλίας στην παρούσα εργασία αποτελείται από δύο μέρη: α) τον οδηγό οργάνωσης διδασκαλίας και β) τα φύλλα εργασίας των μαθητών.

Η πρωτοτυπία της προσέγγισής μας έγκειται στην εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης (Κουμαράς κ.ά., 1992; Ψύλλος, Κουμαράς & Καριώτογλου, 1993; Καριώτογλου, 2006) και τη χρήση του λογισμικού «ΜΑΘΗΜΑ» ως γνωστικού εργαλείου.

Η συνολική διάρκεια υλοποίησης του σεναρίου εκτιμάται στις (2) διδακτικές ώρες (90 λεπτά). Το σενάριο απευθύνεται σε μαθητές που έχουν μικρή εμπειρία στην εκτέλεση εικονικών πειραμάτων με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης.

Τα πειράματα πραγματοποιούνται στο εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών (ή στην τάξη με χρήση φορητών υπολογιστών) όπου οι μαθητές εργάζονται σε δυάδες.

Διδακτικοί στόχοι

Οι μαθητές επιδιώκεται:

- Να διαπιστώσουν πειραματικά το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός και ειδικότερα την ιδιότητα του φωτός να ανακλάται (αλλάζει πορεία) όταν πέφτει πάνω σε λείες (στιλπνές - γυαλιστερές) επιφάνειες, όπως ο καθρέπτης.

- Να διαπιστώσουν πειραματικά το νόμο της ανάκλασης (μια ιδιότητα του φαινομένου της ανάκλασης) και ειδικότερα ότι η γωνία, που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα του φωτός με την κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης σε ένα καθρέπτη, είναι ίση με τη γωνία που σχηματίζει η ανακλώμενη ευθεία με την ίδια κάθετη (Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης)
- Να διακρίνουν την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη ακτίνα φωτός
- Να κάνουν προβλέψεις - υποθέσεις, παρατηρήσεις, πειραματικούς ελέγχους των προβλέψεων και υποθέσεων μέσω του πειραματισμού και να μπορούν να διατυπώνουν συμπεράσματα
- Να τροποποιήσουν και να αλλάξουν τις εναλλακτικές ιδέες τους προς τις επιστημονικά ορθές για την έννοια της ανάκλασης του φωτός (εννοιολογική αλλαγή).

Προτεινόμενη πορεία διδασκαλίας – Φάσεις διδασκαλίας:

Με βάση τις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης και ειδικότερα τις (5) φάσεις του «μοντέλου εποικοδομητικής διδακτικής στρατηγικής» (Ψύλλος, Κουμαράς & Καριώτογλου, 1993; Καριώτογλου, 2006) προτείνεται η εφαρμογή των εξής βημάτων:

1^η Φάση: Έναυσμα ενδιαφέροντος - Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών: Ο δάσκαλος δίνει το έναυσμα στους μαθητές, μέσω γενικών ερωτήσεων αλλά και ερωτήσεων που περιέχονται στο αρχικό φύλλο εργασίας (1), ώστε να τους προσανατολίσει και να προκαλέσει το ενδιαφέρον για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός.

2^η Φάση: Προβλέψεις – Υποθέσεις - Ανάδειξη των ιδεών: Ο δάσκαλος, μέσα από συζήτηση και με τα φύλλα εργασίας (2) – Προβλέψεις – Υποθέσεις που δίνει στους μαθητές, ζητά από τους μαθητές μέσα από υποθετικά πειράματα να προβλέψουν και να διατυπώσουν υποθέσεις για τις αιτίες, τη λειτουργία, την εξέλιξη και τα αποτελέσματα του φαινομένου της ανάκλασης του φωτός (Κόκκοτας κ.ά., 2002).

3^η Φάση: Δοκιμασία των ιδεών και εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου –Εξαγωγή Συμπερασμάτων: Ο δάσκαλος, μετά από τη διατύπωση των προβλέψεων και υποθέσεων των μαθητών, ενεργοποιεί τους μαθητές να εκτελέσουν εικονικά πειράματα χρησιμοποιώντας τα φύλλα εργασίας (3) και το λογισμικό «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.», ώστε στη συνέχεια να διατυπώσουν και να αξιολογήσουν τις παρατηρήσεις τους.

4^η Φάση: Εφαρμογή του επιστημονικού προτύπου – Γενίκευση: Ο δάσκαλος καλεί τους μαθητές να συμπληρώσουν το φύλλο εργασίας (4) – Εφαρμογές.

5^η Φάση: Ανασκόπηση και σύγκριση των ιδεών των μαθητών με τις ιδέες του επιστημονικού προτύπου – Μεταγνωστική φάση - Εμπέδωση: Ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να του περιγράψουν την παλιά και τη νέα τους γνώση και να αντιληφθούν τις διαφορές της (Ψύλλος, Κουμαράς & Καριώτογλου, 1993; Καριώτογλου, 2006).

Εικονικά πειράματα με τη χρήση του λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.»

Τα εικονικά πειράματα που εκτελούνται από τους μαθητές σχετικά με το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός είναι δυο (2). Σχετίζονται με τους τρεις πρώτους διδακτικούς στόχους που αναφέρθηκαν παραπάνω και αναλύονται στο Παράρτημα.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

Η αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών τόσο πριν όσο και μετά τα πειράματα έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο - ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) των Biggs και Collis (1982). Η ταξινομία SOLO στηρίζεται στη θεωρία βάσει της οποίας η γνώση δομείται σε επίπεδα. Αποτελεί ένα δυναμικό εργαλείο προσδιορισμού του τρέχοντος νοητικού επιπέδου λειτουργίας ενός ατόμου μέσω γραπτών ή προφορικών απαντήσεών του, μπορεί να εφαρμοστεί ανεξαρτήτως γνωστικού αντικειμένου και παρέχει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε και να κατηγοριοποιήσουμε τις επιδόσεις των μαθητών (Μπέλλου, 2003).

Με βάση τα παραπάνω, κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών σε τέσσερα ιεραρχικά επίπεδα, με βάση το βαθμό πολυπλοκότητας της απάντησης, πριν και μετά από τα πειράματα και διαπιστώθηκε η μετατόπιση των μαθητών από επίπεδο σε επίπεδο. Τα επίπεδα της ταξινομίας είναι τα εξής: 1) Προδομικό, 2) Μονοδομικό, 3) Πολυδομικό, 4) Συσχετιστικό

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Γενικό Γραμμικό Μοντέλο (GLM) και το στατιστικό πακέτο STATISTICA 8.0. Στην παρούσα εργασία αναλύονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα για την ερώτηση (1) του φύλλου εργασίας (1), (4).

Πιο συγκεκριμένα, για τους μαθητές της Ε΄ τάξης τα μαθησιακά αποτελέσματα κωδικοποιούνται, πριν και μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων, στον παρακάτω Πίνακες (1) :

Πίνακας 1: Καταγραφή (απόλυτη και σχετική συχνότητα) των γνωστικών επιπέδων κατά SOLO (πριν – μετά) των μαθητών της Ε΄ τάξης στην ερώτηση (1)

Επίπεδο	ΠΡΙΝ		ΜΕΤΑ	
	Αριθ.	Ποσ. (%)	Αριθ.	Ποσ. (%)
Προδομικό	20	36,4	6	10,9
Μονοδομικό	29	52,7	19	34,5
Πολυδομικό	6	10,9	18	32,7
Συσχετιστικό	0	,0	12	21,8

Από τον Πίνακα (1) προκύπτει ότι στην ερώτηση (1) πριν από τη πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 6 μαθητές (10,9%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα, δηλαδή από το Πολυδομικό έως και το Συσχετιστικό επίπεδο όπου σε αυτό το τελευταίο επίπεδο εντάσσονται οι απολύτως ορθές απαντήσεις. Αντίθετα, μετά από την παρέμβαση με τη χρήση του λογισμικού «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.», οι απαντήσεις από 30 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 54,5%. Κατά

συνέπεια, για τους μαθητές προκύπτει σημαντική βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων προς τα δύο ανώτερα επίπεδα μετά από την παρέμβαση. Καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε μεγάλο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των πειραμάτων.

Στην ερώτηση (2) πριν από τη πειραματική παρέμβαση οι απαντήσεις μόνο από 2 μαθητές (3,6%) κατατάχθηκαν στα δύο ανώτερα επίπεδα. Αντίθετα, μετά από την παρέμβαση οι απαντήσεις από 26 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 47,3%.

Στην ερώτηση (3) πριν από τη πειραματική παρέμβαση καμία απάντηση (0%) από τους μαθητές δεν κατατάχθηκε στα δύο ανώτερα επίπεδα. Αντίθετα, μετά από την παρέμβαση οι απαντήσεις από 23 μαθητές κατατάχθηκαν στα δύο αυτά ανώτερα επίπεδα, δηλαδή σε ποσοστό 41,8%.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα μαθησιακά αποτελέσματα παρατηρήθηκε μετά από τις πειραματικές παρεμβάσεις σημαντική μετακίνηση των απαντήσεων των μαθητών (σε όλες τις ερωτήσεις) προς τα δύο ανώτερα γνωστικά επίπεδα που προσεγγίζουν το επιστημονικό πρότυπο, το οποίο με βάση την ταξινομία SOLO προσεγγίζεται, μερικές φορές, από το Πολυδομικό επίπεδο και ταυτίζεται απόλυτα με το Συσχετιστικό. Κατά συνέπεια, καθίσταται φανερό ότι επιτεύχθηκε, σε κάποιο βαθμό, εννοιολογική αλλαγή μετά από την εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων. Αυτό σημαίνει ότι ποσοστό των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών πλησιάζουν και γίνονται περισσότερο συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο.

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται σε αυτή την έρευνα στηρίζουν το επιχειρήμα για την μαθησιακή αξία και συνεισφορά των λογισμικών προσομοίωσης στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Η χρήση των λογισμικών προσομοίωσης σε συνδυασμό με το διδακτικό πρότυπο της εποικοδόμησης μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην εννοιολογική κατανόηση των φαινομένων (π.χ. ανάκλαση του φωτός) και στην καλλιέργεια δεξιοτήτων στις Φυσικές Επιστήμες.

Με άλλα λόγια, η χρήση των ΤΠΕ και ειδικότερα του λογισμικού προσομοίωσης «Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α.» μέσα από στοχοθετημένα σενάρια διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών συμβάλλει αποτελεσματικά στην ανάπτυξη της γνώσης περιεχομένου, στην καλλιέργεια δεξιοτήτων και στην υποστήριξη διδακτικών προτύπων και θεωριών όπως είναι η εποικοδόμηση και η εννοιολογική αλλαγή (Bell & Smetana, 2008).

Παράλληλα, αξίζει να επισημανθεί ότι ο βέλτιστος τρόπος αξιοποίησης λογισμικών προσομοίωσης, όπως το Μ.Α.Θ.Η.Μ.Α, στη διδακτική διαδικασία των Φυσικών Επιστημών δημιουργεί νέα ισχυρά μαθησιακά περιβάλλοντα (Ψύλλος, 2007) που δεν υστερούν σε σχέση με τα πραγματικά εργαστήρια.

Όμως, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα εικονικά πειράματα με τη χρήση λογισμικών προσομοίωσης δεν αποτελούν πανάκεια στη μαθησιακή διαδικασία, αλλά ένα ισχυρό συμπληρωματικό εργαλείο για τη δημιουργική εργασία των μαθητών και την οικοδόμηση της γνώσης (Καλκάνης, 2000; Μικρόπουλος, 2006).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bell, R. L., & Smetana, L. (2008). Using computer simulations to enhance science teaching and learning. In R. L. Bell, J. Gess-Newsome, & J. Luft (Eds.), *Technology in the secondary science classroom*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy*, NY:Academic Press.
- Δαγδιλέλης, Β., Ζαγουράς, Χ., Κόμης, Β., Κουτσογιάννης, Δ., Κυνηγός, Χ., & Ψύλλος, Δ. (2011). *Επιμορφωτικό Υλικό για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης* (τ.1, Γενικό Μέρος, Β' έκδ.), ΕΑΙΤΥ, ΤΕΚ, Πάτρα.
- Ευαγγέλου, Φ. (2012). Η επίδραση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής στη μάθηση. *Αδημοσίεστη διδακτορική διατριβή*. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Ευαγγέλου, Β. Φ. & Κώτσης, Θ. Κ. (2014). Σενάριο διδασκαλίας για το φαινόμενο του βρασμού του νερού με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης Σ.Ε.Π. σε μαθητές Ε' και ΣΤ' τάξης δημοτικού σχολείου. *Επιστημονική Επετηρίδα ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, No 26, 58 – 85*.
- Ευαγγέλου, Φ. & Κώτσης, Κ., (2015). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων σε μαθητές ΣΤ' Δημοτικού μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σχετικά με την ανάκλαση του φωτός, *Σύνοψη 9^{οο} Πανελληνίου Συνεδρίου στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning, 24 (1), 271 – 283*.
- Καλκάνης, Γ. (2000). Οι Τεχνολογίες της Πληροφόρησης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία (και) των Φυσικών Επιστημών. Στο Π. Κόκκοτα (έκδ.), *Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες: Σύγχρονοι προβληματισμοί* (κεφ.7, σελ. 237 – 278). Εκδόσεις: Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Εκδόσεις: Γράφημα, Θεσσαλονίκη.
- Κόκκοτας, Β. Π., Ριζάκη, Αν. Αικ., Χαβιάρης, Σ. Π., & Χατζή, Β. Μ. (2002). *Φυσικές Επιστήμες Ε' τάξης: Βιβλίο για το δάσκαλο*. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Κουμαράς, Π., Καριώτογλου, Π., Αντωνιάδου, Ν., & Ψύλλος, Δ. (1992). Η εποικοδομητική στρατηγική στην πειραματική προσέγγιση της διδασκαλίας της Φυσικής. *Επιθεώρηση Φυσικής, 12, 12-20*.
- Μικρόπουλος, Τ.Α. (2006). *Ο Υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Μικρόπουλος, Τ. Α., & Μπέλλου, Ι. (2010). *Σενάρια διδασκαλίας με υπολογιστή*. Εκδόσεις: Κλειδάριθμος, Αθήνα.
- Μπέλλου, Ι. (2003). Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό. Στο Μ. Ιωσηφίδου, & Ν.

- Τζιμόπουλος (Επ.), *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»* (τ. Β, σελ. 85-95). Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Σολομωνίδου, Χ. (2001). Εκπαιδευτικό λογισμικό Φυσικών Επιστημών: από τη σχεδίαση στη διδασκαλία στην τάξη. στο Κόκκοτας, Π. & Βλάχος, Ι. (επιμ.) *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21^ο αιώνα: προβλήματα και προοπτικές*, 139-165, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2010). Διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων με το εικονικό εργαστήριο και τα applets του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (ΑΜΑΠ). Στο Α. Τζιμογιάννης (Επ.), *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»* (τ. ΙΙ, σελ. 355 – 363). ΕΤΠΕ: Κόρινθος.
- Ταραμόπουλος, Α. (2012). Διερεύνηση Εφαρμογών Προσομοιωμένων Εικονικών Εργαστηρίων στη Διδασκαλία της Φυσικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση, *Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή*, Π.Τ.Δ.Ε., Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- Τέκος, Γ. & Σολομωνίδου, Χ. (2008). Διδασκαλία και Μάθηση του Φαινομένου «Ανάκλαση – Διάχυση του Φωτός» με Ανάπτυξη Κατάλληλου Λογισμικού και έρευνα στις ιδέες των παιδιών. στο Κουμαράς, Π. & Σέρογλου, Φ. (επιμ.) *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία φυσικών επιστημών»*, 559 – 567, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμογιάννης, Α. (2004). Οι προσομοιώσεις στη Διδασκαλία της Φυσικής. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδιλέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη, & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές* (σελ. 240 – 254). Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας, Θεσσαλονίκη.
- Ψύλλος, Δ., Κουμαράς, Π., & Καριώτογλου, Π. (1993). Εποικοδόμηση της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δασκάλου και μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 70, 34-42.
- Ψύλλος, Δ. (2007). Μοντέλα και κόσμοι στους εικονικούς χώρους. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος, & Γ. Τσαπαρλής (Επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»* (τ. Α, σελ. 30 – 41). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Π.Τ.Δ.Ε, Χημικό, Φυσικό.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning & Instruction*, 21 (3), 317 – 331.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ - ΤΑ ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (1):

1) Μπορείς να εξηγήσεις γιατί πολλές φορές το καλοκαίρι τυφλώνομαστε, όταν το φως του ήλιου πέφτει πάνω στον καθρέπτη του αυτοκινήτου;.....

2) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο φαίνονται τα βουνά και τα δέντρα στα ήρεμα νερά της λίμνης στην παρακάτω εικόνα;



3) Τι παθαίνει μια δέσμη φωτός, όταν πέσει επάνω στη γυάλινη βιτρίνα ενός καταστήματος με παπούτσια; **Δικαιολόγησε την απάντησή σου.**

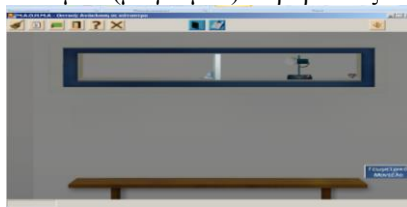
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (2):

Περιέχει τις ίδιες δραστηριότητες με το φύλλο εργασίας (3) που παρουσιάζεται παρακάτω, με τη διαφορά ότι σε αυτό καλούνται οι μαθητές να κάνουν τις προβλέψεις των πειραμάτων

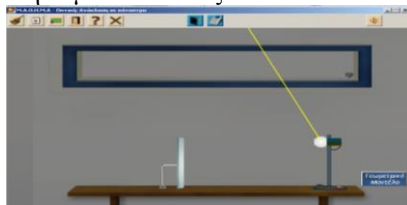
ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (3)

Πρώτο πείραμα

1^ο Βήμα: Με απλό κλικ κατέβασε στον πάγκο το κάτοπτρο (καθρέπτη) και την φωτεινή λάμπα (με γλόμπο) - προβολέας.



2^ο Βήμα: Άναψε τη φωτεινή λάμπα κάνοντας κλικ στο διακόπτη.



3^ο Βήμα: Τοποθέτησε το ποντίκι πάνω στο λευκό τμήμα της λάμπας. Μόλις εμφανιστεί ένα χεράκι πάτησε αριστερό συνεχόμενο κλικ και κράτησέ το σταθερά κρατημένο μέχρι η φωτεινή δέσμη να πέσει πάνω σε ένα οποιοδήποτε σημείο στον κάθετο καθρέπτη.

Τι παρατηρείς σχετικά με την πορεία της φωτεινής ακτίνας της λάμπας που πέφτει πάνω στον καθρέπτη;

Επέλεξε και κύκλωσε μια από τις τέσσερις παρακάτω απαντήσεις:

- α) Παραμένει πάνω στην επιφάνεια του καθρέπτη.
- β) Διαχέεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ) Ανακλάται προς μια κατεύθυνση.
- δ) Επιστρέφει στην πηγή λείζερ(ανεξάρτητα από την γωνία που πέφτει (προσπίπτει)).

Μπορείς να εξηγήσεις πως συμβαίνει αυτό;.....

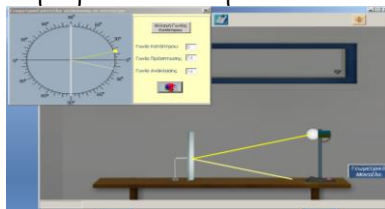
4^ο Βήμα:

Πάτησε το κουμπί ανάκλασης σε κάτοπτρο.

Γεωμετρικό Μοντέλο

για να δεις το γεωμετρικό μοντέλο

Στη συνέχεια θα εμφανιστεί η παρακάτω οθόνη:



5^ο Βήμα: Παρατήρησε στο ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ τις πλευρές που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα με την κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και η ανακλώμενη ακτίνα με την ίδια κάθετη ευθεία.

6^ο Βήμα: Στο δεξί τμήμα του Γεωμετρικού μοντέλου παρατήρησε προσεκτικά τις μοίρες της γωνίας που σχηματίζει η ακτίνα που προσπίπτει στον καθρέπτη με την κάθετη ευθεία στο σημείο πρόσπτωσης του καθρέπτη και τη γωνία που σχηματίζει η ακτίνα που ανακλάται από τον καθρέπτη (γωνία ανάκλασης) με την ίδια κάθετη ευθεία.

Παρατήρησε αν οι γωνίες αυτές έχουν κάποια σχέση; Αν ναι. Ποια;

Δεύτερο πείραμα

Το δεύτερο πείραμα που θα εκτελέσουν οι μαθητές σχετίζεται με τους ίδιους διδακτικούς στόχους του πρώτου πειράματος, με τη διαφορά ότι ζητείται στους μαθητές να φωτίσουν με την πηγή λείζερ υπό άλλη γωνία (σε σχέση με το πρώτο πείραμα) τον καθρέπτη.

ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ (4)

Το Φύλλο εργασίας (4) είναι πανομοιότυπο με το Φύλλο εργασίας (1)

Οι επιστημονικές πρακτικές στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου

Ιωάννα Ραγκούση¹ & Μιχαήλ Σκουμιός²

¹ Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, psemdt14033@rhodes.aegean.gr

² Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευσή τους στις Φυσικές Επιστήμες. Ωστόσο, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά κατά πόσο τα σχολικά εγχειρίδια εμπλέκουν τους μαθητές με επιστημονικές πρακτικές. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου ως προς τις επιστημονικές πρακτικές οι οποίες εμπλέκονται σε αυτές. Για την ανάλυση των δραστηριοτήτων χρησιμοποιήθηκε ένα πλαίσιο ανάλυσης που διαμορφώθηκε με βάση τις επιστημονικές πρακτικές που έχουν προταθεί από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Η.Π.Α. (NRC, 2012). Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε να εντοπιστούν οι διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών που υφίστανται στις δραστηριότητες του εγχειριδίου. Προέκυψε ότι απουσιάζουν διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, ιδιαίτερα σημαντικές για την κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επιστημονικές πρακτικές, σχολικό εγχειρίδιο, ανάλυση δραστηριοτήτων, εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σχολικό εγχειρίδιο θεωρείται μέχρι σήμερα αναπόσπαστο στοιχείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί βασίζουν τη διδασκαλία τους σε αυτό (Martin et al., 2008). Το σχολικό βιβλίο θεωρείται ότι αντικαθιστά στην πράξη το ίδιο το Αναλυτικό Πρόγραμμα (Park & Lavonen, 2013), αφού επιχειρεί να πραγματώσει τους στόχους της εκπαίδευσης όπως έχουν τεθεί για το κάθε γνωστικό αντικείμενο (Devetak & Vogrinec, 2013). Βοηθά τον εκπαιδευτικό στην επιλογή και οργάνωση της ύλης και στη μεθόδευση της διδασκαλίας και καθοδηγεί τον μαθητή στη μαθησιακή διαδικασία (Martínez-Gracia et al., 2006). Η αξιολόγηση των σχολικών εγχειριδίων μπορεί να αναδείξει στους εκπαιδευτικούς πιθανές αδυναμίες και περιορισμούς που οφείλουν να γνωρίζουν, ώστε να τα χρησιμοποιούν με τον αποδοτικότερο τρόπο (Haggarty & Pepin,

2002) και μπορεί να εφοδιάσει τους συγγραφείς τους με σημαντικές παρατηρήσεις για τυχόν αναθεωρήσεις στο μέλλον (Στασινάκης & Κολιόπουλος, 2011).

Οι δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων αποτελούν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την εκπαιδευτική διαδικασία. Μπορούν να συμβάλλουν στην οικοδόμηση νέας γνώσης και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων (Giordan & Vecchi, 1996). Αναδεικνύουν συχνά τι είναι σημαντικό να διδαχθεί και φαίνεται να επηρεάζουν τις διδακτικές πρακτικές και τις πρακτικές αξιολόγησης που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί (Vasconcelos et al., 2012).

Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ διακηρύττει ότι οι Φυσικές Επιστήμες «δεν είναι απλά ένα σώμα γνώσης που αντανακλά την κατανόηση του κόσμου: είναι, επίσης, μια ομάδα πρακτικών που χρησιμοποιούνται για να εγκαθιδρυθεί, να επεκταθεί και να τελειοποιηθεί αυτή η γνώση» (NRC, 2012, p. 26). Για το λόγο αυτό, έχει θέσει ως βασικό στόχο της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες την εμπλοκή τους με επιστημονικές πρακτικές. Ο όρος επιστημονικές πρακτικές αναφέρεται στις πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες όταν διερευνούν φαινόμενα και οικοδομούν μοντέλα και θεωρίες σχετικά με τη φύση του κόσμου. Έχουν προταθεί οι εξής οκτώ επιστημονικές πρακτικές για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Παρά το γεγονός ότι η εμπλοκή των μαθητών με τις επιστημονικές πρακτικές θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική για την κατανόηση των εννοιών και των ιδεών των Φυσικών Επιστημών, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που εξετάζει τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκουν οι δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων (Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου ως προς τις επιστημονικές πρακτικές οι οποίες εμπλέκονται σε αυτές. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία αποσκοπεί να απαντήσει στο ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: ποιες διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών και σε ποιο βαθμό εμπλέκονται στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν οι δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου «Φυσικά Στ' Δημοτικού – Ερευνώ και Ανακαλύπτω – Τετράδιο Εργασιών». Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε κάθε ερώτηση που περιλαμβάνεται στο κυρίως κείμενο κάθε ενότητας (μαθήματος) και οι ερωτήσεις που υπάρχουν κάτω από τον τίτλο «Εργασίες για το σπίτι». Σε περίπτωση που μια δραστηριότητα περιέχει περισσότερα του ενός υποερωτήματα,

αυτά αποτέλεσαν και τον ανάλογο αριθμό μονάδων ανάλυσης. Καταμετρήθηκαν συνολικά 282 μονάδες ανάλυσης.

Πλαίσιο ανάλυσης

Χρησιμοποιήθηκε ένα πλαίσιο ανάλυσης δραστηριοτήτων το οποίο διαμορφώθηκε από τους Τσέτσο και Σκουμιά (2016). Περιλαμβάνει οκτώ κατηγορίες (τις οκτώ επιστημονικές πρακτικές), ενώ η κάθε κατηγορία υποδιαιρείται σε υποκατηγορίες (διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών).

(α) *Υποβολή ερωτημάτων*: Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με την υποβολή και την αξιολόγηση ερωτήσεων.

(β) *Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων*: Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές σε διαδικασίες συγκρότησης και χρήσης μοντέλων, μετατόπισης ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων, αναγνώρισης ή αξιολόγησης των ορίων των μοντέλων και την αναθεώρησή τους.

(γ) *Σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών*: Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με την υποβολή ερωτήσεων που μπορούν να διερευνηθούν, την εκφορά υποθέσεων βασισμένων σε μοντέλα ή θεωρίες, την αναγνώριση των μεταβλητών και την εξέταση για το πώς μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν, την εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων, την παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο ή ελέγχουν μια θεωρία και τη σχεδίαση ή αξιολόγηση πλάνων για ατομική ή συνεργατική έρευνα.

(δ) *Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων*: Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με τη χρήση πινάκων ή διαγραμμάτων για την εξαγωγή πληροφοριών, ην αντιπαραβολή, τη σύνοψη, τη διαχείριση ή και τη χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων, καθώς και την αναγνώριση των τάσεων στα δεδομένα ή των πηγών των σφαλμάτων.

(ε) *Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης*: Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με την οπτική αναπαράσταση των δεδομένων ή τον μετασχηματισμό τους ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα, καθώς και με τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και την αναγνώριση, εξαγωγή ή εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων.

(στ) *Συγκρότηση εξηγήσεων*: Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με την εφαρμογή ή τη συγκρότηση εξηγήσεων, τη διατύπωση ισχυρισμών και τη συγκρότηση συλλογισμών, τη χρήση αποδεικτικών στοιχείων για την υποστήριξη ή την αντίκρουση μιας εξήγησης και την αναγνώριση κενών ή αδυναμιών σε μια εξήγηση.

(ζ) *Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία*: Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση, την ανάλυση των δεδομένων ή την ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων, την εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο, την κριτική σε εργασία άλλων, την αναγνώριση αδυναμιών σε ένα

επιχείρημα, την τροποποίηση μιας εργασίας υπό το πρίσμα των αποδεικτικών στοιχείων και την αναγνώριση δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές.

(η) *Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών*: Στην κατηγορία αυτή εντάχθηκαν δραστηριότητες οι οποίες εμπλέκουν τους μαθητές με προφορική ή γραπτή επικοινωνία ιδεών, την επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων, διαγραμμάτων ή συζητήσεων με τους συνομηλίκους, την άντληση νοημάτων από τον προφορικό ή το γραπτό λόγο, την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών και την ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.

Ανάλυση δεδομένων

Οι δραστηριότητες αναλύθηκαν ως προς τις επιμέρους διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, με βάση το εργαλείο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές οι οποίοι εργάστηκαν ανεξάρτητα. Στη συνέχεια οι διαφωνίες τους επιλύθηκαν μέσω συζήτησης. Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων των επιστημονικών πρακτικών που εμπλέκονται στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην υποβολή ερωτημάτων, οι οποίες εμπλέκονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Διαπιστώνεται ότι ένα μικρό μέρος των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου εμπλέκει τους μαθητές με διαδικασίες υποβολής ερωτήσεων που μπορούν να απαντηθούν μέσω εμπειρικής έρευνας.

Πίνακας 1: Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην υποβολή ερωτημάτων στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου: συχνότητες και ποσοστά

ΥΠΟΒΟΛΗ ΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ	f	%
Υποβολή ερωτήσεων που μπορούν να απαντηθούν μέσω εμπειρικής έρευνας	29	10,3
Αξιολόγηση ερωτήσεων	0	0
Υποβολή ερωτήσεων πάνω στην εργασία άλλων	0	0

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, οι οποίες εμπλέκονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Διαπιστώνεται ότι ένα μικρό μέρος των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου εμπλέκει τους μαθητές με διαδικασίες συγκρότησης και χρήσης μοντέλων για την αναπαράσταση όσων έχουν επεξεργαστεί οι ίδιοι. Ένα μικρότερο μέρος αυτών εμπλέκει τους μαθητές με τη συγκρότηση και τη χρήση μοντέλων για την επικοινωνία ιδεών. Είναι ελάχιστες οι δραστηριότητες που ζητούν από τους μαθητές να συγκροτήσουν ή να χρησιμοποιήσουν μοντέλα που θα τους βοηθήσουν να υποβάλουν και να ελέγξουν εξηγήσεις.

Πίνακας 2: Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου: συχνότητες και ποσοστά

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	f	%
Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή ερωτήσεων	2	0,7
Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή και τον έλεγχο εξηγήσεων	7	2,5
Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση όσων έχουν επεξεργαστεί οι μαθητές	22	7,8
Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την επικοινωνία ιδεών	9	3,2
«Ευέλικτη» μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων	0	0
Αναγνώριση ή αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων	0	0
Αναθεώρηση των μοντέλων	0	0

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών, οι οποίες εμπλέκονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Διαπιστώνεται ότι ένα μέρος των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου εμπλέκει τους μαθητές με διαδικασίες παρατήρησης και συλλογής δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο. Ένα μικρότερο μέρος αυτών ζητά από τους μαθητές να εξετάσουν το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν. Ελάχιστες δραστηριότητες εμπλέκουν τους μαθητές με τη σχεδίαση ή αξιολόγηση πλάνων για έρευνα.

Πίνακας 3: Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου: συχνότητες και ποσοστά

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ	f	%
Υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί	0	0
Εκφορά μιας υπόθεσης βασισμένης σε ένα μοντέλο ή μια θεωρία	0	0
Αναγνώριση των μεταβλητών	0	0
Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν	11	3,9
Εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων	0	0
Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο	42	14,9
Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που ελέγχουν μια θεωρία και τις εξηγήσεις	2	0,7
Σχεδίαση ή αξιολόγηση πλάνων για έρευνα ατομικά ή συνεργατικά	3	1,1

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, οι οποίες εμπλέκονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Διαπιστώνεται ότι ένα μικρό μέρος των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου εμπλέκει τους μαθητές με τη χρήση πινάκων για την αντιπαράβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων. Ελάχιστες

δραστηριότητες τους εμπλέκουν με διαδικασίες χρήσης των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων ή με την εξαγωγή πληροφοριών από πίνακες ή διαγράμματα δεδομένων.

Πίνακας 4: Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου: συχνότητες και ποσοστά

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	f	%
Χρήση πινάκων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων	20	7,1
Χρήση διαγραμμάτων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων	0	0
Εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα ή διάγραμμα δεδομένων	2	0,7
Αναγνώριση ή σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα	0	0
Χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων	4	1,4
Αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων	0	0

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, οι οποίες εμπλέκονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Διαπιστώνεται ότι ένα πολύ μικρό μέρος των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου εμπλέκει τους μαθητές με διαδικασίες οπτικής αναπαράστασης δεδομένων, ενώ δύο μόνο δραστηριότητες τους εμπλέκουν με διαδικασίες αναγνώρισης, εξαγωγής ή εφαρμογής ποσοτικών σχέσεων.

Πίνακας 5: Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου: συχνότητες και ποσοστά

ΧΡΗΣΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ	f	%
Οπτική αναπαράσταση των δεδομένων	11	3,9
Μετασχηματισμός των δεδομένων	0	0
Στατιστική ανάλυση των δεδομένων	0	0
Αναγνώριση, εξαγωγή ή εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων	2	0,7

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη συγκρότηση εξηγήσεων, οι οποίες εμπλέκονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Διαπιστώνεται ότι ένα πολύ μικρό μέρος των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου εμπλέκει τους μαθητές με διαδικασίες εφαρμογής εξηγήσεων σε φαινόμενα και συγκρότησης εξηγήσεων για φαινόμενα βασισμένων σε αποδεικτικά στοιχεία. Ελάχιστες δραστηριότητες εμπλέκουν τους μαθητές σε διαδικασίες διατύπωσης ισχυρισμών και συγκρότησης συλλογισμών.

Πίνακας 6: Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη συγκρότηση εξηγήσεων στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου: συχνότητες και ποσοστά

ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΕΞΗΓΗΣΕΩΝ	f	%
Εφαρμογή εξηγήσεων στα φαινόμενα	22	7,8
Συγκρότηση εξηγήσεων βασισμένων σε αποδεικτικά στοιχεία	10	3,5
Σύνδεση αποδεικτικών στοιχείων με τους ισχυρισμούς	2	0,7
Διατύπωση ισχυρισμού	6	2,1
Χρήση αποδεικτικών στοιχείων για την υποστήριξη ή την αντίκρουση μιας εξήγησης	0	0
Αναγνώριση κενών ή αδυναμιών σε μια εξήγηση	0	0

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην εμπλοκή σε επιχειρηματολογία, οι οποίες εμπλέκονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Διαπιστώνεται ότι ελάχιστες δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου εμπλέκουν τους μαθητές σε διαδικασίες επιχειρηματολογίας για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο ατομικά ή συνεργατικά, για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό σχετικά με το πώς τα δεδομένα υποστηρίζουν έναν ισχυρισμό, καθώς και σε διαδικασίες αναγνώρισης αδυναμιών σε ένα επιχείρημα.

Πίνακας 7: Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην εμπλοκή σε επιχειρηματολογία στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου: συχνότητες και ποσοστά

ΕΜΠΛΟΚΗ ΣΕ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	f	%
Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση, διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων ή ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων	0	0
Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό σχετικά με το πώς τα δεδομένα υποστηρίζουν έναν ισχυρισμό	1	0,3
Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο ατομικά ή συνεργατικά	8	2,8
Παροχή κριτικής σε εργασία άλλων	0	0
Αναγνώριση αδυναμιών σε ένα επιχείρημα	1	0,3
Τροποποίηση μιας εργασίας υπό το πρίσμα των αποδεικτικών στοιχείων	0	0
Αναγνώριση δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές	0	0
Αναγνώριση της διαδικασίας αιτιολόγησης των ισχυρισμών από την επιστημονική κοινότητα	0	0

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών, οι οποίες εμπλέκονται στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Διαπιστώνεται ότι ένα μεγάλο μέρος των δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου

εμπλέκει τους μαθητές σε προφορική ή γραπτή επικοινωνία ιδεών, ενώ ένα μικρότερο μέρος αυτών τους εμπλέκει σε επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων και διαγραμμάτων ή συζητήσεων με άλλους.

Πίνακας 8: Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου: συχνότητες και ποσοστά

ΑΠΟΚΤΗΣΗ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	f	%
Προφορική ή γραπτή επικοινωνία ιδεών	97	34,4
Επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων και διαγραμμάτων ή συζητήσεων με άλλους	40	14,2
Άντληση νοημάτων από επιστημονικά άρθρα και κείμενα ή από προφορικό λόγο	0	0
Αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών	0	0
Ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές	0	0

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου εμπλέκονται ορισμένες μόνο διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, ενώ απουσιάζουν άλλες επιμέρους διαστάσεις τους, ιδιαίτερα σημαντικές για την κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

Ειδικότερα, μία μόνο από τις διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην υποβολή ερωτημάτων, εμπλέκεται σε δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Πρόκειται για τη διάσταση που αφορά στην υποβολή ερωτήσεων που μπορούν να απαντηθούν μέσω έρευνας. Ωστόσο, τα ερωτήματα με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι οι μαθητές παρουσιάζονται από το ίδιο το εγχειρίδιο και δεν παράγονται από τους μαθητές. Όμως, έχει επισημανθεί ότι η υποβολή ερωτημάτων από τους ίδιους τους μαθητές συμβάλει σημαντικά στη μαθησιακή διαδικασία, αφού μπορεί να ενεργοποιήσει τις αρχικές τους αντιλήψεις και να τους βοηθήσει να επεξεργαστούν τις γνώσεις τους (Chin & Osborne, 2008).

Σχετικά με την πρακτική που αφορά στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, προέκυψε ότι στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν εμπλέκονται κυρίως οι διαστάσεις που αφορούν στη συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή ερωτημάτων, τον έλεγχο εξηγήσεων, την αναπαράσταση των δεδομένων και την ανταλλαγή ιδεών. Ωστόσο, από τις δραστηριότητες απουσιάζουν άλλες διαστάσεις που αφορούν τη «μετατόπιση» ανάμεσα σε τύπους μοντέλων, την αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων και την αναθεώρησή τους. Επίσης, οι δραστηριότητες που βρέθηκε να εμπλέκουν αυτή την πρακτική αφορούν ουσιαστικά στη χρήση έτοιμων μοντέλων που παρέχονται στους μαθητές από το εγχειρίδιο. Όμως, όπως αναφέρουν οι Ainsworth et al. (2011), η ανάπτυξη και η χρήση μοντέλων από τους ίδιους τους μαθητές, η εξοικείωσή τους με τις συμβάσεις που τα συνοδεύουν και με τη λειτουργία τους, μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση των φαινομένων για τα οποία αυτά τα μοντέλα έχουν αναπτυχθεί.

Διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση των δεδομένων, εμπλέκονται σε μικρό μέρος των δραστηριοτήτων που αναλύθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται κυρίως για τις διαστάσεις που αφορούν στην παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο και στην παρατήρηση και μέτρηση των μεταβλητών, αλλά και στη χρήση πινάκων για τη διαχείριση, τη σύνοψη και τη σύγκριση των δεδομένων τους. Όμως, απουσιάζουν οι διαστάσεις που αφορούν στην υποβολή ερωτήσεων που μπορούν να διερευνηθούν ή υποθέσεων που βασίζονται σε μοντέλα και θεωρίες, διαστάσεις που αφορούν στην αναγνώριση των μεταβλητών και τον έλεγχο της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων, καθώς επίσης και στην αναγνώριση των τάσεων ή μοτίβων αλλά και στην αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων. Ουσιαστικά οι μαθητές απλώς υλοποιούν πειράματα, ενώ η πειραματική διαδικασία δίνεται σε αυτούς έτοιμη από το εγχειρίδιο. Έχει επισημανθεί ότι για την κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών είναι αναγκαία η εμπλοκή των μαθητών με τα στάδια και την πορεία της επιστημονικής έρευνας (OECD, 2013).

Αναφορικά με την επιστημονική πρακτική που αφορά στη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, διαπιστώθηκε ότι ορισμένες διαστάσεις της εμπλέκονται σε μικρό αριθμό δραστηριοτήτων που αναλύθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για τις διαστάσεις που αφορούν κυρίως στην οπτική αναπαράσταση των δεδομένων και λιγότερο στην αναγνώριση, την εξαγωγή ή την εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων. Όμως, απουσιάζουν οι διαστάσεις που αφορούν στον μετασχηματισμό των δεδομένων και στην στατιστική τους ανάλυση. Ωστόσο, οι Orton και Roper (2000) έχουν επισημάνει ότι οι διαστάσεις της πρακτικής αυτής συμβάλλουν στη βαθύτερη κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

Διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη συγκρότηση εξηγήσεων, καθώς και στην ανάπτυξη επιχειρηματολογίας βασισμένης σε αποδεικτικά στοιχεία, εμπλέκονται σε περιορισμένο αριθμό δραστηριοτήτων. Απουσιάζουν διαστάσεις που αφορούν στη χρήση αποδεικτικών στοιχείων για την υποστήριξη μιας εξήγησης και στην αξιολόγηση των εξηγήσεων. Επίσης, δεν υπεισέρχονται στις δραστηριότητες άλλες σημαντικές διαστάσεις όπως είναι η εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση ή διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων ή ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων, καθώς επίσης και η αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές, η κριτική σε εργασία άλλων και η αναγνώριση της διαδικασίας αιτιολόγησης ισχυρισμών από την επιστημονική κοινότητα. Οι παραπάνω διαστάσεις συνιστούν βασικά στοιχεία της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012). Η διαδικασία συγκρότησης επιστημονικών εξηγήσεων και η εμπλοκή με επιχειρηματολογία μπορούν να συνεισφέρουν στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών και της φύσης της επιστήμης από τους μαθητές (Sandoval & Reiser, 2004), αλλά και στη διαμόρφωση θετικής εικόνας για τις Φυσικές Επιστήμες (Bell & Linn, 2000).

Διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών, εμπλέκονται σχεδόν στις μισές δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Όμως, πέρα από τις ιδέες και τα συμπεράσματα που παράγουν οι ίδιοι οι μαθητές, αγνοούνται σημαντικές διαστάσεις της πρακτικής αυτής. Συγκεκριμένα, αγνοούνται διαστάσεις που σχετίζονται με την άντληση νοημάτων από κείμενα, με τον έλεγχο της αξιοπιστίας των πληροφοριών που περιέχουν ή με την ενοποίηση των πληροφοριών τους με πληροφορίες που περιέχουν άλλες πηγές. Ωστόσο, οι παραπάνω διαστάσεις θεωρούνται σημαντικές για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (Pearson et al., 2010).

Η εργασία εστίαστηκε στην ανάλυση των δραστηριοτήτων ενός σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών. Προκειμένου να σχηματιστεί μια πληρέστερη εικόνα των δραστηριοτήτων των σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών είναι αναγκαίο να αναλυθούν οι δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων των άλλων τάξεων του δημοτικού καθώς επίσης και των τάξεων του Γυμνασίου και του Λυκείου. Επίσης, απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί συστηματικά η επίδραση της εφαρμογής των δραστηριοτήτων των σχολικών εγχειριδίων στις επιστημονικές πρακτικές που αναπτύσσουν οι μαθητές. Επιπρόσθετα, κρίνεται αναγκαία η πραγματοποίηση έρευνας προκειμένου να μελετηθεί η συμβολή εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιεί επιστημονικές πρακτικές στην κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ainsworth, S. E., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096-1097.
- Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.
- Chin, C., & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.
- Devetak, I., & Vogrinc, J. (2013). The criteria for evaluating the quality of the science textbooks. In M.S. Khine (Ed.), *Critical analysis of science textbooks* (p. 3-15). Netherlands: Springer.
- Giordan, A. & De Vecchi, G. (1996). *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre, Brazil: Artes Médicas.
- Haggarty, L., & Pepin, B. (2002). An investigation of mathematics textbooks and their use in English, French and German classrooms: Who gets an opportunity to learn what? *British Educational Research Journal*, 28(4), 567-590.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., & Foy, P. (2008). *TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Eighth and Fourth Grades*. Chestnut Hill, MA: Boston College.

- Martínez-Gracia, M. V., Gil-Quílez, M. J., & Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, 40(2), 53-60.
- National Research Council [NRC] (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. OECD Publishing.
- Orton, T., & Roper, T. (2000). Science and mathematics: A relationship in need of counselling? *Studies in Science Education*, 35(1), 123-153.
- Park, D. Y., & Lavonen, J. (2013). An analysis of standards-based high school physics textbooks of Finland and the United States. In M.S. Khine (Ed.), *Critical Analysis of Science Textbooks* (p. 219-238). Netherlands: Springer.
- Pearson, P. D., Moje, E., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and science: Each in the service of the other. *Science*, 328(5977), 459-463.
- Στασινάκης, Π., & Κολιόπουλος, Δ. (2011). Ανάλυση εγχειριδίων βιολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Η περίπτωση της έννοιας της θρέψης φυτών και ζώων. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 2(1-2), 103-125.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
- Τσέτσος, Σ., & Σκουμιάς, Μ. (2016). Οι επιστημονικές πρακτικές στις πειραματικές δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Στο Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς & Χ. Πολάτογλου (Επ.), *Πανελλήνιο Συνέδριο "Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες"* Πρακτικά Συνεδρίου (σελ. 147-156). Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Vasconcelos, C., Torres, J., Dourado, L. G. P., & Leite, L. (2012). Questions in science textbooks: do they prompt students' inquiry and problem-based learning? In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship*. Part 6 (p. 102-107). Lyon, France: European Science Education Research Association.

Η επίδραση ενός εκπαιδευτικού υλικού για το πεπτικό σύστημα στις αντιλήψεις παιδιών προσχολικής ηλικίας

Βασιλική Μητακίδη¹ & Μιχαήλ Σκουμιάς²

¹ 2ο Ν/Γ Καλυθιών Ρόδος, vmitakidi@sch.gr

² ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται σε εκπαιδευτικό υλικό για το πεπτικό σύστημα στην εξέλιξη των αντιλήψεων των παιδιών προσχολικής εκπαίδευσης. Ειδικότερα, η εργασία διερευνά την ύπαρξη διαφοροποιήσεων στις αντιλήψεις των παιδιών για το πεπτικό σύστημα στην αρχή, στο τέλος και ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση. Αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τη διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των παιδιών σχετικά με το πεπτικό σύστημα, βασισμένο στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών και νέων τεχνολογιών. Το εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκε σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν τα σχέδια των παιδιών για το πεπτικό σύστημα στην αρχή, στο τέλος και ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις αντιλήψεις των παιδιών στην αρχή και στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης, ενώ δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις αντιλήψεις τους στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης και ένα μήνα μετά από αυτήν.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αντιλήψεις παιδιών, εποικοδομητική προσέγγιση, επαυξημένη πραγματικότητα, πεπτικό σύστημα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο χώρο των ερευνών που μελετούν τη συμβολή κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται σε ερευνητικά δεδομένα στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Baviskar et al., 2009). Ειδικότερα, επικεντρώνεται στη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης στις αντιλήψεις των παιδιών προσχολικής ηλικίας σχετικά με το πεπτικό σύστημα.

Η αλλαγή των αντιλήψεων των παιδιών για το πεπτικό σύστημα, επιδιώκεται μέσα από την εμπλοκή των παιδιών με εκπαιδευτικό υλικό και διαδικασίες που

εδράζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών και νέων τεχνολογιών.

Επιλέχθηκε η εννοιολογική περιοχή του πεπτικού συστήματος επειδή αυτή συνδέεται με καταστάσεις της καθημερινής ζωής των παιδιών και περιλαμβάνεται στα αναλυτικά προγράμματα της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπλέον, στη σχετική βιβλιογραφία για τις αντιλήψεις των μαθητών για το πεπτικό σύστημα έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές συνήθως εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση (βλ. βιβλιογραφική ανασκόπηση).

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε για το πεπτικό σύστημα και η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (στο επίπεδο των αντιλήψεων) από την υλοποίηση αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σε παιδιά προσχολικής ηλικίας.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ερευνητικά δεδομένα των τελευταίων σαράντα ετών υποστηρίζουν ότι οι μαθητές πριν την εμπλοκή τους με τυπικές εκπαιδευτικές διαδικασίες κατέχουν αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver et al., 1985). Συνήθως, οι αντιλήψεις των μαθητών διαφέρουν από τις απόψεις της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης, είναι διαδεδομένες ανάμεσα στους μαθητές, συχνά αντιστέκονται σε οποιαδήποτε προσπάθεια τροποποίησής τους και ελάχιστα επηρεάζονται από τη διδασκαλία (Barke et al., 2009; Driver et al., 1985; Duit, 2009).

Σύμφωνα με τις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση, η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργητικά από το υποκείμενο που μαθαίνει (Widolo et al., 2002). Στο σχολικό πλαίσιο, οι μαθητές κατασκευάζουν οι ίδιοι μια καινούργια γνώση μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης των αρχικών τους αντιλήψεων και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος (Phillips, 2000). Η οικοδόμηση της γνώσης, λοιπόν, είναι μια δυναμική διαδικασία που απαιτεί την ενεργό συμμετοχή του υποκειμένου και εδράζεται στην αρχική του γνώση.

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης έχουν διαμορφωθεί ποικίλες εκδοχές του εποικοδομητισμού (Matthews, 1998). Οι θεωρίες του προσωπικού εποικοδομητισμού φαίνεται να παραμελούν ή να αγνοούν τους τρόπους με τους οποίους οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις επηρεάζουν τη διαδικασία με την οποία οικοδομείται η γνώση. Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός για τη μάθηση αναγνωρίζει ότι η μάθηση είναι μια κοινωνική δραστηριότητα κατά την οποία οι μαθητές εμπλέκονται σε μια κατασκευή εννοιών μέσω συζητήσεων και διαπραγματεύσεων με τους άλλους συμμαθητές τους και με τους διδάσκοντες (Skamp, 2012).

Η διανοητική εργασία που σχετίζεται με τη διδακτική επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο) (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή

ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Ανάμεσα στα διδακτικά μοντέλα που έχουν προταθεί για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας συμπεριλαμβάνεται και το μαθησιακό μοντέλο 5E των Bybee et al. (2006). Επιδιώκει οι μαθητές να οικοδομήσουν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών μέσα από τη χρήση επιστημονικών πρακτικών.

Οι Τεχνολογίες Πληροφόρησης και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) μπορούν να ενισχύσουν τη διαδικασία της μάθησης. Έχουν τη δυνατότητα να κάνουν τη διδασκαλία πιο αλληλεπιδραστική και αυθεντική, να κάνουν τη διδασκαλία των αφηρημένων εννοιών πιο αποτελεσματική και μπορούν να φέρουν τους μαθητές σε αντιπαράθεση με τις αρχικές τους αντιλήψεις (Rose & Meyer, 2002). Στις ΤΠΕ συμπεριλαμβάνεται και η επανξιημένη πραγματικότητα η οποία ενσωματώνει εικονικά στοιχεία σχετικά με τον πραγματικό κόσμο. Με αυτήν, είναι δυνατή η άμεση ή έμμεση προβολή ενός φυσικού περιβάλλοντος, όπου κάποια στοιχεία του επανξιηθήκαν ή ενισχύθηκαν με την βοήθεια εικονικών αντικειμένων, προσώπων ή χώρων διαμορφωμένων με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή (Cheng & Tsai, 2013). Η επανξιημένη πραγματικότητα ενισχύει την τρέχουσα αντίληψη του μαθητή για την πραγματικότητα σε αντίθεση με την εικονική πραγματικότητα, η οποία αντικαθιστά τον πραγματικό κόσμο με ένα προσομοιωμένο (Radu, 2014).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών για το πεπτικό σύστημα, απέτελεσε το αντικείμενο πολλών ερευνών. Τα παιδιά 5-11 ετών αν και αναγνωρίζουν το στομάχι ως το βασικό όργανο του πεπτικού συστήματος (Jaakkola & Slaughter, 2002; Nagy, 1953), ωστόσο δεν γνωρίζουν ότι η τροφή μετασχηματίζεται (Contento, 1981). Αντίθετα, θεωρούν ότι η τροφή αποθηκεύεται στο στομάχι και στη συνέχεια αποβάλλεται (Contento, 1981; Gellert, 1966). Οι Giordan και Vecchi (1988), χρησιμοποιώντας συνεντεύξεις και σχέδια διαπίστωσαν ότι τόσο τα παιδιά όσο και οι ενήλικες θεωρούν ότι μετά το στομάχι υπάρχουν δύο διαφορετικές δίοδοι μια για τις στερεές τροφές και μια για τα υγρά. Επίσης, προέκυψε ότι δεν αναγνωρίζουν τις συνδέσεις ανάμεσα στα όργανα του πεπτικού συστήματος.

Η Teixeira (2000), χρησιμοποιώντας συνεντεύξεις και σχέδια, μελέτησε τις αντιλήψεις μαθητών 4, 6, 8 και 10 ετών για το πεπτικό σύστημα. Η μελέτη της ανέδειξε ότι οι μαθητές ακολουθούν τρία μοντέλα. Στο απλούστερο μοντέλο η «κοιλιά» είναι ο χώρος όπου πάει η τροφή και είτε παραμένει εκεί είτε αποβάλλεται. Στα πιο σύνθετα μοντέλα ένα μέρος της τροφής αποβάλλεται και το υπόλοιπο μέρος διαμοιράζεται στο σώμα μέσω του αίματος. Οι Reiss και Tunnicliffe (2001) διερεύνησαν τις αντιλήψεις των μαθητών 5-20 ετών για τα συστήματα και τα όργανα του ανθρώπινου σώματος. Κατηγοριοποίησαν τα σχέδια των μαθητών σε επτά επίπεδα. Στα σχέδια που ανήκουν στα χαμηλότερα επίπεδα, δεν αναγνωρίζονται τα συστήματα και περιλαμβάνονται ορισμένα

μόνο όργανα. Τα πιο γνωστά όργανα στους μαθητές προέκυψε ότι είναι τα όργανα του πεπτικού συστήματος. Στα σχέδια που ανήκουν στα υψηλότερα επίπεδα, αναγνωρίζονται τα συστήματα και οι συνδέσεις ανάμεσα στα όργανα. Οι Carvalho et al. (2004) με τη βοήθεια ερωτηματολογίων και σχεδίων μελέτησαν τις αντιλήψεις των μαθητών 5-6 και 8-9 ετών για το πεπτικό σύστημα. Προέκυψαν 4 τύποι απεικονίσεων. Στις απλούστερες περιλαμβάνονταν το στομάχι χωρίς τη σύνδεσή του με το στόμα. Στις πιο σύνθετες περιλαμβάνονταν και άλλα όργανα. Επίσης, προέκυψε ότι οι μαθητές είχαν περιορισμένες γνώσεις για το πεπτικό σύστημα και για την πορεία των διαφόρων ουσιών στα μέρη του σώματος. Οι León-Sánchez et al. (2005) διαπίστωσαν ότι τα μικρότερα παιδιά (6 ετών) αναγνωρίζουν μόνο το στομάχι, ενώ τα μεγαλύτερα παιδιά (13 ετών) αναγνωρίζουν και άλλα όργανα καθώς επίσης και ότι η τροφή διαμοιράζεται στα διάφορα μέρη του σώματος και τους προσφέρει ενέργεια.

Παρά το μεγάλο αριθμό των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών για το πεπτικό σύστημα, είναι περιορισμένες οι έρευνες που αφορούν σε διδακτικές παρεμβάσεις με στόχο την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών (ενδεικτικά, Carvalho et al., 2004; Mathai & Ramadas, 2009). Οι έρευνες αυτές εστιάζονται σε μαθητές κυρίως της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ απουσιάζουν έρευνες με παιδιά προσχολικής ηλικίας. Επίσης, δεν εντοπίζονται έρευνες στις οποίες να έχουν χρησιμοποιηθεί τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας. Επιπρόσθετα, στις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν μελετηθεί οι αντιλήψεις των μαθητών αποκλειστικά πριν και αμέσως μετά τις διδασκαλίες. Δεν έχει διερευνηθεί η εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σε βάθος χρόνου.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης για το πεπτικό σύστημα -που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών και νέων τεχνολογιών- στην εξέλιξη των αντιλήψεων των παιδιών προσχολικής εκπαίδευσης.

Ειδικότερα, η εργασία επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

(α) Υπάρχει διαφοροποίηση στις αντιλήψεις των παιδιών για το πεπτικό σύστημα στην αρχή και στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης;

(β) Υπάρχει διαφοροποίηση στις αντιλήψεις των παιδιών για το πεπτικό σύστημα στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης και σε ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση;

(γ) Υπάρχει διαφοροποίηση στις αντιλήψεις των παιδιών για το πεπτικό σύστημα στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης και σε ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν τα παιδιά από δύο τμήματα του νηπιαγωγείου των Καλυθιών της Ρόδου (σύνολο παιδιών 36).

Για της ανάγκες της έρευνας αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για το πεπτικό σύστημα. Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού βασίστηκε στην κοινωνικο-

εποικοδομητική προσέγγιση για μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού ήταν το μαθησιακό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006). Η διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε περιλαμβάνει τις ακόλουθες πέντε φάσεις.

(α) Ενεργοποίηση: Η φάση αυτή επεδίωκε την πρόκληση του ενδιαφέροντος των παιδιών, την ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων, τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών και τη διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τα παιδιά να φάνε ένα μπισκότο και να συμπληρώσουν ατομικά το «ταξίδι της τροφής» σε ένα σχέδιο στο οποίο απεικονιζόταν το ανθρώπινο σώμα. Αρχικά, τα παιδιά εργάστηκαν ατομικά και ζωγράφισαν τα σχέδια. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Ακολούθησε αντιπαράθεση των παιδιών στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν τις απόψεις τους. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε με συζήτηση των παιδιών με την εκπαιδευτική η οποία ομαδοποίησε τις διαφορετικές απόψεις.

(β) Εξερεύνηση: Στη φάση αυτή, τα παιδιά πραγματοποίησαν δραστηριότητες, με σκοπό να ελέγξουν τις αρχικές αντιλήψεις τους. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά χωρισμένα σε ομάδες χρησιμοποίησαν την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας LearnAr σε υπολογιστή όπου κρατώντας καρτέλες ειδικά τυπωμένες μπροστά στο σώμα τους και στην κάμερα του υπολογιστή είχαν την δυνατότητα να παρατηρούν τα όργανα του πεπτικού συστήματος. Στη συνέχεια, χρησιμοποίησαν την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητάς anatomy 4D σε κινητά τηλέφωνα και τάμπλετ όπου είχαν τη δυνατότητα να μελετούν τα συστήματα του ανθρώπινου σώματος. Ακολούθως, τα παιδιά πραγματοποίησαν μια δραστηριότητα (διδακτική αναλογία) που αναπαριστά το «ταξίδι της τροφής» χρησιμοποιώντας υλικά (π.χ. μπισκότο, νερό, χυμό πορτοκάλι, πλαστική σακούλα, χαρτιά). Η δραστηριότητα αυτή απετέλεσε τον «τομέα βάσης» μιας διδακτικής αναλογίας που είχε ως «τομέα στόχο» τα όργανα του πεπτικού συστήματος. Τα παιδιά συζήτησαν τα αποτελέσματα κάθε μιας από τις παραπάνω δραστηριότητες με τους συμμαθητές τους. Στο τέλος κάθε μιας από τις παραπάνω δραστηριότητες ζητήθηκε από τα παιδιά να σχεδιάσουν το πεπτικό σύστημα, όπως και στην αρχική φάση.

(γ) Εξήγηση: Στη φάση αυτή, τα παιδιά πραγματοποίησαν δραστηριότητες, ώστε με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικής να προβούν σε εξηγήσεις που βασίζονται σε δεδομένα για το «ταξίδι της τροφής». Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά άκουσαν το παραμύθι «Ο Μάκης Ενζυμάκης και η μάχη στο στομάχι» και εργάστηκαν με προσομοιώσεις του πεπτικού συστήματος.

(δ) Εφαρμογή: Κατά τη φάση αυτή, τα παιδιά επεξεργάστηκαν προβλήματα διαφορετικά από αυτά που είχαν διαπραγματευτεί με στόχο να εφαρμόσουν τη νέα γνώση σε νέες καταστάσεις. Κατά την υλοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων τα παιδιά συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους, συγκρίνοντας και αντιπαραθέτοντας τις ιδέες τους. Στο τέλος κάθε μιας από τις παραπάνω δραστηριότητες ζητήθηκε από τα παιδιά να σχεδιάσουν εκ νέου το πεπτικό σύστημα.

(ε) Αξιολόγηση: Στη φάση αυτή, τα παιδιά καλούνται να επεξεργαστούν και πάλι την αρχική δραστηριότητα. Ζητείται από τα παιδιά να αναφέρουν αν συμφωνούν ή

διαφωνούν με την αρχικά σχέδια τους, αιτιολογώντας πάντοτε την απάντησή τους. Τα παιδιά συνέκριναν τα αρχικά με τα νέα σχέδια και συζήτησαν τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ τους.

Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν τα σχέδια των παιδιών για το πεπτικό σύστημα (α) στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης και συγκεκριμένα στη φάση της ενεργοποίησης (προ-τεστ), στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης και συγκεκριμένα στη φάση της αξιολόγησης (μετά-τεστ I) και (γ) ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση (μετά-τεστ II).

Διαμορφώθηκε ένα πλαίσιο ανάλυσης των σχεδίων των παιδιών βασισμένο στο πλαίσιο των Reiss και Tunnicliffe (2001). Το πλαίσιο αυτό κατηγοριοποιεί τα σχέδια των παιδιών σε 7 επίπεδα (βλ. Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Το πλαίσιο ανάλυσης των σχεδίων

ΕΠΙΠΕΔΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Επίπεδο 1	Καμιά αναπαράσταση της δομής του πεπτικού συστήματος
Επίπεδο 2	Ένα ή περισσότερα όργανα του πεπτικού τοποθετημένα με τυχαίο τρόπο
Επίπεδο 3	Ένα όργανο στην κατάλληλη θέση
Επίπεδο 4	Δύο ή περισσότερα όργανα στις κατάλληλες θέσεις αλλά απουσιάζουν οι μεταξύ τους συνδέσεις
Επίπεδο 5	Όλα τα όργανα με μερικά από αυτά στις κατάλληλες θέσεις και απουσιάζουν οι μεταξύ τους συνδέσεις
Επίπεδο 6	Όλα τα όργανα στις κατάλληλες θέσεις και απουσιάζουν κάποιες συνδέσεις
Επίπεδο 7	Όλα τα όργανα στις κατάλληλες θέσεις και υπάρχουν όλες οι μεταξύ τους συνδέσεις

Η ανάλυση των σχεδίων των παιδιών, πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές οι οποίοι εργάστηκαν ανεξάρτητα. Η μεταξύ τους συμφωνία στην ανάλυση των σχεδίων ήταν 92% και στη συνέχεια οι διαφωνίες τους επιλύθηκαν μέσω συζήτησης. Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε την αποτύπωση των συχνότητων και των ποσοστών, των επιπέδων των σχεδίων που δημιούργησαν οι μαθητές στην αρχή, στο τέλος και ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση. Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ανάλυσης της διακύμανσης με έναν παράγοντα (one way ANOVA). Η ερμηνεία των συσχετίσεων βασίστηκε στο κριτήριο Tukey HSD.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 2, παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των σχεδίων των παιδιών για το πεπτικό σύστημα ανά επίπεδο στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης (προ-τεστ),

στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης (μετά-τεστ Ι) και ένα μήνα μετά τη μετά τη διδακτική παρέμβαση (μετά-τεστ ΙΙ).

Από τον Πίνακα 2 διαπιστώνεται ότι ενώ στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης, τα σχέδια των περισσότερων παιδιών εντάσσονταν στα επίπεδα 2 και 1, στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης τα περισσότερα σχέδια των παιδιών εντάσσονταν στα επίπεδα 4, αλλά και στα επίπεδα 5 και 6, ενώ ένα μήνα μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης τα περισσότερα σχέδια των παιδιών εντάσσονταν στα επίπεδα 6 και 2, αλλά και στο επίπεδο 4.

Πίνακας 1: Τα επίπεδα των σχεδίων των παιδιών στην αρχή, στο τέλος και ένα μήνα μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης: συχνότητες και ποσοστά

ΕΠΙΠΕΔΑ	ΠΡΟ-ΤΕΣΤ		ΜΕΤΑ-ΤΕΣΤ Ι		ΜΕΤΑ-ΤΕΣΤ ΙΙ	
	f	%	f	%	f	%
Επίπεδο 1	9	33,3	1	3,7	4	14,8
Επίπεδο 2	13	48,2	3	11,1	6	22,2
Επίπεδο 3	1	3,7	1	3,7	2	7,4
Επίπεδο 4	3	11,1	9	33,3	5	18,5
Επίπεδο 5	1	3,7	5	18,5	1	3,7
Επίπεδο 6	0	0,0	5	18,5	6	22,2
Επίπεδο 7	0	0,0	3	11,1	3	11,1

Η ανάλυση διακύμανσης με έναν παράγοντα χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των σχεδίων των παιδιών στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης, στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης και σε ένα μήνα μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης. Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση [$F(2, 78)=16,45, p<0,0001$]. Οι post hoc αναλύσεις με τη χρήση του τεστ Tukey HSD έδειξαν ότι τα επίπεδα των σχεδίων των παιδιών στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης ($M=2,037, SD=1,0913$) διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των σχεδίων των παιδιών στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης ($M=4,5185, SD=1,6022$) και ότι τα επίπεδα των σχεδίων των παιδιών στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης ($M=2,037, SD=1,0913$) διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των σχεδίων των παιδιών ένα μήνα μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης ($M=3,8519, SD=2,0885$). Όμως, προέκυψε ότι τα επίπεδα των σχεδίων των παιδιών στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης ($M=4,5185, SD=1,6022$) δεν διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των σχεδίων των παιδιών ένα μήνα μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης ($M=3,8519, SD=2,0885$).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των σχεδίων των παιδιών προέκυψε ότι ενώ στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης, τα σχέδια της πλειονότητας των παιδιών εντάσσονταν στα χαμηλότερα

επίπεδα, στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης τα σχέδια των περισσότερων παιδιών εντάσσονταν σε υψηλότερα επίπεδα. Επιπρόσθετα, τα σχέδια των παιδιών στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης δεν διαφοροποιούνταν σημαντικά από τα σχέδιά τους ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση. Συνεπώς, η διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών για το πεπτικό σύστημα, μέσω της διδακτικής παρέμβασης που εφαρμόστηκε, αναδείχθηκε εφικτή.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής, είναι δυνατόν να αποδοθούν σε λόγους που σχετίζονται με τη διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε και στις δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν. Η διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε, η οποία παρείχε ευκαιρίες στα παιδιά να εκφράσουν και να επεξεργαστούν τις αντιλήψεις τους, προώθησε τη συζήτηση μεταξύ τους. Οι δραστηριότητες συνεισέφεραν στη δημιουργία αντιπαράθεσεων μεταξύ των παιδιών. Η συζήτηση μεταξύ των παιδιών όπου προσπαθούσαν να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους και να πείσουν τους συμμαθητές τους βοήθησε τα παιδιά να εμπλακούν ενεργά στην επεξεργασία των αντιλήψεών τους. Υποστηρίζεται ότι η αντιπαράθεση των ιδεών συνεισφέρει στην εννοιολογική αλλαγή (Asterhan & Schwarz, 2009). Επιπλέον, η χρήση επιστημονικών πρακτικών (ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, εμπλοκή σε επιχειρηματολογία, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών), συνεισέφερε στην αλλαγή των αντιλήψεων. Έχει επισημανθεί ότι οι επιστημονικές πρακτικές αποτελούν τα «κλειδιά» για την κατανόηση των ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών (NGSS Lead States, 2013).

Μολονότι η διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών για τις αλλαγές κατάστασης των σωμάτων και τη θερμοκρασία αναδείχθηκε εφικτή, ωστόσο υπάρχουν μαθητές που δεν τροποποίησαν τις αντιλήψεις τους, καθώς επίσης και μαθητές που ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση «οπισθοδρόμησαν» σε αρχικές αντιλήψεις τους. Η παραπάνω διαπίστωση καταδεικνύει ότι οι αντιλήψεις των μαθητών είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στην εννοιολογική αλλαγή. Ο ανθεκτικός χαρακτήρας των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών έχει επαρκώς τεκμηριωθεί στη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία (ενδεικτικά, Brown, 1992; Pantazopoulou & Skoumios, 2013).

Στην έρευνα αυτή συμμετείχε ένα περιορισμένο δείγμα παιδιών και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά με σχέδια. Η χρήση συνέντευξης ή ο συνδυασμός σχεδίων και συνέντευξης, καθώς επίσης και η μελέτη του λόγου των μαθητών σε όλη τη διάρκεια των διδασκαλιών θα επέτρεπαν τη διερεύνηση, σε μεγαλύτερο βάθος, της διαδικασίας εξέλιξης των αντιλήψεων των παιδιών.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς η εργασία αυτή συνεισφέρει στην έρευνα για την ανάπτυξη αποτελεσματικού εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες. Διαπιστώθηκε ότι η επικοινωνιακή προσέγγιση για τη μάθηση σε συνδυασμό με τη χρήση επιστημονικών πρακτικών και νέων τεχνολογιών αποτελεί ένα σημαντικό πλαίσιο αναφοράς για την οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού και της μαθησιακής διαδικασίας.

Ωστόσο, η εργασία αυτή επικεντρώθηκε αποκλειστικά στη μελέτη των σχεδίων των παιδιών για το πεπτικό σύστημα στην αρχή και στο τέλος των διδασκαλιών. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί συστηματικά η εξέλιξη των σχεδίων των

παιδιών αλλά και του λόγου τους σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Η έρευνα αυτή θα επέτρεπε να αποτυπωθούν οι «μαθησιακές διαδρομές» των παιδιών και να εντοπιστούν οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που συμβάλουν σημαντικά στην εννοιολογική αλλαγή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Asterhan, C. S. C., & Schwarz, B. B. (2009). Transformation of robust misconceptions through peer argumentation. In: B. B. Schwarz, T. Dreyfus, & R. Hershkowitz (Eds.) *Transformation of Knowledge through Classroom Interaction* (pp. 159-172). New York, NY: Routledge, Advances in Learning & Instruction series.
- Baviskar, S. N., Hartle, R.T., & Whitney, T. (2009). Essential criteria to characterize constructivist teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist teaching method articles. *International Journal of Science Education*, 31(4), 541-550.
- Barke, H.D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). *Misconceptions in Chemistry- Addressing Perceptions in Chemical Education*. Springer, Berlin.
- Brown, D. E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 17-34.
- Bybee R., Taylor J., Gardner A., Van Scotter P., Powell J. C., Westbrook A., & Landes N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.
- Carvalho, G., Silva, R., Lima, N. & Coquet, E. (2004). Portuguese primary School children's conceptions about digestion: identification of learning obstacles. *International Journal of Science Education*, 26, 1111-1130
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.
- Contento, I. (1981). Children's thinking about food and eating: A piagetian-based study. *Journal of Nutrition Education*, 13, 86-90.
- Driver, R., Guesne, E., and Tiberghien, A. (Eds) (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, Open University Press.
- Duit, R. (2009). *Bibliography: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Leibniz Institute for Science Education, Kiel, Germany.
- Gellert, E. (1966). Children's conceptions of the content and functions of the human body. *Genetic Psychology Monographs*, 65, 293-405.
- Giordan, A. & Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber*. Diada, Sevilla.
- Jaakkola, R. O. & Slaughter, V. (2002). Children's body knowledge: Understanding 'life' as a biological goal. *British Journal of Developmental Psychology*, 20, 325-342.
- León-Sánchez, R., Barrera García, K. & Palafox, G. (2005). Las ideas de los niños acerca del proceso digestivo. Enseñanza de las ciencias 7. Numero extra VII Congreso Internacional de Didáctica de la Ciencias Experimentales

- Mathai, S., & Ramadas, J. (2009). Visuals and visualisation of human body systems. *International Journal of Science Education*, 31(3), 439-458.
- Matthews, M. (Ed.) (1998). *Constructivism in science education*. Dordrecht: Kluwer.
- Nagy, M. H. (1953). Children's birth theories. *Journal of Genetic Psychology*, 83, 217-226
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Pantazopoulou, A. & Skoumios, M. (2013). The persistence of students' conceptions about buoyancy in gases. *The International Journal of Science in Society*, 4(3), 95-108.
- Phillips, D. C. (2000). *Constructivism in education*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Reiss, M. J., Tunnicliffe, S. D., Andersen, A. M., Bartoszeck, A., Carvalho, G., Chen, S., Jarman, R., Jónsson, S., Manokore, V., Marchenko, N., Mulemwa, J., Novikova, T., Otuka, J., Teppa, S. & Van Rooy, W. (2002). An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36, 58-64
- Rose, D. and Meyer A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Alexandria, VA: ASCD.
- Skamp, K. (Ed.). (2012). *Teaching primary science constructively* (4th ed.). Southbank, Victoria, Australia: Cengage Learning.
- Teixeira, F. M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22(5), 507-520.
- Widodo, A., Duit, R. & Müller, C. (2002, April). Constructivist views of teaching and learning in practice: Teachers' views and classroom behavior. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans.

Οι επιπτώσεις μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στις πρακτικές σχεδίασης έρευνας των μαθητών του δημοτικού σχολείου

Ευδοκία Ανδρικοπούλου¹ & Μιχαήλ Σκουμιός²

¹ Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, evie_andrikopoulou@yahoo.gr

² Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της εργασίας αυτής αποτελεί η μελέτη των επιπτώσεων μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στην επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στη σχεδίαση έρευνας. Συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες βασισμένο στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών, το οποίο εφαρμόστηκε σε 19 μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Για την αξιολόγηση της πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση έρευνας, συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτό. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι βελτιώθηκαν σημαντικά οι διαστάσεις της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη σχεδίαση έρευνας, μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού για τους ηλεκτρομαγνήτες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επιστημονικές πρακτικές, εποικοδομητική προσέγγιση, ηλεκτρομαγνήτες, εκπαιδευτικό υλικό.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το νέο πλαίσιο εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, που έχει προταθεί από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Η.Π.Α., η κατανόηση από τους μαθητές των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών πραγματοποιείται μέσα από την εμπλοκή τους με επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012). Συνεπώς, είναι αναγκαία η μελέτη των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών. Όμως, η έρευνα που μελετά τη συγκρότηση εκπαιδευτικού υλικού για την ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές είναι περιορισμένη (Kyriazi, & Constantinou, 2005; Lederman, 2007; Zion et al. 2004). Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη συγκρότηση εκπαιδευτικού υλικού για τους ηλεκτρομαγνήτες και στη μελέτη των επιπτώσεων της εφαρμογής του στην επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στη σχεδίαση έρευνας.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Οι εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση, πρεσβεύουν ότι ο μαθητής δεν λαμβάνει παθητικά αλλά κατασκευάζει ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (Duit, 2009). Έχει υποστηριχθεί ότι οι μαθητές κατέχουν αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους (Driver et al., 1985). Αυτές οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν το υπόβαθρο για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας. Η διανοητική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αλλαγή των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012).

Ο όρος επιστημονικές πρακτικές αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Η παρούσα εργασία περιορίζεται στην επιστημονική πρακτική που αφορά στη σχεδίαση έρευνας. Μέσα από τη χρήση αυτής της πρακτικής επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί: (α) να διατυπώνουν επιστημονικά ερωτήματα, (β) να διατυπώνουν υποθέσεις, (γ) να προχωρούν σε έλεγχο των μεταβλητών (αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη μεταβλητή, την εξαρτημένη μεταβλητή και τις μεταβλητές ελέγχου) και (δ) να επινοούν και να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν προκειμένου να απαντήσουν σε ένα επιστημονικό ερώτημα (NRC, 2012).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Σχετικά με την ανάπτυξη της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση έρευνας έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες που σχετίζονται με τη αναγνώριση επιστημονικών ερωτημάτων, τον έλεγχο των μεταβλητών και την επινόηση και περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας που πρέπει να ακολουθήσουν (Chen & Klahr, 1999; Duggan & Gott, 2000; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 2007). Ωστόσο, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ανάπτυξη των παραπάνω (Adey & Shayer, 1994; Chen & Klahr 1999; Goossens, 1992; Klahr & Nigam 2004; Kyriazi, & Constantinou, 2005; Roth & Roychoudhury 1993; Schneider et al. 2002; Zion et al. 2004).

Επίσης, ενώ είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη η έρευνα που αναφέρεται στη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών για θέματα ηλεκτρισμού και μαγνητισμού, η αντίστοιχη έρευνα για θέματα ηλεκτρομαγνητισμού είναι περιορισμένη και εστιάζεται σε μαθητές κυρίως της δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Selman et al., 1982; Anderson, 1986; Galili, 1995; Raduta, 2005; Smaill & Rowe, 2012). Από τις έρευνες αυτές προέκυψε ότι συνήθως οι μαθητές εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική

γνώση. Σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, προέκυψε ότι οι μαθητές δεν συνδέουν το ηλεκτρικό ρεύμα με την εμφάνιση μαγνητικού πεδίου (Barrow, 1987).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν συστηματικά την επίδραση διδασκαλιών για τους ηλεκτρομαγνήτες, που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών, στην εξέλιξη της επιστημονικής πρακτικής των μαθητών του δημοτικού σχολείου που αφορά στη σχεδίαση έρευνας.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στην επιστημονική πρακτική των μαθητών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου που αφορά στη σχεδίαση έρευνας.

Ειδικότερα, η εργασία αυτή επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- (α) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη διατύπωση ενός ερευνητικού ερωτήματος και μιας υπόθεσης;
- (β) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής, της εξαρτημένης μεταβλητής και των μεταβλητών ελέγχου;
- (γ) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στη πρακτική των μαθητών που αφορά στην περιγραφή μιας πειραματικής διαδικασίας που πρέπει να ακολουθηθεί;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Τα στάδια της έρευνας και οι συμμετέχοντες

Αρχικά, συγκροτήθηκε το εκπαιδευτικό για τους ηλεκτρομαγνήτες και ένα ερωτηματολόγιο που εξέταζε την πρακτική των μαθητών που αφορά στη σχεδίαση έρευνας (πιλοτική έρευνα). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού στους μαθητές και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Στην έρευνα συμμετείχαν 19 μαθητές της Στ' τάξης του 2^{ου} Δημοτικού Σχολείου Αρχαγγέλου Ρόδου.

Το εκπαιδευτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες

Το εκπαιδευτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες σχεδιάστηκε με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών και περιλάμβανε δύο ενότητες. Η πρώτη ενότητα («Συνδέοντας τον ηλεκτρισμό με τον μαγνητισμό») αφορούσε στη διδακτική επεξεργασία της αντίληψης των μαθητών που θεωρούν ότι όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες. Η δεύτερη ενότητα («Ο ηλεκτρομαγνήτης και οι παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη έλξης του») αφορούσε στη διδακτική επεξεργασία της αντίληψης των μαθητών που θεωρούν ότι ένας ηλεκτρομαγνήτης είναι μόνιμος μαγνήτης και έχει σταθερή δύναμη έλξης.

Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού κάθε ενότητας βασίστηκε στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006) που εμπλέκει τους μαθητές σε μια καθοδηγούμενη έρευνα εστιασμένη στην ανάδειξη, επεξεργασία και αναθεώρηση των αρχικών τους αντιλήψεων, χρησιμοποιώντας επιστημονικές πρακτικές. Περιλάμβανε τις ακόλουθες πέντε φάσεις που παρουσιάζονται στη συνέχεια.

(α) Ενεργοποίηση: Η πρώτη φάση είχε ως στόχους την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, την ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων και τη διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα. Στην πρώτη ενότητα στους μαθητές τέθηκε ένα πρόβλημα το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις σχετικά με το τι θα συμβεί σε μια μαγνητική βελόνα όταν παράλληλα με αυτήν υπάρχει ένας αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Στη δεύτερη ενότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις σχετικά με το τι θα συμβεί αν ένας ηλεκτρομαγνήτης πλησιάσει σε καρφίτσες. Οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και κατέγραψαν τις απαντήσεις τους. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα των συζητήσεων στο σύνολο των μαθητών. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε με συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και τη διατύπωση από πλευράς μαθητών ερωτημάτων για έρευνα.

(β) Διερεύνηση: Η δεύτερη φάση αποσκοπούσε στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές με απώτερο στόχο την απάντηση των ερωτημάτων που είχαν θέσει. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπήρχαν στα φύλλα εργασίας τους. Σε κάθε έρευνα διατύπωναν το ερώτημα, πρόβαιναν σε υποθέσεις, αναγνώριζαν τις μεταβλητές που υπεισέρχονταν στην έρευνα, εντόπιζαν την ανεξάρτητη μεταβλητή, την εξαρτημένη μεταβλητή και τις μεταβλητές ελέγχου, περιέγραφαν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν, συνέλεξαν τα υλικά, εκτελούσαν τα πειράματα είτε με φυσικά υλικά είτε μέσω εκπαιδευτικού λογισμικού και κατέγραψαν σε πίνακες τα δεδομένα.

(γ) Ερμηνεία: Στη φάση αυτή, οι μαθητές επεξεργάστηκαν τους πίνακες με τα δεδομένα, αναγνώρισαν τάσεις στα δεδομένα, εξήγαγαν από αυτούς συμπεράσματα και τα συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στη φάση αυτή επιδιώχθηκε, με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, οι μαθητές να συγκροτήσουν εξηγήσεις βασισμένες στα δεδομένα που συνέλεξαν.

(δ) Εφαρμογή: Η φάση αυτή επεδίωκε την εφαρμογή της γνώσης που απέκτησαν οι μαθητές σε νέα προβλήματα και την ανατροφοδότηση των μαθητών. Ειδικότερα, οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα διαφορετικά σε σχέση με αυτά που είχαν αρχικά διαπραγματευτεί. Κατά την υλοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους και όπου υπήρχαν διαφορές προέβαιναν σε εκτέλεση πειραμάτων και αντιπαράθεση ιδεών με τους συμμαθητές τους.

(ε) Αξιολόγηση: Η φάση αυτή αποσκοπούσε στον αναστοχασμό των μαθητών πάνω στη μαθησιακή διαδικασία που ακολουθήθηκε. Αρχικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να μελετήσουν τις απαντήσεις τους, σε ερωτήσεις που είχαν επεξεργαστεί στο παρελθόν στο πλαίσιο προβλημάτων που τους είχαν τεθεί στην αρχική φάση της διδασκαλίας. Οι μαθητές κλήθηκαν να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις τρέχουσες

απαντήσεις τους. Συζήτησαν τις όποιες ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις μεταξύ των απαντήσεών τους με τους συμμαθητές της ομάδας τους. Επιπρόσθετα, οι μαθητές κλήθηκαν να συμμετάσχουν στη σχεδίαση δραστηριοτήτων για τους ηλεκτρομαγνήτες προκειμένου να βοηθήσουν άλλους συμμαθητές τους που δεν τους έχουν διδαχθεί.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο περιλάμβανε έξι ανοικτές ερωτήσεις. Πριν από τις ερωτήσεις υπήρχε ένα εισαγωγικό κείμενο («*Ο Έντι και η Γιώτα κατασκεύασαν έναν ηλεκτρομαγνήτη. Διαφωνούν όμως μεταξύ τους γιατί ο Έντι υποστηρίζει ότι μπορούν να τον κάνουν πιο ισχυρό, ώστε να έλκει περισσότερες πινέζες, χρησιμοποιώντας περισσότερες μπαταρίες. Όμως, η Γιώτα πιστεύει ότι κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί αφού θεωρεί ότι δε γίνεται ένας ηλεκτρομαγνήτης να γίνει πιο ισχυρός. Ύστερα από αυτήν τη διαφωνία τα παιδιά αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα*».) Στην ερώτηση 1, ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα που προκύπτει. Στην ερώτηση 2, ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν μια υπόθεση σχετική με το ερώτημα που θα ερευνηθεί. Στην ερώτηση 3, ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν ποιος παράγοντας θα πρέπει να μεταβληθεί στη συγκεκριμένη έρευνα (ανεξάρτητη μεταβλητή). Στην ερώτηση 4, ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν ποιοι παράγοντες θα πρέπει να παραμείνουν σταθεροί στη συγκεκριμένη έρευνα (μεταβλητές ελέγχου). Στην ερώτηση 5, ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν ποιος παράγοντας θα μετρηθεί στη συγκεκριμένη έρευνα (εξαρτημένη μεταβλητή). Στην ερώτηση 6, ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν, όσο πιο αναλυτικά μπορούν, μια πειραματική διαδικασία η οποία αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη έρευνα που θα πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πλαισίου ανάλυσης που κατηγοριοποιεί τις απαντήσεις των μαθητών σε τέσσερα επίπεδα (βλ. Πίνακα 1). Υπολογίσθηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών. Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε το t-test.

Πίνακας 1: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει απάντηση
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μη σχετική απάντηση
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει σχετική αλλά μη πλήρη απάντηση
Επίπεδο 3	Ο μαθητής προτείνει σχετική και πλήρη απάντηση

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος

Ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών (78,9%) διατύπωνε ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 2), μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μισοί σχεδόν μαθητές (52,6%) διατύπωναν ένα σχετικό και πλήρες ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 3) (βλ. Πίνακα 2). Μάλιστα, διαπιστώνεται μια σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν ($M=2,63$, $SD=0,76$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=3,42$, $SD=0,69$), $t(36)=-3,34$, $p=0,0019$.

Πίνακας 2: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	%	f	%
Επίπεδο 0	3	15,8	0	0,0
Επίπεδο 1	1	5,3	2	10,6
Επίπεδο 2	15	78,9	7	36,8
Επίπεδο 3	0	0,0	10	52,6

Διατύπωση υπόθεσης

Πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των μαθητών (47,4%) διατύπωνε μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2) ενώ, μετά τη διδακτική παρέμβαση το 63,4% των μαθητών ήταν σε θέση να διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2) και το 31,6% των μαθητών πρότεινε μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3) (βλ. Πίνακα 3). Μάλιστα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν ($M=2,37$, $SD=0,90$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=3,32$, $SD=0,48$), $t(36)=-4,07$, $p=0,0002$.

Πίνακας 3: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στη διατύπωση υπόθεσης, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	%	f	%
Επίπεδο 0	4	21,0	0	0,0
Επίπεδο 1	5	26,3	0	0,0
Επίπεδο 2	9	47,4	13	63,4
Επίπεδο 3	1	5,3	6	31,6

Εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής

Ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των μαθητών (84,2%) δεν εντοπίζει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 0), μετά τη διδακτική παρέμβαση το 78,9% των

μαθητών είναι σε θέση να εντοπίζει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 3) (βλ. Πίνακα 4). Μάλιστα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν ($M=1,37$, $SD=0,96$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=3,37$, $SD=1,26$), $t(36)=-5,52$, $p<0,0001$).

Πίνακας 4: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	%	f	%
Επίπεδο 0	16	84,2	4	21,1
Επίπεδο 1	1	5,3	0	0,0
Επίπεδο 2	0	0,0	0	0,0
Επίπεδο 3	2	10,5	15	78,9

Εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου

Πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των μαθητών (94,7%) δεν εντόπιζε καμία από τις μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι απαντήσεις των περισσότερων μαθητών εντόπιζαν είτε ορισμένες είτε το σύνολο των μεταβλητών ελέγχου (επίπεδα 2 και 3) (βλ. Πίνακα 5). Μάλιστα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν ($M=1,05$, $SD=0,23$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=3,11$, $SD=1,05$), $t(36)=-8,34$, $p<0,0001$.

Πίνακας 5: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου της έρευνας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	%	f	%
Επίπεδο 0	18	94,7	3	15,8
Επίπεδο 1	1	5,3	0	0,0
Επίπεδο 2	0	0,0	8	42,1
Επίπεδο 3	0	0,0	8	42,1

Εντοπισμός εξαρτημένης μεταβλητής

Πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των μαθητών (68,4%) δεν εντόπιζε την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι απαντήσεις των περισσότερων μαθητών ανήκαν στα επίπεδα 2 και 3 (βλ. Πίνακα 6). Μάλιστα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν ($M=1,63$, $SD=0,96$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=3,05$, $SD=0,97$), $t(36)=-4,55$, $p<0,0001$).

Πίνακας 6: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	13	68,4	2	10,5
Επίπεδο 1	0	0,0	2	10,5
Επίπεδο 2	6	31,6	8	42,1
Επίπεδο 3	0	0,0	7	36,8

Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των μαθητών (78,9%) δεν μπορούσε να προτείνει καμία πειραματική διαδικασία (επίπεδο 0), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση το 42,1% των μαθητών ήταν σε θέση να περιγράψει μια πειραματική διαδικασία αναφέροντας ένα έως τρία στοιχεία της (ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή) (επίπεδο 2) και το 21,1 % των μαθητών ήταν σε θέση να περιγράψει πλήρως την πειραματική διαδικασία (επίπεδο 3) (βλ. Πίνακα 7). Μάλιστα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν ($M=1,37$, $SD=0,83$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=2,63$, $SD=1,07$), $t(36)=-4,08$, $p=0,0002$).

Πίνακας 7: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στην περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Αρχικό ερωτηματολόγιο		Τελικό ερωτηματολόγιο	
	f	%	f	%
Επίπεδο 0	15	78,9	4	21,1
Επίπεδο 1	2	10,5	3	15,8
Επίπεδο 2	1	5,3	8	42,1
Επίπεδο 3	1	5,3	4	21,1

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα ευρήματα της παρούσας εργασίας, διαπιστώνεται ότι το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε καταδεικνύει εφικτή την ανάπτυξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη σχεδίαση έρευνας. Οι περισσότεροι μαθητές, μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, ήταν σε θέση να διατυπώνουν ένα ερευνητικό ερώτημα, να εκφέρουν υποθέσεις, να εντοπίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου, την εξαρτημένη μεταβλητή και να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για να απαντηθεί ένα ερευνητικό ερώτημα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση ελάχιστοι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με αυτές τις διαστάσεις της πρακτικής σχεδίασης έρευνας. Μάλιστα, από την εφαρμογή στους μαθητές του εκπαιδευτικού

υλικού που συγκροτήθηκε, διαπιστώθηκε η ύπαρξη σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 19 μαθητές της Στ' τάξης του 2^{ου} 12/θ Δημοτικού Σχολείου Αρχαγγέλου Ρόδου και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίου. Η χρήση συνέντευξης ή ο συνδυασμός ερωτηματολογίου και συνέντευξης θα επέτρεπαν τη διερεύνηση, σε μεγαλύτερο βάθος, της διαδικασίας ανάπτυξης αυτής της πρακτικής στους μαθητές.

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε στη διερεύνηση της συμβολής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε στην εξέλιξη μιας επιστημονικής πρακτικής (σχεδίαση έρευνας). Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί η συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην εξέλιξη των υπόλοιπων επιστημονικών πρακτικών, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adey, P., & Shayer, M. (1994). *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.
- Andersson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8(2), 155–171.
- Barrow, L. H. (1987). Magnet concepts and elementary students' misconceptions. In *Proceedings of the Second International Seminar on misconceptions and educational strategies in Science and Mathematics* (Vol. 3, pp. 17-22). Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999): All Other Things Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. (pp. 193-201). Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Duggan, S., & Gott, R. (2000). Intermediate general national vocational qualification (GNVQ) science: A missed opportunity for a focus on procedural understanding? *Research in Science and Technological Education*, 18(2), 201–214.
- Duit, R. (2009). *Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel, Germany: University of Kiel.
- Galili, I. (1995). Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 17(3), 371–387.
- Goossens, L. (1992). Training scientific thinking in children and adolescents: A critical commentary and quantitative integration. In A. Demetriou, M. Shayer, & A. Efklides

- (Eds.), *Neo-Piagetian theories of cognitive development: Implications and applications for education*, (pp. 160-179). London: Routledge.
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395–418.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction. Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science*, 15(10), 661- 667.
- Kyriazi, E. & Constantinou, C. (2005). The Science Fair as a Means for Developing Graphing Skills in Elementary School. In P. Michaelide, & A. Margetousaki, (eds). Proceedings of the 2nd International Conference on Hands on Science: “*Science in a Changing Education*”, (pp. 359-368), Rethymno: The Laboratory for Science Teaching, Department of Education, University of Crete, 13th – 16th July 2005.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Raduta, C. (2005). General students’ misconceptions related to Electricity and Magnetism, *arXiv preprint physics/0503132*.
- Roth, W.-M., & Roychoudhury, A. (1993). The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), 127-152.
- Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2002). Performance of Students in Project-Based Science Classrooms on a National Measure of Science Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410 – 422.
- Selman, R. L., Krupa, M. P., Stone, C. R., & Jaquette, D. S. (1982). Concrete operational thought and the emergence of the concept of unseen force in children’s theories of electromagnetism and gravity. *Science Education*, 66(2), 181-194.
- Smail, C. R., Rowe, G. B., Godfrey, E., & Paton, R. O. (2012). An investigation into the understanding and skills of first-year electrical engineering students. *Education, IEEE Transactions on*, 55(1), 29-35.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004). Dynamic, Open Inquiry in Biology Learning. *Science Education*, 88(5), 875-894.

Η συμβολή ενός εκπαιδευτικού υλικού στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα

Αργυρία Τζικούλη¹ & Μιχαήλ Σκουμιός²

¹ Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, a-tzikouli@hotmail.com

² Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έρευνα που μελετά τη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τα ηλεκτρικά κυκλώματα στην εξέλιξη της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Για τις ανάγκες της έρευνας συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό το οποίο βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση επιστημονικών πρακτικών. Το εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκε σε μαθητές της Ε΄ τάξης ενός δημοτικού σχολείου της Καλύμνου. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι γραπτές απαντήσεις τριών μαθητών στις ερωτήσεις των φύλλων εργασίας του εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Η αξιολόγηση της δομής των επιχειρημάτων πραγματοποιήθηκε με μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων που αξιολογεί την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων τους (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός και αντίκρουση). Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε τη μελέτη της εξέλιξης της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών για τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Προέκυψε ότι οι μαθητές κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης βελτίωσαν σημαντικά τη δομή των επιχειρημάτων τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επιχειρήματα μαθητών, εκπαιδευτικό υλικό, ηλεκτρικά κυκλώματα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Φυσικές Επιστήμες επιδιώκουν να εξηγήσουν τα φαινόμενα καθορίζοντας πως ή γιατί αυτά συμβαίνουν. Όταν οι επιστήμονες εξηγούν φαινόμενα συγκροτούν επιχειρήματα προκειμένου να τεκμηριώσουν τις εξηγήσεις τους. Ειδικότερα, προτείνουν ισχυρισμούς τους οποίους αιτιολογούν ώστε να πείσουν άλλους επιστήμονες για την ορθότητά των ισχυρισμών τους ή για να καταρρίψουν ισχυρισμούς άλλων επιστημόνων (McNeill & Krajcik, 2012). Σε μια παρεμφερή διαδικασία προτείνεται να εμπλέκονται και οι μαθητές

κατά την εκπαίδευσή τους στις Φυσικές Επιστήμες. Θεωρείται αναγκαίο οι μαθητές να μπορούν να κρίνουν ένα επιχείρημα, και να μπορούν να τεκμηριώνουν ένα ισχυρισμό που προτείνουν (Krajcik & McNeill, 2009). Η συγκρότηση επιχειρημάτων μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, στην οικοδόμηση νέας γνώσης και στην καλύτερη κατανόηση της φύσης της επιστημονικής γνώσης από τους μαθητές (Sandoval & Reiser, 2004; Zohar & Nemet, 2002).

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη της δομής των επιχειρημάτων που παράγουν οι μαθητές κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, μελετά την επίδραση ενός εκπαιδευτικού υλικού για τα ηλεκτρικά κυκλώματα στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Αναφορικά με τα επιχειρήματα των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχει προταθεί ένα μοντέλο για την αξιολόγηση της ποιότητάς τους και για την υποστήριξη των μαθητών στην παραγωγή επιχειρημάτων. Σύμφωνα με αυτό, ένα επιχείρημα ενός μαθητή αποτελείται από τέσσερα συστατικά στοιχεία (McNeill et al., 2006; McNeill & Krajcik, 2012): (α) ισχυρισμό (claim), που είναι ένα συμπέρασμα το οποίο απαντά σε μία ερώτηση ή ένα πρόβλημα, (β) αποδεικτικά στοιχεία (evidence), τα οποία είναι τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό, (γ) συλλογισμό (reasoning), ο οποίος συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό και προβάλλει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό με βάση επιστημονικές αρχές και (δ) αντίκρουση (rebuttal) η οποία αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Η ποιότητα ενός επιχειρήματος που παράγει ο μαθητής στις Φυσικές Επιστήμες εξαρτάται από τη δομή και το περιεχόμενό του (McNeill et al., 2006; Sandoval & Millwood, 2005). Η δομή αναφέρεται στην ύπαρξη και την επάρκεια του ισχυρισμού, των αποδεικτικών στοιχείων, του συλλογισμού και της αντίκρουσης ανεξάρτητα από το εννοιολογικό τους περιεχόμενο. Ένα επιχείρημα θεωρείται επαρκές όταν περιλαμβάνει έναν ισχυρισμό που απαντά στην ερώτηση, όλα τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό, συλλογισμό που συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία εμπλέκοντας επιστημονικές αρχές και αντίκρουση που συντίθεται από ισχυρισμό, αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμό. Όσον αφορά το περιεχόμενο ενός επιχειρήματος, αυτό σχετίζεται με την καταλληλότητα των συστατικών του στοιχείων όταν αυτά εξετάζονται σε σχέση με την επιστημονική θεώρηση.

ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Σύμφωνα με τις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση, η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργητικά από το υποκείμενο που μαθαίνει (Widolo et al., 2002). Μια βασική θέση των εποικοδομητικών απόψεων υποστηρίζει ότι οι μαθητές

κατέχουν αντιλήψεις για θέματα των Φυσικών Επιστημών, οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους (Driver et al., 1985).

Η διανοητική εργασία που σχετίζεται με τη διδακτική επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο) (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Επιδίδεται οι μαθητές μέσω της εμπλοκής τους με επιστημονικές πρακτικές να οικοδομήσουν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών και να τις χρησιμοποιούν σε νέες καταστάσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία, οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα όταν προσπαθούν να προτείνουν επιχειρήματα. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές συνήθως διατυπώνουν ισχυρισμούς χωρίς να τους αιτιολογούν (Jiménez-Aleixandre et al., 2000). Συχνά μάλιστα χρησιμοποιούν ακατάλληλα (Lehrer & Schauble, 2010; McNeill & Krajcik, 2007; Songer & Gotwals, 2012) ή ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία για να τεκμηριώσουν τους ισχυρισμούς τους (Sandoval & Millwood, 2005). Ακόμη, οι μαθητές έχουν την τάση να μην χρησιμοποιούν συλλογισμούς που συνδέσουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς και αντικρούσεις (Bell & Linn, 2000; Jiménez-Aleixandre et al., 2000; McNeill & Krajcik, 2006; Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2013; Songer et al., 2009). Μάλιστα, τα συστατικά στοιχεία όπου οι μαθητές αντιμετωπίζουν τη μεγαλύτερη δυσκολία είναι αυτά του συλλογισμού και της αντίκρουσης (Jiménez-Aleixandre et al., 2000; McNeill & Krajcik, 2006, 2012).

Αν και έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης της ικανότητας τεκμηρίωσης ενός ισχυρισμού από τους μαθητές, οι εκπαιδευτικοί συχνά δεν υποστηρίζουν τους μαθητές στη συγκρότηση επιχειρημάτων στο πλαίσιο της διδασκαλίας (Kuhn, 1993; Newton et al., 1999). Η έρευνα για την αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών εστιάζεται κυρίως σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένη με μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Lehrer & Schauble, 2010; McNeill, 2011; Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2013; Songer, & Gotwals, 2012). Επίσης, στις εργασίες που αφορούν στη μελέτη της επίδρασης διδακτικών παρεμβάσεων στα επιχειρήματα των μαθητών, έχουν χρησιμοποιηθεί ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Απουσιάζουν έρευνες στις οποίες η αξιολόγηση να γίνεται με ανάλυση των επιχειρημάτων των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Ως εκ τούτου, αναδύεται η αναγκαιότητα

πραγματοποίησης έρευνας που να μελετά την εξέλιξη της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαδικασίας.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στη μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τα ηλεκτρικά κυκλώματα (που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών), στην εξέλιξη της δομής των γραπτών επιχειρημάτων τριών μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Ειδικότερα, η εργασία επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- (α) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της επάρκειας των ισχυρισμών που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;
- (β) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της επάρκειας των αποδεικτικών στοιχείων που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;
- (γ) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της επάρκειας των συλλογισμών που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;
- (δ) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της επάρκειας των αντικρούσεων που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ερευνητική διαδικασία και δείγμα

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης και πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Στη δεύτερη φάση, το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε εφαρμόστηκε στους μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Στη τρίτη φάση, αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων (απαντήσεις στα φύλλα εργασίας), πραγματοποιήθηκε η ανάλυσή τους.

Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές οι οποίοι φοιτούσαν στην Ε΄ τάξη ενός δημόσιου δημοτικού σχολείου της Καλύμνου. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν τρεις μαθητές. Η ηλικία τους κατά το χρόνο διεξαγωγής της έρευνας ήταν 11 ετών. Οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Το εκπαιδευτικό υλικό

Το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών. Διαμορφώθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τις ακόλουθες τρεις ενότητες: (α) Ενότητα 1: «Πότε ανάβει το λαμπάκι», (β) Ενότητα 2: «Η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος» και (γ) Ενότητα 3: «Η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος». Το εκπαιδευτικό υλικό διαμορφώθηκε σύμφωνα με το μαθησιακό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006) που περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις: ενεργοποίηση, διερεύνηση, ερμηνεία, εφαρμογή και αξιολόγηση. Στη φάση της ενεργοποίησης, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν στις ερωτήσεις ενός προβλήματος και να αιτιολογήσουν την άποψή τους. Η συζήτηση που ακολούθησε

ανάμεσα στους μαθητές ανέδειξε τις διαφωνίες τους και το ερώτημα που προέκυψε για περαιτέρω μελέτη. Στη φάση της διερεύνησης, οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνα για να απαντήσουν στο ερευνητικό ερώτημα που έθεσαν. Στη φάση της ερμηνείας, σύγκριναν τις διαπιστώσεις τους με τις αρχικές τους προβλέψεις και συγκρότησαν εξηγήσεις. Στη φάση της εφαρμογής, οι μαθητές εφάρμοσαν τη νέα γνώση σε νέα προβλήματα. Στη φάση της αξιολόγησης, οι μαθητές σύγκριναν τις αρχικές τους αντιλήψεις με τις τρέχουσες απόψεις τους. Για την πραγματοποίηση των πειραματικών δραστηριοτήτων χρησιμοποιήθηκε μια αλληλεπιδραστική προσομοίωση του προγράμματος Physics Education Technology (PhET) (<http://phet.colorado.edu>) για τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Στο πρώτο μέρος της Ενότητας 1, στους μαθητές παρουσιάστηκαν και εξηγήθηκαν τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος. Για τα προβλήματα των δραστηριοτήτων που ακολούθησαν στο δεύτερο μέρος της Ενότητας 1, ζητήθηκε από τους μαθητές η παραγωγή επιχειρημάτων που να περιλαμβάνουν ισχυρισμούς, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμούς και αντικρούσεις. Μετά τη συγκρότηση ενός επιχειρήματος ζητήθηκε από τους μαθητές να το αξιολογήσουν με τη βοήθεια φύλλων αυτο-αξιολόγησης και να παράγουν στη συνέχεια μια βελτιωμένη εκδοχή του.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν οι γραπτές απαντήσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών. Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε η απάντηση που συνέταξε κάθε μαθητής σε κάθε ερώτηση. Συνολικά διαμορφώθηκαν 90 μονάδες ανάλυσης.

Το πλαίσιο αξιολόγησης της δομής των επιχειρημάτων που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία αυτή ήταν αυτό που πρότειναν οι Σκουμιός και Χατζηνικήτα (2014). Εστιάζει στην αξιολόγηση της δομής ενός επιχειρήματος και εξετάζει την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων του ανεξάρτητα από το εννοιολογικό τους περιεχόμενο (βλ. Πίνακα 1).

Ακολούθως, παρατίθεται ένα παράδειγμα ενός επιχειρήματος μιας μαθήτριας, καθώς και η διαδικασία ανάλυσής του.

«Πιστεύω ότι η σωστή σύνδεση είναι Β. Γιατί ο ένας πόλος της μπαταρίας συνδέεται με τον ένα πόλο της λάμπας και ο δεύτερος πόλος της μπαταρίας με τον δεύτερο πόλο της λάμπας. Η σωστή σύνδεση είναι η Β, γιατί ο ένας πόλος της μπαταρίας συνδέεται με τον ένα πόλο της λάμπας και ο δεύτερος πόλος της μπαταρίας με τον δεύτερο πόλο της λάμπας. Το κύκλωμα πρέπει να είναι κλειστό για να ανάψει το λαμπάκι. Η λανθασμένη σύνδεση είναι η Α. Η λανθασμένη σύνδεση είναι η Α, γιατί δεν συνδέεται σωστά επειδή οι δύο πόλοι συνδέονται με τον ένα πόλο από τις λάμπες. Το κύκλωμα στη σύνδεση Α είναι ανοιχτό άρα δεν θα ανάψουν τα λαμπάκια».

Το επιχειρήμα αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό (Πιστεύω ότι η σωστή σύνδεση είναι Β) ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), αποδεικτικά στοιχεία (Γιατί ο ένας πόλος της μπαταρίας συνδέεται με τον ένα πόλο της λάμπας και ο άλλος πόλος της μπαταρίας με τον άλλο πόλο της λάμπας.) που κρίνονται ανεπαρκή (επίπεδο 1) και συλλογισμό (Η σωστή σύνδεση είναι η Β, γιατί ο ένας πόλος της μπαταρίας συνδέεται με τον ένα πόλο της λάμπας

και ο δεύτερος πόλος της μπαταρίας με τον δεύτερο πόλο της λάμπας Το κύκλωμα πρέπει να είναι κλειστό για να ανάψει το λαμπάκι) ο οποίος κρίνεται ανεπαρκής (επίπεδο 1). Επίσης, περιλαμβάνει αντίκρουση (Η λανθασμένη σύνδεση είναι η Α. Η λανθασμένη σύνδεση είναι η Β, γιατί δεν συνδέεται σωστά επειδή οι δύο πόλοι συνδέονται με τον ένα πόλο από τις λάμπες. Το κύκλωμα στη σύνδεση Α είναι ανοιχτό άρα δεν θα ανάψουν τα λαμπάκια) που κρίνεται ανεπαρκής (επίπεδο 1).

Πίνακας 1: Η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων για την αξιολόγηση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	ΕΠΙΠΕΔΟ 0	ΕΠΙΠΕΔΟ 1	ΕΠΙΠΕΔΟ 2
Ισχυρισμός	Δεν προτείνει ισχυρισμό	Προτείνει ένα μη επαρκή ισχυρισμό	Προτείνει έναν επαρκή ισχυρισμό
Αποδεικτικά στοιχεία	Δεν προτείνει αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει μη επαρκή αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει επαρκή αποδεικτικά στοιχεία
Συλλογισμός	Δεν προτείνει συλλογισμό	Προτείνει συλλογισμό που εμπλέκει μη επαρκείς αρχές ή συνδέει ανεπαρκώς τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό	Προτείνει συλλογισμό που εμπλέκει επαρκείς αρχές και συνδέει επαρκώς τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό
Αντίκρουση	Δεν προτείνει αντίκρουση	Προτείνει μια αντίκρουση με μη επαρκή αποδεικτικά στοιχεία και μη επαρκή συλλογισμό	Προτείνει μια αντίκρουση με επαρκή αποδεικτικά στοιχεία και επαρκή συλλογισμό

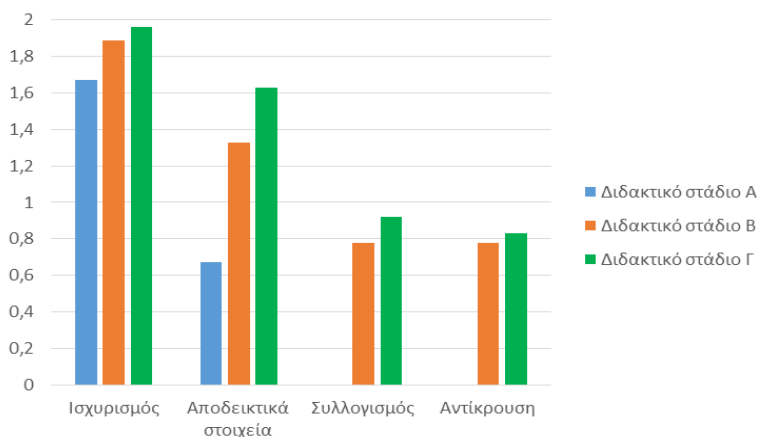
Προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές των επιπέδων των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών σε τρία στάδια της διδακτικής παρέμβασης: (α) στο πρώτο μέρος της ενότητας 1 όταν οι μαθητές δεν είχαν επεξεργαστεί τη δομή ενός επιχειρήματος (Διδακτικό στάδιο Α), (β) στο δεύτερο μέρος της ενότητας 1 (Διδακτικό στάδιο Β) και (γ) στις υπόλοιπες δύο ενότητες μαθημάτων (Διδακτικό στάδιο Γ). Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα επίπεδα των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών και στα τρία στάδια της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ανάλυσης της διακύμανσης με έναν παράγοντα (one way ANOVA). Η ερμηνεία των συσχετίσεων βασίστηκε στο κριτήριο Tukey HSD.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε να αποτυπωθούν οι μέσες τιμές των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στα τρία διδακτικά στάδια (βλ. Σχήμα 1). Προέκυψε ότι υπάρχει μια αύξηση στη μέση τιμή των επιπέδων και των τεσσάρων συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (ισχυρισμοί,

αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμοί και αντικρούσεις) ανάμεσα στο διδακτικό στάδιο Α και στα διδακτικά στάδια Β και Γ. Επισημαίνεται ότι τα επιχειρήματα των μαθητών στο διδακτικό στάδιο Α περιείχαν ισχυρισμούς και ορισμένα αποδεικτικά στοιχεία ενώ δεν περιλάμβαναν συλλογισμούς και αντικρούσεις.

Σχήμα 1: Οι μέσες τιμές των επιπέδων των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στα διδακτικά στάδια



Ειδικότερα, η ανάλυση διακύμανσης με έναν παράγοντα χρησιμοποιήθηκε για να ελεγχθεί η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των ισχυρισμών των μαθητών στα στάδια της διδακτικής παρέμβασης (Α, Β και Γ). Διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση [$F(2, 36)=2,32, p=0,1132$].

Ελέγχθηκε η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των αποδεικτικών στοιχείων των μαθητών στα τρία στάδια της διδακτικής παρέμβασης (Α, Β και Γ). Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση [$F(2, 36)= 8,99, p=0,0007$]. Οι post hoc αναλύσεις με τη χρήση του τεστ Tukey HSD έδειξαν ότι τα επίπεδα των αποδεικτικών στοιχείων των μαθητών στο στάδιο Α ($M=0,67, SD=0,52$) διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των αποδεικτικών στοιχείων τους στο στάδιο Β ($M=1,33, SD=0,50$) και στο στάδιο Γ ($M=1,62, SD=0,49$). Όμως, προέκυψε ότι τα επίπεδα των αποδεικτικών στοιχείων των μαθητών στο στάδιο Β δεν διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των αποδεικτικών στοιχείων τους στο στάδιο Γ.

Επίσης, εξετάστηκε η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των συλλογισμών των μαθητών στα τρία στάδια της διδακτικής παρέμβασης (Α, Β και Γ) και προέκυψε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση [$F(2, 36)= 6,39, p=0,0042$]. Οι post hoc αναλύσεις με τη χρήση του τεστ Tukey HSD έδειξαν ότι τα

επίπεδα των συλλογισμών των μαθητών στο στάδιο Α ($M=0,00$, $SD=0,00$) διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των συλλογισμών τους στο στάδιο Β ($M=0,78$, $SD=0,44$) και στο στάδιο Γ ($M=0,92$, $SD=0,65$). Όμως, προέκυψε ότι τα επίπεδα των συλλογισμών τους στο στάδιο Β δεν διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των συλλογισμών τους στο στάδιο Γ.

Τέλος, εξετάστηκε η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στα επίπεδα των αντικρούσεων των μαθητών στα τρία στάδια της διδακτικής παρέμβασης (Α, Β και Γ). Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση [$F(2, 36)=4,77$, $p=0,0145$]. Οι post hoc αναλύσεις με τη χρήση του τεστ Tukey HSD έδειξαν ότι τα επίπεδα των αντικρούσεων των μαθητών στο στάδιο Α ($M=0,00$, $SD=0,00$) διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των αντικρούσεων τους στο στάδιο Β ($M=0,78$, $SD=0,67$) όσο και στο στάδιο Γ ($M=0,83$, $SD=0,64$). Όμως, προέκυψε ότι τα επίπεδα των αντικρούσεων τους στο στάδιο Β δεν διαφοροποιούνται σημαντικά από τα επίπεδα των αντικρούσεων τους στο στάδιο Γ.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι μαθητές στα επιχειρήματα που παρήγαγαν πρότειναν επαρκείς ισχυρισμούς και στα τρία διδακτικά στάδια. Επίσης, προέκυψε ότι ενώ στο πρώτο διδακτικό στάδιο οι μαθητές πρότειναν ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμούς και αντικρούσεις στα επιχειρήματα που συγκρότησαν, στα δύο επόμενα διδακτικά στάδια η επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων, των συλλογισμών και των αντικρούσεων που περιλαμβάνονταν στα επιχειρήματα των μαθητών βελτιώθηκε σημαντικά. Συνεπώς, μέσω της διδακτικής παρέμβασης που εφαρμόστηκε, η βελτίωση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών αναδείχθηκε εφικτή.

Η βελτίωση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών που διαπιστώθηκε στην παρούσα έρευνα, μπορεί να αποδοθεί στις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε. Οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού έδιναν τη δυνατότητα στους μαθητές να γνωρίσουν τη δομή ενός επιχειρήματος, τους βοηθούσαν στη συγκρότηση επιχειρημάτων και τους υποστήριζαν στην αξιολόγηση των επιχειρημάτων τους. Έχει επισημανθεί ότι οι παραπάνω διαδικασίες συμβάλουν στην βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών (McNeill & Krajcik, 2012).

Η εργασία αυτή συνεισφέρει στην έρευνα για τη βελτίωση των επιχειρημάτων των μαθητών. Ωστόσο, ένας από τους κύριους περιορισμούς της έρευνας αποτελεί το δείγμα της. Ειδικότερα, ως περιορισμοί της έρευνας θα μπορούσαν να θεωρηθούν ο αριθμός των μαθητών, η ηλικιακή τους ομάδα, το κοινωνικοοικονομικό τους επίπεδο (χαμηλό έως μεσαίο) καθώς και η περιοχή του Δημοτικού Σχολείου (χωρίς της Καλύμνου). Ένας πρόσθετος περιορισμός της έρευνας αφορά στο ότι έγινε ανάλυση μόνο των γραπτών απαντήσεων των μαθητών και όχι του προφορικού τους λόγου.

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε στη μελέτη της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να διερευνηθεί και το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών και κατά συνέπεια η

συνολική ποιότητά τους. Επιπλέον, κρίνεται αναγκαίο να πραγματοποιηθεί έρευνα που να μελετά την ποιότητα των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών και να τη συγκρίνει με την ποιότητα των γραπτών τους επιχειρημάτων. Η έρευνα αυτή θα επιτρέψει να μελετηθεί αν η ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να παράγουν ποιοτικά γραπτά επιχειρήματα προηγείται ή έπεται της ανάπτυξης της ικανότητας των μαθητών να παράγουν ποιοτικά προφορικά επιχειρήματα, ζήτημα για το οποίο δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B. & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84, 757–792.
- Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). Designing Instructional Materials to Support Students' in Writing Scientific Explanations: Using Evidence and Reasoning across the Middle School Years. *Paper Presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Hyatt Regency Orange County, Garden Grove, CA.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77, 319–338.
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2010). What kind of explanation is a model? In M. K. Stein & L. Kucan (Eds.), *Instructional explanations in the disciplines* (pp. 9–22.) New York, NY: Springer.
- McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation and evidence and abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. Lovett, & P. Shah (Eds.), *Thinking with data* (pp. 233-265). New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J. & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- National Research Council (NRC) (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553–576.
- OECD, (2009). *PISA 2009 Assessment Framework: Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Paris: OECD Publishing.
- Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2013). Η ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών του δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Θ. Πιερράτος, Σ. Αρτέμη, Χ. Πολάτογλου, & Π. Κουμαράς (επιμ.), *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου: «Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;»* (σελ. 323-330). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). Argument-Driven Inquiry: A way to promote learning during laboratory activities. *The Science Teacher*, 76(7), 42-47.
- Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23, 23–55.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345–372.
- Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141-165.
- Songer, N. B., Kelcey, B. & Gotwals, A. W. (2009). When and how does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 610–631.
- Widolo, A., Duit, R. & Muller, C. (2002). Constructivist views of teaching and learning in practice: teachers' views and classroom behavior. *Paper presented at the Annual meeting of the national Association for Research in Science Teaching*, New Orleans.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35–62.

Λέξεις-κλειδιά σε ερευνητικές εργασίες για τη Διδασκαλία ενοτήτων των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες. Αξιοποίηση στη σχολική τάξη

Γιώργος Καλιαμπός ¹, Αلكηστis Βερέβη ²,
Αθανασία Παναγοπούλου ³, Παναγιώτης Φ. Παπαλεξόπουλος ⁴ &
Διονύσης Βαβουγιός ⁵

1: Υποψήφιος Διδάκτωρ ΠΤΕΑ-ΠΘ, georgekaliaspos@yahoo.gr,

2: Ερευνήτρια, Κέντρον Ερεύνης της Ελληνικής Κοινωνίας, Ακαδημία Αθηνών,
averevi@academyofathens.gr,

3: Εκπαιδευτικός Ειδικής Αγωγής, athpanagop@yahoo.gr,

4: Μεταδιδακτορικός ερευνητής ΠΤΕΑ-ΠΘ, papalex@uth.gr,

5: Καθηγητής ΠΤΕΑ-ΠΘ, dvavou@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πρόσβαση σε έγκυρη επιστημονική γνώση αποτελεί βασική ανάγκη για τους ερευνητές της ειδικής αγωγής αλλά και χρήσιμο εργαλείο για τους εκπαιδευτικούς της καθημερινής διδακτικής πράξης. Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάστηκε και οργανώθηκε βιβλιογραφική βάση δεδομένων στο ΠΤΕΑ του ΠΘ, που αναφέρεται σε θέματα Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών για μαθητές με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η διαδικασία συλλογής και κωδικοποίησης των εργασιών όπως και τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με τον προσδιορισμό λέξεων-κλειδιών στις εργασίες που αναφέρονται σε πειραματικές ερευνητικές προσεγγίσεις. Παρουσιάζεται επίσης η διαδικασία ανάλυσης των εργασιών αναφορικά με τους σκοπούς που έθεσαν οι ερευνητές, τις ενότητες των Φυσικών Επιστημών που χρησιμοποιήσαν κατά τις πειραματικές διαδικασίες καθώς επίσης και τις δραστηριότητες που ζήτησαν από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν. Οι λέξεις-κλειδιά που προέκυψαν θεωρούμε ότι μπορούν να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς της πράξης κατά την αναζήτηση χρήσιμης και έγκυρης επιστημονικής γνώσης για τις ανάγκες της εργασίας τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μαθησιακές Δυσκολίες, Διδασκαλία, Φυσικές Επιστήμες, Πειραματικές Έρευνες.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενεργός συμμετοχή των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες (ΜΔ) στα μαθήματα των ΦΕ συναρτάται μεταξύ άλλων με τη γνώση και την κατανόηση του φυσικού κόσμου, και αποτυπώνεται στις βελτιωμένες σχολικές επιδόσεις τους (Scruggs, Mastropieri & Okolo, 2008). Τα τελευταία χρόνια στα θέματα που ενδιαφέρουν τους ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) προστέθηκαν τα σχετικά με το σχεδιασμό και την υλοποίηση αποτελεσματικών διδακτικών παρεμβάσεων ώστε οι μαθητές με ΜΔ να αντιμετωπίζουν με επιτυχία τις δυσκολίες που συναντούν κατά την διδασκαλία των ενοτήτων των ΦΕ στην σχολική τάξη (Vaughn & Linan-Thompson, 2003). Στο πλαίσιο αυτών των ενδιαφερόντων σχεδιάστηκαν διδακτικές παρεμβάσεις οι οποίες κάλυψαν κατά τους ερευνητές τις ανάγκες των μαθητών με και χωρίς ΜΔ στο πλαίσιο της γενικής τάξης (Cawley et al., 2002).

Σύμφωνα με την ανασκόπηση των Brigham, Scruggs & Mastropieri (2011) τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή συγκεκριμένων διδακτικών πρακτικών, όπως η διαφοροποιημένη διδασκαλία, η βιωματική μάθηση κ.ά., ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Ερευνητές διαπίστωσαν όμως ότι οι ιδιαίτερα αποτελεσματικές αυτές πρακτικές δεν υιοθετήθηκαν από την πλειοψηφία των εκπαιδευτικών και έτσι δεν πέρασαν στην καθημερινή διδασκαλία όπως θα αναμενόταν με τους λόγους για τους οποίους αυτό συνέβη να ποικίλουν (Cook et al., 2004, Carnine, 1997). Οι εκπαιδευτικοί συνηθίζουν να χρησιμοποιούν πρακτικές οι οποίες βασίζονται κατά κύριο λόγο στην εμπειρία τους, είναι αναποτελεσματικές χωρίς να αποδίδουν τα αναμενόμενα οδηγώντας τον μαθητή με ΜΔ να βιώσει την αποτυχία.

Από τα όσα προηγουμένως αναφέρθηκαν επιτακτική είναι η ανάγκη να γεφυρωθεί το κενό μεταξύ της επιστημονικής θεωρίας και της εκπαιδευτικής πράξης και πρακτικής. Για να καταστεί αυτό δυνατό απαιτείται μεταξύ άλλων οι εκπαιδευτικοί να έχουν πρόσβαση στα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις ερευνητικές προσπάθειες που αφορούν την συγκεκριμένη γνωστική περιοχή και να μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ουσιαστικά στην καθημερινή τους εκπαιδευτική πράξη. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας πειραματικών ερευνητικών εργασιών οι οποίες αναφέρονται στην Διδασκαλία ενοτήτων των ΦΕ σε μαθητές με ΜΔ. Σκοπός της εργασίας ήταν να προκύψουν λέξεις-κλειδιά που να μπορούν να βοηθήσουν τον εκπαιδευτικό στην αποτελεσματική αναζήτηση και την αξιοποίηση των ερευνητικών ευρημάτων στη σχολική τάξη.

ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής (ΠΤΕΑ) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, βρίσκεται σε εξέλιξη διαδικασία δημιουργίας βάσης δεδομένων η οποία θα περιέχει ερευνητικές εργασίες της Ελληνικής και της διεθνούς βιβλιογραφίας οι οποίες αναφέρονται στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές και μαθήτριες με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Οι εργασίες που έχουν επιλεγεί να ενσωματωθούν στην βάση καλύπτουν τις τρεις τελευταίες δεκαετίες, αναφέρονται σε μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες, Νοητική Καθυστέρηση, Κώφωση, Τύφλωση και Αυτισμό, αφορούν

πειραματικές έρευνες και συγκεντρώθηκαν μετά από έρευνα στα ηλεκτρονικά περιοδικά του καταλόγου περιοδικών εκδόσεων της Βιβλιοθήκης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τη βιβλιογραφική βάση δεδομένων Education Resources Information Center (ERIC)

Κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των εργασιών α) καταγράφηκαν οι λέξεις-κλειδιά με τις οποίες οι εργασίες ήταν καταχωρημένες στη βάση δεδομένων του ERIC και β) καταγράφηκαν οι λέξεις-κλειδιά που είχαν προσδιορίσει οι συγγραφείς των εργασιών. Κατά τη σύγκριση των δυο κατηγοριών παρατηρήθηκε ότι οι εργασίες είχαν «προσδιορισθεί» με μεγάλο αριθμό λέξεων-κλειδιών όσον αφορά τη βάση δεδομένων του ERIC και σε ορισμένες περιπτώσεις διαπιστώθηκαν διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις λέξεις-κλειδιά που είχαν ορίσει οι συγγραφείς τους χωρίς να παραβλέψουμε ωστόσο ότι ο σκοπός και ο τρόπος καταγραφής των λέξεων-κλειδιών διαφέρει στις δύο περιπτώσεις. Στη συνέχεια, έγινε ανάλυση περιεχομένου των εργασιών με σκοπό να εντοπιστούν οι λέξεις-κλειδιά που ενδεχομένως θα χρησιμοποιούσε ο ενδιαφερόμενος εκπαιδευτικός στην προσπάθειά του να αποκτήσει πρόσβαση στις εργασίες που τον ενδιέφεραν κατά την καθημερινή διδακτική πράξη. Χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση περιεχομένου με την έννοια της τεχνικής για τη συναγωγή συμπερασμάτων με βάση τον συστηματικό και αντικειμενικό προσδιορισμό του νοήματος που εμπεριέχεται σε ένα κείμενο (Holsti, 1969). Ειδικότερα, τα στάδια που ακολουθήσαμε ήταν τα ακόλουθα: Αναλύθηκε το κείμενο των σκοπών των εργασιών, η διδακτική μεθοδολογία, οι τρόποι συλλογής δεδομένων, τα διδακτικά εργαλεία και το διδακτικό περιεχόμενο των ενοτήτων των ΦΕ που αναφέρονται στις εργασίες. Η ανάλυση των κειμένων έγινε με κωδικοποίηση ανοικτού τύπου για τη διαμόρφωση θεματικών κατηγοριών και υποκατηγοριών και με μονάδα καταγραφής το δημοσιευμένο άρθρο (Berelson, 1971). Σε κάθε άρθρο εντοπίζαμε τα θέματα της διδασκαλίας που ενδεχομένως απασχολούν τον εκπαιδευτικό στην καθημερινή πρακτική λαμβάνοντας υπόψη την σχολική εμπειρία αλλά και τα θέματα που περιλαμβάνονται σε βιβλία γενικής διδακτικής και της ΔΦΕ. Εξετάζαμε αν τα θέματα αυτά εμφανίζονται στα άρθρα που μελετήσαμε, τόσο στη γενική κατηγορία «μέθοδοι διδασκαλίας», όσο και στη συγκεκριμένη υποκατηγορία «παραδοσιακή διδασκαλία». Οι υπο-κατηγορίες που προέκυψαν δεν αποκλείονται αμοιβαία, με την έννοια ότι για ορισμένα στοιχεία διδασκαλίας οι ίδιοι οι ερευνητές χρησιμοποιούν εναλλακτική ορολογία (π.χ. κοινά στοιχεία διδακτικών προσεγγίσεων απαντώνται άλλοτε με τον όρο ανακαλυπτική μάθηση και άλλοτε με τον όρο διερευνητική διδασκαλία). Παράλληλα οι κατηγορίες δεν αποκλείονται αμοιβαία λόγω της φύσης των άρθρων: για παράδειγμα, σε ένα άρθρο ενδέχεται να συγκρίνεται η παραδοσιακή διδασκαλία με την ανακαλυπτική και επομένως να συνεμφανίζονται οι συγκεκριμένες ως λέξεις-κλειδιά στο ίδιο άρθρο. Άλλωστε σκοπός μας δεν ήταν ο έλεγχος της παρουσίας ή απουσίας ενός θέματος, αλλά η καταγραφή των θεμάτων με μορφή λέξεων-κλειδιών που πιθανώς θα αναζητούσε ο εκπαιδευτικός της πράξης. Υπό το πρίσμα αυτής της ανάλυσης περιεχομένου, που προσιδιάζει στη θεματική ανάλυση, καταγράψαμε ως λέξεις-κλειδιά τα θέματα που εκτιμούμε ότι συνεισφέρουν στην καθημερινή διδακτική πρακτική των ΦΕ για τους μαθητές με ΜΔ. Έτσι, προέκυψαν λέξεις-κλειδιά οι οποίες προστέθηκαν στις ήδη υπάρχουσες και καταγεγραμμένες. Η ανάλυση έγινε στο 34% των πειραματικών εργασιών

που εντοπίστηκαν στην διεθνή βιβλιογραφία και η επιλογή τους έγινε με τυχαίο τρόπο. (Οι πειραματικές αυτές εργασίες σημειώνονται με αστερίσκο (*) στη βιβλιογραφία).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από την ανάλυση των πειραματικών εργασιών που εξετάσαμε προέκυψαν, ενδεικτικά, οι παρακάτω γενικές και ειδικές κατηγορίες λέξεων-κλειδιών:

i. Μέθοδοι Διδασκαλίας

Ως προς τις μεθόδους διδασκαλίας του διδακτικού αντικειμένου, οι οποίες συναρτώνται με τις δεξιότητες (νοητικές/ συναισθηματικές/ ψυχοκινητικές κτλ.) που επιδιώκεται να αναπτυχθούν, οι μέθοδοι που απαντώνται στην αρθρογραφία και τις καταγράφουμε ως λέξεις-κλειδιά είναι: παραδοσιακή διδασκαλία, βιωματική διδασκαλία, αλληλοδιδασκαλία, δραματοποίηση, εποικοδομητισμός/ ανακαλυπτική μάθηση/ διερεύνηση. Είναι ευνόητο ότι μια μέθοδος διδασκαλίας, και επομένως η καταγραφή-χρήση της αντίστοιχης λέξης-κλειδιού, δεν αποκλείει την ταυτόχρονη καταγραφή-χρήση μιας άλλης μεθόδου. Για παράδειγμα η χρήση της διερευνητικής διδασκαλίας μπορεί να γίνεται ταυτόχρονα με τη βιωματική διδασκαλία ή να χρησιμοποιείται άλλοτε ο εποικοδομητισμός και άλλοτε η βιωματική διδασκαλία στο πλαίσιο μιας διερευνητικής προσέγγισης του διδακτικού αντικειμένου.

ii. Δραστηριότητες

Σημαντικό τμήμα της εκάστοτε ερευνητικής διαδικασίας για τη μελέτη της Διδασκαλίας των ΦΕ σε μαθητές με ΜΔ αποτελούν οι δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχουν οι μαθητές. Οι δραστηριότητες διακρίνονται σε κατευθυνόμενες και μη κατευθυνόμενες, δραστηριότητες με ενεργητική συμμετοχή κ.ο.κ., και η μορφή τους συναρτάται με το είδος της διδασκαλίας που επιλέγεται κάθε φορά (π.χ. δραστηριότητες με τη χρήση έντυπου υλικού, δομημένα πειράματα στο εργαστήριο, ελεύθερα πειράματα, κτλ.). Ο εντοπισμός των δραστηριοτήτων μάς οδήγησε στη σύνταξη των λέξεων-κλειδιών που καταγράφονται στον πίνακα 1.

iii. Εργαλεία

Με τις δραστηριότητες συνδέονται τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται και τα οποία καθορίζονται από το είδος διδασκαλίας που επιλέγεται κάθε φορά. Για παράδειγμα, εργαλεία που βασίζονται σε παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας περιλαμβάνουν έντυπη μορφή υλικά, π.χ. τη συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου ή το σχεδιασμό ενός διαγράμματος (textbook activities). Ανάλογα, όταν γίνεται χρήση βιωματικών μεθόδων διδασκαλίας αξιοποιείται μεγαλύτερη ποικιλία υλικών: στις πειραματικές δραστηριότητες είτε οι μαθητές καλούνται να εκτελέσουν δομημένα πειράματα στο σχολικό εργαστήριο (όπως η κατασκευή ηλεκτρικών κυκλωμάτων, η μελέτη βράχων και φυτικών σπόρων, κτλ.– laboratory activities) είτε πραγματοποιούν πιο ελεύθερα πειράματα (που αξιοποιούν την αυτενέργεια του μαθητή), όπως π.χ. η μελέτη ενός ελατηρίου (hands on activities).

iv. Περιεχόμενο διδασκαλίας

Επιπλέον, ως προς το περιεχόμενο της διδασκαλίας, δηλαδή τις ενότητες των ΦΕ που πραγματεύεται κάθε περιγραφόμενη πειραματική διδασκαλία, έχουμε καταγράψει κατηγορίες των επιστημών, όπως για παράδειγμα η επιστήμη της ζωής, η επιστήμη της τεχνολογίας κ.λπ. (βλ. πίνακα 1), ενώ έχει ενδιαφέρον και ο συνδυασμός αυτών των κατηγοριών-γνωστικών περιοχών. Η εκάστοτε κατηγορία που επιλέγεται για την ερευνητική διαδικασία καθορίζει ως ένα σημείο και τα φαινόμενα που οι συγγραφείς θα πραγματευτούν και θα ερευνήσουν για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικών με τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ορισμένα άρθρα που είχαν ως θέμα τη φυσική επιστήμη ασχολήθηκαν κυρίως με δύο ενότητες, αυτές του ηλεκτρομαγνητισμού και της φύσης του φωτός, ενώ όσον αφορά την επιστήμη της ζωής κάποια άλλα άρθρα αναφέρονται στο κυκλοφορικό σύστημα. αναφορές έγιναν τόσο στη μελέτη ζωντανών οργανισμών όσο και στη μελέτη συγκεκριμένων ζωτικών οργάνων του ανθρώπου όπως η καρδιά, οι μύες και τα κύτταρα.

Σημειώνουμε ότι ο πίνακας 1, με τις κατηγορίες και τις υπο-κατηγορίες των λέξεων-κλειδιών που προέκυψαν από την ανάλυση των συγκεκριμένων άρθρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως προς τις γενικές του κατηγορίες (π.χ. κατηγορίες επιστημών), είτε ως προς τις υπο-κατηγορίες του (π.χ. Φυσική Επιστήμη, Επιστήμη της ζωής, κ.τ.λ.). Έτσι, για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός που σχεδιάζει να διδάξει διερευνητικά και με κατευθυνόμενες δραστηριότητες τον ηλεκτρομαγνητισμό θα μπορεί να εισαγάγει αυτές τις λέξεις-κλειδιά και να βρει στη βάση μας τα άρθρα που παρουσιάζουν ανάλογες πειραματικές διδασκαλίες. Ή ο εκπαιδευτικός που θέλει να αξιολογήσει τους μαθητές του στην ενότητα «αναπνευστικό σύστημα» μπορεί να εισαγάγει τις λέξεις «αξιολόγηση» και «αναπνοή» ή «επιστήμη της ζωής» και να εντοπίσει σχετική αρθρογραφία ειδικά για τους μαθητές με ΜΔ

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η χρησιμότητα του προσδιορισμού των νέων λέξεων-κλειδιών, παραθέτουμε ενδεικτικά τα αποτελέσματα της επεξεργασίας του άρθρου των Mastropieri et al. (2009) στον πίνακα 2. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, αναφέρονται κυρίως στις ομάδες των μαθητών και ειδικότερα στα χαρακτηριστικά τους τόσο οι λέξεις-κλειδιά της βάσης ERIC όσο και των συγγραφέων. Επιπρόσθετα στη βάση ERIC υπάρχει ως λέξη-κλειδί η μέθοδος διδασκαλίας και το σχολικό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε (inclusive schools). Τα στοιχεία είναι χρήσιμα κυρίως για τους ερευνητές. Ωστόσο οι εκπαιδευτικοί της πράξης για να διευκολυνθούν, αναζητούν πρακτικά και χρήσιμα στοιχεία για τη σχολική καθημερινότητα. Κατόπιν της επεξεργασίας του άρθρου, προέκυψαν λέξεις-κλειδιά όπως είναι η κατηγορία των Φυσικών Επιστημών που πραγματεύτηκαν οι συγγραφείς, (Earth Science) και το φαινόμενο που διδάξαν (light). Αυτές οι λέξεις-κλειδιά σε συνδυασμό με τις λέξεις-κλειδιά της ERIC και των συγγραφέων θεωρούμε ότι θα συμβάλλουν αποτελεσματικά στην επιτυχή αναζήτηση που ενδεχομένως διεξάγουν οι εκπαιδευτικοί για την εύρεση αρθρογραφίας που θα τους βοηθήσει κατά την καθημερινή διδακτική πρακτική.

Πίνακας 1: Ενδεικτικός πίνακας λέξεων-κλειδιών

Δραστηριότητες	Πειραματικές / Ενεργητικές / Κατευθυνόμενες /Μη κατευθυνόμενες δραστηριότητες
Κατηγορίες Επιστημών	Φυσική Επιστήμη/ Επιστήμη της ζωής / Επιστήμη ως ερευνητική διαδικασία / Φύση της επιστήμης / Επιστήμη της γης / Επιστήμη της τεχνολογίας
Ενότητες Επιστημών	Ηλεκτρομαγνητισμός / Κυκλοφορικό σύστημα / Οπτική / Μηχανική
Έννοιες Φυσικού Περιβάλλοντος	Μύες / Καρδιά / Κύτταρα ./ Πνεύμονας / Άνωση / Ορμικά
Φαινόμενα Φυσικού Περιβάλλοντος	Φως / Πλεύση / Αναπνοή
Είδη πειραμάτων	Δομημένα / Ελεύθερα πειράματα

Πίνακας 2: Λέξεις-κλειδιά που αντιστοιχούν στη δημοσιευμένη ερευνητική εργασία των Mastropieri et al. (2009)

Λέξεις-κλειδιά ERIC	Λέξεις-κλειδιά συγγραφέων	Λέξεις-κλειδιά βάσης του ΠΤΕΑ*
Elementary School Students, Inclusive Schools, At Risk Students, Learning Disabilities, Grade 5, Elementary School Science, Science Instruction, Control Groups, Experimental Groups, Conventional Instruction, Individualized Instruction, Peer Teaching, Tutoring, Instructional Effectiveness	Science, classwide peer tutoring, inclusion, students at risk, students with learning disabilities	Earth Science, Physical Science, earth and space, light, sound, hands on activities, pretest, posttest, data sheet, students survey, teacher feedback, teacher survey, inquiry science instruction

*κατά την λειτουργία της βάσης δεδομένων δίνεται η δυνατότητα χρήσης κλειδιών και στην Ελληνική γλώσσα

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα αποτελέσματα της έρευνας μας, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα: η ανάλυση του γνωστικού περιεχομένου της διδασκαλίας σε συνδυασμό με την ανάλυση των σκοπών κάθε ερευνητικής εργασίας για τη Διδασκαλία ενοτήτων των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές με ΜΔ, όπως παρουσιάζεται στα άρθρα που μελετήσαμε, οδήγησε στον εντοπισμό λέξεων-κλειδιών για κάθε άρθρο. Συγκρίνοντας τις λέξεις-κλειδιά που προέκυψαν από την ανάλυσή μας με τις αντίστοιχες λέξεις-κλειδιά της βιβλιογραφικής βάσης δεδομένων του ERIC φάνηκε η διαφορετική προσέγγιση που έχει ακολουθηθεί

Η ανάλυση των εργασιών για τη βάση δεδομένων του ΠΤΕΑ έδειξε ότι μπορούν να προκύψουν λέξεις-κλειδιά οι οποίες να εντάσσονται είτε σε ευρείες θεματικές κατηγορίες (π.χ. φαινόμενα φυσικού περιβάλλοντος, κτλ.), είτε σε ειδικότερες (π.χ. αναπνοή, φως, κτλ.), και οι οποίες θεωρούμε ότι μπορούν να είναι χρήσιμες για τους εκπαιδευτικούς της καθημερινής πράξης. Η διαδικασία αναζήτησης και συμπλήρωσης των λέξεων-κλειδιών με νέες λέξεις οι οποίες θα προκύψουν από την ανάλυση των υπολοίπων δημοσιευμένων εργασιών που έχουν εντοπιστεί θεωρούμε ότι θα καταστήσει ευκολότερη την αναζήτηση και την αξιοποίηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας από τους εκπαιδευτικούς. Παράλληλα, η συζήτηση με την ερευνητική και εκπαιδευτική κοινότητα σχετικά με τον τρόπο επιλογής και το συνδυασμό των λέξεων-κλειδιών στη βάση ενδεχομένως να συμβάλει στον εμπλουτισμό του συγκεκριμένου εργαλείου καταγραφής καθιστώντας τη βάση πιο λειτουργική. Πρέπει βέβαια να σημειώσουμε ότι η αποτελεσματικότητα της προσέγγισης που περιγράφουμε όσον αφορά τον προσδιορισμό των λέξεων-κλειδιών θα φανεί κατά τη χρήση της βάσης δεδομένων του ΠΤΕΑ από τους εκπαιδευτικούς της πράξης για τις ανάγκες της καθημερινής τους δουλειάς στη σχολική τάξη

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aydeniz, M., Cihak, D. F., Graham S. C., & Retinger, L. (2012). Using inquiry-based instruction for teaching science to students with learning disabilities. *International Journal of Special Education*, 27(2), 189-206.
- Berelson, B., (1971). *Content analysis in communication research*. New York: Hafner publishing company.
- Bergerud, L., Lovitt, T. C., & Horton S. (1988). The effectiveness of Textbook Adaptions in Life Science for High School Students with Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 21(2), 70-76.
- Brigham, F., Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. (2011). Science Education and Students with Learning Disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 26 (4), 223-232.
- Carnine, D. (1997). Bridging the research to- practice gap. *Exceptional Children*, 63 (4), 513–521.
- Cawley, J., Hayden, S., Cade, E., & Baker - Kroczyński, S. (2002). Including Students With Disabilities Into the General Education Science Classroom. *Exceptional Children*, 68(4), 423-435.
- Cook, G.B., & Cook, L. (2004). Bringing Science into the Classroom by Basing Craft on Research. *Journal of Learning Disabilities*, 37(3), 240-247.
- Dalton, B., Morocco, C. C., Tivnan, T., & Mead, P. L. R. (1997). Supported Inquiry Science: teaching for Conceptual Change in Urban and Suburban Science Classrooms. *Journal of Learning Disabilities*, 30(6), 670-684.
- Gebbels, S., Evans S. M., & Murphy L. A. (2010). Making science special for pupils with learning difficulties. *British Journal of Special Education*, 37(3), 139-147.

- Guastello, E. F., Beasley, T. M., & Sinatra, R.C. (2000). Concept Mapping Effects on Science Content Comprehension of Low-Achieving Inner-City Seventh Graders. *Remedial and Special Education*, 21(6), 356-364.
- Holsti, O. (1969). *Content Analysis for the Social Sciences and Humanities*. Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co.
- Mastropieri, M.A., Scruggs, T.E., & Butcher, K. (1994). Text Versus Hands-on Science Curriculum. Implications for Students with Disabilities. *Remedial and Special Education March*, 15 (2), 72-85.
- Mastropieri, M.A., Scruggs, T.E., & Butcher, K. (1997). How effective is inquiry learning for students with mild disabilities? *Journal of Special Education*, 31(2), 199-211.
- Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., Matzicopoulos, P., Sturgeon, A., Goodwin, L., & SuHsiang, C. (1998). "A Place Where Living Things Affect and Depend on Each Other": Qualitative and Quantitative Outcomes Associated with Inclusive Science Teaching. *Science Education*, 82(2), 163-179.
- Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., & Magnusen, M. (1999). Activities – Oriented Science Instruction for Students with Disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 22(4), 240-249.
- Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., Boon, R., & Carter, B. (2001). Correlates of Inquiry Learning in Science, Constructing Concepts of Density and Buoyancy. *Remedial and Special Education*, 22(3), 130-137.
- Mastropieri, M.A., Scruggs, T.E., Norland J.J., Berkley S., McDuffie K., Tornquist E.H., & Connors, N. (2006). Differentiated Curriculum Enhancement in Inclusive Middle School Science: Effects on Classroom and High Stakes Tests. *The Journal of Special Education*, 40(3), 130-137.
- Palinscar, A. S., Magnusson, S. J., Collins, K. M., & Cutter, J. (2003). Making Science Accessible to all: Results of a design experiment in Inclusive Classrooms. *Learning Disability Quarterly*, 24(1), 15-32.
- Palinscar, A. S., Collins, K.M., Marano, N.L., & Magnusson, S. J. (2000). Investigating the Engagement and Learning of Students with Learning Disabilities in Guided Inquiry Science Teaching. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 31 (3), 240-251.
- Scruggs, E.T., Mastropieri, A. M., & Okolo, C.M. (2008). Science and Social Studies for Students With Disabilities. *Focus on Exceptional Children*, 41(2), 1-24.
- Scruggs, T. E., Mastropieri M. A., Bakken, J. P., & Brigham, F. J. (1993). Reading versus doing: the Relative effects of textbook-based and inquiry-oriented approaches to science learning in special education classrooms. *The Journal of Special Education*, 27(1), 1-15.
- Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A. (1994). The Construction of Scientific Knowledge by Students with Mild Disabilities. *The Journal of Special Education*, 28(3), 307-321.

- Simpkins, M. P., Mastropieri, M. A., & Scruggs, T. E. (2009). Differentiated Curriculum Enhancements in Inclusive Fifth-Grade Science Classes. *Remedial and Special Education, 30*(5), 300-308.
- Vannest, K. J., Parker R., & Dyer, N. (2011). Progress Monitoring in grade 5 Science for Low Achievers. *The Journal of Special Education, 44*(4), 221-233.
- Vaughn, S., & Linan-Thompson, S. (2003). What Is Special About Special Education for Students with Learning Disabilities? *The Journal of Special Education, 37*(3), 140-147.

Κριτική Παιδαγωγική και Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικών Επιστημών

Κωνσταντίνος Π. Μπούσιος

Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ 70, kostasbousios@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Κριτική Παιδαγωγική, αν και λόγω πληθώρας ερμηνειών και θέσεων αδυνατεί να ορισθεί με ένα συγκεκριμένο και ακριβή τρόπο, αποτελεί ένα ευρύτερο κοινωνικό κίνημα, που αποβλέπει στη δημιουργία ενός ρεύματος παιδαγωγικών ιδεών που αποσκοπούν στην ενδυνάμωση των ανίσχυρων και στην ανατροπή των υπάρχουσών κοινωνικών ανισοτήτων και αδικιών. Οι παιδαγωγικές πρακτικές της αποβλέπουν σε ευρύτερες κοινωνικές αλλαγές με βάση τις αρχές της φυλετικής, εθνοτικής και οικονομικής δικαιοσύνης. Κύριοι εκπρόσωποι της είναι οι: Paulo Freire, Michael Apple, Peter McLaren και ο Henry Giroux. Οι κριτικοί παιδαγωγοί θεωρούν ότι το «επίσημο» και το «κρυφό» Αναλυτικό Πρόγραμμα διακρίνουν και μεροληπτούν υπέρ συγκεκριμένων γνώσεων και κοινωνικών ομάδων. Τα ισχύοντα Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικών Επιστημών για την Υποχρεωτική Εκπαίδευση στη χώρα μας υιοθετούν διακηρυκτικά τουλάχιστον ένα μέρος των ιδεών της Κριτικής Παιδαγωγικής. Το ζήτημα είναι αν αυτό υλοποιείται με ουσιαστικά θετικά αποτελέσματα στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών της χώρας μας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Κριτική Παιδαγωγική, Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικών Επιστημών, σχολική πρακτική

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε τρεις ενότητες. Στην πρώτη ενότητα προσπαθούμε να ορίσουμε το τι είναι κριτική παιδαγωγική, ποιες είναι οι βασικές της επιρροές, σε τι αποσκοπεί και να αποδώσουμε τις θέσεις των κυριότερων εκπροσώπων της. Στην δεύτερη ενότητα διερευνούμε τους τρόπους διασύνδεσης της κριτικής παιδαγωγικής με τα αναλυτικά προγράμματα Φυσικών Επιστημών. Στην τρίτη ενότητα, αφού μελετήσαμε το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών και το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες, εξετάσαμε, αν εμπεριέχονται σε αυτά θέσεις της Κριτικής Παιδαγωγικής και κατά πόσο αυτές εφαρμόζονται στην πράξη.

ΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ

Βασικές θεωρητικές επιρροές

Η έννοια Κριτική Παιδαγωγική τις τελευταίες δεκαετίες αποτελεί ένα από τα βασικότερα αντικείμενα μελέτης σε παγκόσμιο επίπεδο και έχει προκαλέσει ένα μεγάλο αριθμό συζητήσεων για τα αδιέξοδα αλλά και τις δυνατότητές της ως ρεύμα (Γρόλλιος, 2011, σ.26). Οι κριτικοί θεωρητικοί χρησιμοποιούν διάφορες θεωρίες και επιστήμες, για να διαμορφώσουν ένα πλαίσιο κατανόησης και εμπειρικής θέασης των κοινωνικών και οικονομικών δομών, σε συνάρτηση με τις σχέσεις μεταξύ των ατόμων και των ομάδων, καθώς επίσης και των πολιτισμικών εξελίξεων (Πέτρου, 2013, σ. 186-188).

Η Κριτική Παιδαγωγική εμφανίζεται στις αρχές της δεκαετίας του 1970 στις Η.Π.Α και γνωρίζει μεγαλύτερη ανάπτυξη στα μέσα της επόμενης δεκαετίας. Όπως έχει επισημανθεί, ουσιαστικά αποτελεί ένα εξαιρετικά πολύπλοκο εγχείρημα σύνθεσης παραδόσεων, μετασχηματισμού θεωριών, πολιτικών συμπερασμάτων και εκπαιδευτικών πολιτικών που αντιτίθενται, στον ένα ή στον άλλο βαθμό, στις κυρίαρχες σύγχρονες κοινωνικές και εκπαιδευτικές (νεοφιλελεύθερες και νεοσυντηρητικές) πολιτικές, σε «ριζοσπαστική» παιδαγωγική πράξη (Γρόλλιος & Κάσκαρης, 1997, σ. 108-109).

Ωστόσο η έννοια της κριτικής παιδαγωγικής δεν μπορεί να αποδοθεί με ένα συγκεκριμένο και ακριβή τρόπο, ακριβώς εξαιτίας της συνθετότητας και πολυπλοκότητας της. Στην πράξη η κριτική παιδαγωγική έχει τόσες εκφάνσεις όσοι είναι κι οι υποστηρικτές της, γεγονός που δυσχεραίνει τη διατύπωση ενός ενιαίου, συνεκτικού ορισμού της έννοιας (McLaren, 1989, p.166.)

Την πρώτη χρήση του όρου Κριτική Παιδαγωγική συναντούμε στο βιβλίο του Henry Giroux (1983) “Theory and Resistance in Education”. Κατά τη διάρκεια των δεκαετιών 1980 και 1990 το έργο του Henry Giroux μαζί με εκείνο των Paulo Freire, Stanley Aronowitz, Michael Apple, Maxine Greene, Peter McLaren, Bell Hooks, Donald Macedo, Michelle Fine και Jean Anyon, ήταν αναμφισβήτητα μια από τις πιο κεντρικές και δυναμικές κινήσεις για την ανανέωση των συζητήσεων σχετικά με τη δημοκρατική εκπαίδευση στην Αμερική. Ωστόσο, ο Giroux είναι ο πρώτος που ισχυρίστηκε με σθένος ότι η κριτική παιδαγωγική αναδύθηκε από τη μακρά ιστορική κληρονομιά της ριζοσπαστικής κοινωνικής σκέψης και τα προοδευτικά εκπαιδευτικά κινήματα που φιλοδοξούσαν να συνδέσουν την πρακτική της εκπαίδευσης με τις δημοκρατικές αρχές της κοινωνίας και προς όφελος των καταπιεσμένων κοινοτήτων (Darder, Baltonado & Torres, 2003, p. 2-3).

Βασικές επιρροές στη διαμόρφωση της κριτικής παιδαγωγικής άσκησαν παιδαγωγοί και ακτιβιστές του 20ου αιώνα. Οι ιδέες του Αμερικάνου φιλόσοφου John Dewey είχαν συγκεκριμένη επιρροή στους προοδευτικούς παιδαγωγούς που προσπαθούσαν να προάγουν τις δημοκρατικές αρχές στην εκπαίδευση. Σύμφωνα με τον McLaren (1989), το έργο του Dewey βασίζεται στην προσπάθειά του να συνδέσει την έννοια της ατομικής και κοινωνικής (συλλογικής) νοημοσύνης με την δημοκρατία και την ελευθερία. Κάνοντάς το αυτό πρόβαλε μια «γλώσσα δυνατότητας» -μια φιλοσοφική κατασκευή η οποία έπαιξε σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη της κριτικής παιδαγωγικής (Darder, Baltonado & Torres, 2003, p. 3.).

Ο McLaren (2007) συνδέει την Κριτική Παιδαγωγική με την Σχολή Φρανκφούρτης αναγνωρίζοντας, ταυτόχρονα, ότι υπάρχει μια ολόκληρη «κριτική» θεωρητική παράδοση, η οποία έχει δώσει θεωρητικά εργαλεία στην Κριτική Παιδαγωγική.

Οι Γούναρης και Γρόλλιος (2010), αν και αναφέρονται στην άποψη του McLaren και στην σύνδεση της Κριτικής Παιδαγωγικής με την παράδοση και τις τάσεις της Κριτικής Θεωρίας, παρακολουθούν όλη την βιβλιογραφία παραγωγής και εξέλιξης της Κριτικής Παιδαγωγικής σε σχέση με το κοινωνικοπολιτικό πλαίσιο καταλήγοντας ότι η έναρξη της Κριτικής Παιδαγωγικής εντοπίζεται στο έργο του Freire και στην επεξεργασία της θεωρίας της αντίστασης από τον Giroux. Από εκεί και πέρα, αναπτύχθηκαν διάφορες τάσεις στο πλαίσιο της Κριτικής Παιδαγωγικής. Η τάση που συνδέεται με τον μαρξισμό εκπροσωπείται από το έργο των Paulo Freire, Henry Giroux, Stanley Aronowitz, Ramin Farahmandpur και Peter McLaren. Ορισμένοι από αυτούς τους θεωρητικούς έχουν αξιοποιήσει και πλευρές του «προοδευτικού», όπως τον αποκαλούν, μεταμοντερνισμού (McLaren & Farahmandpur, 2005) αλλά και όψεις των πολιτισμικών σπουδών.

Οι κεντρικές παραδοχές της κριτικής παιδαγωγικής μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω (Γρόλλιος & Κάσκαρης, 1997, σ. 109):

(α) Τα «νοήματα» δημιουργούν τις υπάρχουσες δομές αξιών, που τελικά ενσαρκώνονται σε κοινωνικές σχέσεις καταπίεσης, αλλοτρίωσης και υποταγής (η γνώση θεμελιώνεται σε γλωσσικές σχέσεις που είναι κοινωνικά και ιστορικά συγκροτημένες, και μ' αυτή την έννοια η κατηγορία της γλώσσας είναι καθοριστική στη μορφοποίηση της υποκειμενικότητας).

(β) Η σχέση έννοιας - αντικειμένου, σημαίνοντος και σημαιόμενου δεν είναι ποτέ σταθερή, ούτε υπερβατικά δεδομένη, αλλά διαμεσολαβούμενη από την καπιταλιστική παραγωγή, κατανάλωση και τις κοινωνικές σχέσεις.

(γ) Η καταπίεση έχει πολλά «πρόσωπα», προέρχεται από τις κοινωνικές διακρίσεις φύλου, φυλής και τάξης, αλλά η επικέντρωση σε μια από αυτές τις διακρίσεις σε βάρος των άλλων παρεμποδίζει την κατανόηση της αλληλοσυσχέτισής τους.

(δ) Το άτομο ταυτόχρονα δημιουργεί και δημιουργείται από το κοινωνικό σύμπαν του οποίου είναι μέρος και δίνεται έμφαση στην ανθρώπινη αξιοπρέπεια και ολοκλήρωση.

Η κριτική παιδαγωγική αποτελεί σε επίπεδο εκπαιδευτικής πράξης ένα project που προσκαλεί τους μαθητές, σπουδαστές και εκπαιδευτικούς να αναλύσουν τη σχέση ανάμεσα στις εκφραζόμενες εμπειρίες τους - τις παιδαγωγικές πρακτικές - τις γνώσεις που (ανα)παράγουν και στους γενικότερους κοινωνικούς - πολιτισμικούς - οικονομικούς διακατονισμούς. Η κριτική παιδαγωγική είναι συνυφασμένη με τη διερεύνηση της διαμόρφωσης των «υποκειμενικοτήτων» των εκπαιδευομένων στο πλαίσιο των αναπτυσσόμενων καπιταλιστικών κοινωνικών σχηματισμών, αποσκοπώντας να γενικεύσει μη ρατσιστικές, μη σεξιστικές, μη ξενοφοβικές παιδαγωγικές πρακτικές, που κατευθύνονται προς την αλλαγή της ευρύτερης κοινωνικής δομής, με βάση τις αρχές της φυλετικής, εθνοτικής και οικονομικής δικαιοσύνης (McLaren, 1999, σ. 320-321).

Κύριοι εκπρόσωποι

Paulo Freire

Ο βραζιλιάνος παιδαγωγός Paulo Freire άσκησε με το έργο του μεγάλη επίδραση στην ανάπτυξη της κριτικής παιδαγωγικής. Τα κείμενά του έχουν εμπνεύσει ένα μεγάλο αριθμό προοδευτικών και δημοκρατικών παιδαγωγών. Το βιβλίο του «Η Παιδαγωγική του Καταπιεζόμενου» και το πρόγραμμα γραμματισμού ενηλίκων που εφάρμοσε στη Βραζιλία τον αναδεικνύουν σε παγκόσμια φυσιογνωμία. Η παιδαγωγική του Freire δίνει έμφαση στην ενότητα μεταξύ της θεωρίας και της πρακτικής σε μια εκπαίδευση που προσανατολίζεται προς την απελευθέρωση του ατόμου σε μια δεδομένη κοινωνία (Freire, 1984, σ. 7-10).

Οι Giroux, McLaren, Shor, Torres και Macedo μελέτησαν και εμβάθυναν την απελευθερωτική παιδαγωγική του Freire καθώς και τη θεωρία του κριτικού γραμματισμού, με σκοπό να τις εφαρμόσουν σε σχολεία, εργασιακούς χώρους, σπίτια, πανεπιστήμια και σε κολλέγια της Βόρειας Αμερικής. Διερεύνησαν τις δυνατότητες και τις πρακτικές του έργου του και υποστήριξαν ότι με τις πρακτικές αυτές έχουμε ενεργούς ανθρώπους, που διαμορφώνουν τους οικονομικούς, κοινωνικούς και πολιτισμικούς σχηματισμούς τόσο για τους ίδιους όσο και για τους άλλους (Torres, 1994, σ. xii).

Υπάρχουν πολλά φιλοσοφικά ρεύματα που επηρέασαν τον Freire και διαμόρφωσαν τη φιλοσοφική βάση της «Αγωγής του καταπιεζόμενου». Τα ρεύματα αυτά είναι: η φαινομενολογία, ο υπαρξισμός, ο Χριστιανισμός, ο ανθρωπισμός, ο Μαρξισμός και ο Χεγκελιανισμός (Γρόλλιος, 2005, σ. 69, 70, 103).

Ο Freire αξιοποιώντας το πλαίσιο της κριτικής παιδαγωγικής θεωρίας, πιστεύει στην αναμόρφωση του σχολείου, με απώτερο στόχο την απελευθέρωση και την εξανθρώπιση των ανθρώπων. Θεωρεί πως μέσω της εκπαίδευσης ο άνθρωπος μπορεί να αποκτήσει κριτική συνειδητοποίηση, που θα τον οδηγήσει στην πράξη για την αναμόρφωση της κοινωνίας. Το παιδαγωγικό έργο του Freire επηρέασε τους Apple, McLaren, Giroux, κ.α. κριτικούς παιδαγωγούς (Γρόλλιος, 2005, σ. 30, 283).

Michael Apple

Ο Apple μελετώντας τους προβληματισμούς και τις θέσεις των Αμερικανών ρεβιοζιονιστών, της νέας κοινωνιολογίας, των μαρξιστών κοινωνιολόγων και φιλοσόφων, που έδωσαν μια νέα οπτική στην παιδαγωγική επιστήμη, διεύρυνε τις θέσεις της κριτικής παιδαγωγικής με τον προβληματισμό του για τον κοινωνικό ρόλο της εκπαίδευσης στις καπιταλιστικές κοινωνίες και την κατανόηση της σύγχρονης εκπαιδευτικής και κοινωνικής πραγματικότητας.

Στη δεκαετία του '80 ο Apple δίνει βαρύτητα στη θεωρία της αντίστασης και εξετάζει τη διπλή φύση της πολιτισμικής κυριαρχίας. Τα σχολεία ενισχύουν την οικονομική και πολιτισμική αναπαραγωγή των συνθηκών της κοινωνίας (Apple, 1993, σ. 41-43). Οι άτυπες και αντιφατικές διαδικασίες στο θεσμό του σχολείου, αν δεν αναγνωριστούν και δεν αντιμετωπιστούν ως παράγοντες δομικής κρίσης οδηγούν στην νομιμοποίηση της κυρίαρχης ιδεολογίας. Εμβαθύνοντας τον προβληματισμό του για τις

σχέσεις της εκπαίδευσης με έννοιες όπως κράτος, τάξη, πολιτισμός, ιδεολογία, ηγεμονικός, αναπαραγωγή, αντίσταση και γνώση, διαπιστώνει ότι ενώ υπάρχουν σημαντικοί δεσμοί μεταξύ της πολιτισμικής, της πολιτικής και της οικονομικής κυριαρχίας μιας κοινωνίας το εκπαιδευτικό σύστημα δεν μπορεί να θεωρηθεί ως καθρέπτης που αντανακλά παθητικά τα συμφέροντά της. Αντίθετα αναπτύσσονται αντιδράσεις και εντάσεις που οδηγούν στην επέκταση των δημοκρατικών διαδικασιών και αποτελούν πεδίο αντιπαράθεσης του κεφαλαίου και της καπιταλιστικής κοινωνίας (Apple, 1993, σ. 29, 245, 254).

Ο Apple, στη δεκαετία του 2000, πιστεύει και υποστηρίζει ότι η δημιουργία και η ανάπτυξη μιας δημοκρατικής και κριτικής εκπαίδευσης, είναι μια συλλογική προσπάθεια που μπορεί να εφαρμοστεί στην πράξη και όχι μια επινόηση των θεωρητικών της κριτικής παιδαγωγικής. Θεωρεί ότι οι περιοριστικές και υποκριτικές αντιλήψεις για τη δημοκρατία πρέπει να απορριφθούν και να αντικατασταθούν με την ηθική και πρακτική ορθότητα, καθώς και με κοινωνικές και οικονομικές ρυθμίσεις που θα βασίζονται στην αρχή της ισότητας (Apple, 2002, σ. 325-329).

Peter McLaren

Ο McLaren συνδέει την Κριτική Παιδαγωγική με την Σχολή της Φρανκφούρτης αναγνωρίζοντας, ταυτόχρονα, ότι υπάρχει μια ολόκληρη «κριτική» θεωρητική παράδοση, η οποία έχει δώσει θεωρητικά εργαλεία στην Κριτική Παιδαγωγική.

Ο Peter McLaren αμφισβήτησε και άσκησε κριτική στη σχέση της κριτικής παιδαγωγικής με τα αξιώματα του μεταμοντερνισμού (Γρόλλιος & Κάσκαρης, 1997, σ. 111-112). Επισημαίνουμε ότι η έννοια του «προοδευτικού» μεταμοντερνισμού - που διατυπώθηκε κυρίως από τον McLaren την δεκαετία του '90 συγκροτείται στη λογική ότι μια όψη του μεταμοντέρνου «επιτίθεται» και «αποδομεί» ηγεμονίες και κυριαρχίες, όπως την ηγεμονία της λευκής φυλής, την ομογενοποιητική και καθολικά ηγεμονική ευρωκεντρική σκέψη, την κυριαρχία των ανδρών, των κάθε φύσης κυρίαρχων εκδοχών του Δυτικού Λόγου που έχουν αξιοποιηθεί από την αστική ιδεολογία. Έτσι, από αυτή την άποψη ο μεταμοντερνισμός όχι μόνο δεν είναι ανταγωνιστικός σε σχέδια και απόπειρες κοινωνικής χειραφέτησης, αλλά μπορεί αν συνδυαστεί με την ταξική ανάλυση να εμπλουτίσει τη σύγχρονη μαρξιστική θεωρία και να συμβάλλει ακόμη περισσότερο, στο πλαίσιο της Κριτικής Παιδαγωγικής, στην κατανόηση του πως το κεφάλαιο και ο νόμος της αξίας διαμορφώνουν ταυτότητες, αντιλήψεις και πρακτικές στο χώρο του σχολείου. Αυτή η κατανόηση συνιστά προϋπόθεση για την κριτική συνειδητοποίηση και την εκπαιδευτική και κοινωνική αλλαγή (McLaren, 2000; McLaren & Farahmandpur, 2005).

Ο Peter McLaren (2000) χρησιμοποιεί τον όρο «επαναστατική κριτική παιδαγωγική», η οποία διατυπώνει θεμελιώδη ερωτήματα για την Παιδεία και την πολιτική, όπως τα ακόλουθα:

- Ποιος επωφελείται από το εκπαιδευτικό σύστημα στην παρούσα μορφή του;
- Ποιος επωφελείται από τους υπάρχοντες εκπαιδευτικούς μηχανισμούς;
- Ποιος υποφέρει;
- Ποιων τα συμφέροντα εξυπηρετούν οι υπάρχουσες παιδαγωγικές πρακτικές;

- Ποια είναι η σχέση μεταξύ των παιδαγωγικών πρακτικών και της εκπαίδευσης ως συστήματος κοινωνικής διαμεσολάβησης και της αναπαραγωγής του συστήματος της καθεστηκιάς τάξης (π.χ. του κεφαλαιοκρατικού);
- Γιατί τα οικονομικά δικαιώματα δεν εντάσσονται στις Ηνωμένες Πολιτείες στον ευρύτερο διάλογο γύρω από τα ανθρώπινα δικαιώματα;
- Πώς μπορεί η εκπαίδευση να παίζει έναν ρόλο (απαραίτητο αλλά όχι επαρκή) στην κοινωνική επανάσταση;

Henry Giroux

Ο Giroux θεωρείται ένας από τους δημιουργικότερους θεωρητικούς της εκπαίδευσης του 21^{ου} αιώνα. Αρχικά ο Giroux εξετάζει την εκπαίδευση κάτω από το πρίσμα της θεωρίας της Σχολής της Φρανκφούρτης. Στη συνέχεια υποστηρίζει την αναμόρφωση, την επεξεργασία και την κριτική των αντιλήψεων της, με βάση τις νέες ιστορικές συνθήκες υπό το πνεύμα της απελευθέρωσης και της χειραφέτησης που τις δημιούργησε (Giroux, 1997, σ. 46, 61-65).

Ο Giroux (1997) υποστηρίζει ότι η παιδαγωγική δεν καθορίζεται σαν κάτι που συμβαίνει στα σχολεία, αλλά ως κάτι κεντρικό σε οποιαδήποτε πολιτική πρακτική, η οποία ασχολείται με ερωτήματα όπως πώς τα άτομα μαθαίνουν, πώς η γνώση παράγεται και πώς δημιουργούνται οι θέσεις του υποκειμένου. Μέσα από την μελέτη διαφορετικών θεωρητικών θέσεων της παιδαγωγικής, τοποθετεί την κριτική παιδαγωγική σ' ένα πολιτικό πλαίσιο, δίνοντας έμφαση στην κοινωνιολογική και πολιτισμική διάσταση της εκπαίδευσης.

Ο Giroux απέβλεπε στην εμπέδωση μιας ριζοσπαστικής δημοκρατίας με κοινωνική δικαιοσύνη, ελευθερία και ισότιμες σχέσεις στον εκπαιδευτικό, οικονομικό, πολιτικό και πολιτισμικό τομέα. Υποστήριζε ότι οι χώροι δεν υπονομεύουν μόνο τη δυνατότητα μιας ριζοσπαστικής δημοκρατίας, αλλά στηρίζουν τον κυρίαρχο τρόπο της οικονομικής παραγωγής. Χρησιμοποιώντας τα επιστημονικά και τα διεπιστημονικά εργαλεία των κοινωνικών μελετών έκανε την παιδαγωγική θεωρία, δημοκρατική πράξη. Διερεύνησε τη σχέση παιδαγωγικής - πολιτικής και υποστήριξε ότι η σχέση αυτή είναι κεντρική σε οποιαδήποτε κοινωνική κίνηση που επιχειρεί να πραγματοποιήσει κοινωνικούς μετασχηματισμούς και απελευθερωτικούς αγώνες. Για τον Giroux, η κριτική παιδαγωγική πρέπει να πρεσβεύει ότι η εκπαίδευση παράγει όχι μόνο γνώση, αλλά και πολιτικά υποκείμενα και ότι το έθος είναι κεντρικό της σημείο. Για αυτό χρειάζεται να δημιουργήσει νέες μορφές γνώσης, να επανακτήσει μια αίσθηση εναλλακτικών προτάσεων και, τέλος, να αναπτύξει τη θεωρία των δασκάλων ως μεταμορφωτικών διανοούμενων που καταλαμβάνουν συγκεκριμένες κοινωνικές και πολιτικές θέσεις (Giroux, 1997, σ. 217-224).

ΚΡΙΤΙΚΗ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Η κριτική παιδαγωγική αναλύει τη σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ εξουσίας και της γνώσης. Στα πλαίσια αυτά θεωρείται ότι το κυρίαρχο αναλυτικό πρόγραμμα διαχωρίζει

τη γνώση από το ζήτημα της εξουσίας, τη μεταχειρίζεται τεχνικά και την αντιμετωπίζει μηχανιστικά, ως κάτι που πρέπει να κατακτηθεί (Γρόλλιος, 2005, σ. 137).

Ο Ben-Peretz (2009) υποστηρίζει ότι η γνώση αυτή αποτελεί μια ιδεολογική κατασκευή που διαπλέκεται με συγκεκριμένα συμφέροντα, είναι ιστορικά και κοινωνικά γειωμένη και ταξικά προσδιορισμένη. Οι κριτικοί παιδαγωγοί ισχυρίζονται πως η γνώση θα έπρεπε να μελετάται στο αν είναι καταπιεστική και εκμεταλλευτική και όχι στο αν είναι «αληθινή». Οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να εξετάζουν τη γνώση τόσο ως προς τον τρόπο που παραποιεί ή περιθωριοποιεί συγκεκριμένες οπτικές του κόσμου, όσο και ως προς την ουσιαστική κατανόηση του τρόπου δόμησης του κόσμου του μαθητή. Η σχολική γνώση θα έπρεπε να έχει χειραφετικό χαρακτήρα και όχι να διαφυλάσσει τις αξίες του ρεαλισμού της αγοράς. Θα έπρεπε να βοηθά στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για τον αυτοπροσδιορισμό του μαθητή στην ευρύτερη κοινωνία.

Οι Γκόντοβος Θ, Μαυρογιώργος, Γ. & Παπακωνσταντίνου, Π. (1984) θεωρούν ότι οι κριτικοί παιδαγωγοί δέχονται ότι το Αναλυτικό Πρόγραμμα αναπαριστά πολύ περισσότερα από ότι ένα πρόγραμμα σπουδών, ένα σχολικό εγχειρίδιο, ή ένα πρόγραμμα διδασκαλίας. Το Αναλυτικό Πρόγραμμα εν μέρει προετοιμάζει τους μαθητές για κυρίαρχες ή κυριαρχούμενες θέσεις στην υπάρχουσα κοινωνία. Μεροληπτεί υπέρ συγκεκριμένων μορφών γνώσης και πραγματοποιεί τα όνειρα, τις επιθυμίες και τις αξίες επιλεγμένων ομάδων μαθητών, συχνά κάνοντας διακρίσεις στη βάση της φυλής, της κοινωνικής τάξης και του φύλου.

Οι κριτικοί παιδαγωγοί δέχονται ότι οι μαθητές μορφοποιούνται τόσο μέσω των τυποποιημένων μαθησιακών καταστάσεων, όσο και μέσω άλλων διαδικασιών, όπως οι κανόνες διεύθυνσης, η οργάνωση της τάξης και γενικά όλες τις άτυπες συνειδητές ή όχι παιδαγωγικές διαδικασίες, που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς (Giroux, 1997, σ. 217-224).

Ο Apple (2002) αναφέρει ότι το κρυφό αναλυτικό πρόγραμμα δρα παράλληλα προς το σχολικό πρόγραμμα είναι ιδιαίτερο για κάθε σχολείο και τμήμα και περιλαμβάνει τους τρόπους διδασκαλίας, τα στυλ εκμάθησης που δίνεται έμφαση στην τάξη, τα μηνύματα που μεταβιβάζονται στους μαθητές από το περιβάλλον, τις δομές διακυβέρνησης, τις προσδοκίες του δασκάλου και τις διαδικασίες βαθμολόγησης.

Οι κριτικοί παιδαγωγοί θεωρούν το Αναλυτικό Πρόγραμμα ως μορφή πολιτισμικής πολιτικής (Πέτρου, 2013, σ. 179-184).

ΤΑ ΙΣΧΥΟΝΤΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η εκπαιδευτική πολιτική κάθε έθνους-κράτους αποτυπώνεται στα ισχύοντα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ) (Ben-Peretz, 2009). Με τα ισχύοντα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ) καθώς και με το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) για τις Φυσικές Επιστήμες το ελληνικό σχολείο φαίνεται να υιοθετεί ένα μεγάλο μέρος από τις θέσεις της προοδευτικής παιδαγωγικής. Γίνεται διακηρυκτικά τουλάχιστον λόγος για «ενιαίο σχολείο», σχολείο δηλαδή που

υποτίθεται ότι αίρει την ιεράρχηση ανάμεσα στη σκέψη και την πράξη, την ακαδημαϊκή και την πρακτική γνώση.

Επιπλέον, προτάσσεται η διερευνητική μάθηση και δεν υπάρχει σχολικό εγχειρίδιο που να μην περιέχει ομαδικές και βιωματικές δραστηριότητες. Η προτροπή των μαθητών να λάβουν μέρος σε συνθετικές εργασίες με διαθεματικό χαρακτήρα, όπου καλούνται να αναζητήσουν μόνοι τους το υλικό και την μέθοδο με την διακριτική συνδρομή των δασκάλων τους υποτίθεται ότι αξιοποιείται σε σχολικές δραστηριότητες, όπως η περιβαλλοντική εκπαίδευση και τα project στη δευτεροβάθμια ή η ευέλικτη ζώνη στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Σε ζητήματα πειθαρχίας και αξιολόγησης κανένας δεν μπορεί να υποστηρίξει σοβαρά ότι η κατάσταση έχει αλλάξει σημαντικά, υπάρχει όμως μια φιλολογία για δήθεν εσωτερικό έλεγχο, αυτοπειθαρχία, αυτοαξιολόγηση.

Μελετώντας τους γενικούς και ειδικούς στόχους που περιγράφονται στο Α.Π.Σ και Δ.Ε.Π.Π.Σ για τις Φυσικές Επιστήμες διαπιστώνουμε ότι χαρακτηρίζονται από έντονο ακαδημαϊσμό, μη ενιαία και σαφή δομή των στόχων και επιδίωξη μαξimalιστικών προθέσεων και χαμηλού επιπέδου γνωστικών στόχων, δηλαδή στόχων που σχετίζονται με το επίπεδο της απομνημόνευσης (ενώ απουσιάζουν στόχοι που συνδέονται με τα επίπεδα της ανάλυσης, σύνθεσης και αξιολόγησης).

Το ισχύον Α.Π. αντιφάσκει με τον εαυτό του. Ενώ διακηρύσσει ότι παρέχεται σε ενοποιημένη μορφή από το νηπιαγωγείο έως και την Γ΄ γυμνασίου, αυτό στην πράξη διαψεύδεται οικτρά. Οι φυσικές επιστήμες αρχίζουν ουσιαστικά από την Ε΄ τάξη του δημοτικού (αντί του νηπιαγωγείου) και θα περίμενε να συνεχίζεται ως την Γ΄ τάξη γυμνασίου σε ενοποιημένη μορφή. Αντί γι' αυτό υπάρχει ένα πρόγραμμα των τάξεων Ε΄ και ΣΤ΄ δημοτικού και ένα για το γυμνάσιο. Στο δε γυμνάσιο είναι απλά άθροισμα μαθημάτων φυσικής, χημείας, βιολογίας, γεωγραφίας, ανεξάρτητων μεταξύ τους με σαφή ακαδημαϊκό προσανατολισμό και περιεχόμενο δύσκολο.

Σε αυτά, προωθείται η «διαθεματικότητα» ωστόσο, στην πραγματικότητα, πρόκειται για «διεπιστημονικότητα», αφού με βάση το κάθε γνωστικό αντικείμενο καθορίζονται τα θέματα με τα οποία θα ασχοληθούν οι μαθητές.

Προδιαγράφονται έτσι εκ των προτέρων οι διασυνδέσεις μεταξύ τους, προκαθορίζονται τα μέσα και οι σχετικές δεξιότητες, ικανότητες, στάσεις που απαιτούνται από τους μαθητές για να αφομοιώσουν την ύλη. Η ανάπτυξη της όποιας κριτικής και δημιουργικής σκέψης στοχεύει μονόπλευρα στην μηχανιστική κατανόηση του κόσμου. Έτσι το σχολείο δεν καθίσταται, μαθητοκεντρικό, βιωματικό, δημιουργικό και δεν μετατρέπεται σε χώρο αυθεντικής μάθησης, χαράς και ζωής με τους δασκάλους και τους μαθητές πραγματικά συμμετόχους (Γρόλλιος, 2005, σ. 232).

Η διδακτική μεθοδολογία που προτείνεται για τα επιμέρους μαθήματα συνίσταται από μια σειρά μεθοδολογικών προτάσεων που είναι κοινή (μάθηση μέσω διερεύνησης και καθοδηγούμενης ανακάλυψης, συζήτηση - διάλογο με τους μαθητές, εργαστηριακές ασκήσεις, εποικοδομητισμός) και μια ποικιλία από άλλες προτάσεις οι οποίες δεν είναι εναρμονισμένες.

Για την αξιολόγηση της διδασκαλίας και γενικότερα του εκπαιδευτικού συστήματος τα νέα Α.Π. περιορίζονται μόνο στην αξιολόγηση του μαθητή για την οποία

υποστηρίζουν πως είναι μια απαραίτητη εκπαιδευτική διαδικασία. Στόχοι της είναι (Υ.Π.Ε.Π.Θ. & Π.Ι. 2003, 3733-3744): (α) διαπίστωση της επίτευξης των στόχων της μάθησης, (β) αποτύπωση της ατομικής και συλλογικής πορείας των μαθητών, (γ) εντοπισμός των μαθησιακών δυσκολιών, (δ) καλλιέργεια ερευνητικού πνεύματος και της ικανότητας για την επίλυση προβλημάτων, (ε) απόκτηση υπευθυνότητας, συλλογικής εργασίας και αυτοαξιολόγηση και (στ') ενίσχυση αυτοπεποίθησης, αυτοεκτίμησης. Απόκτηση μεταγνώστικων δεξιοτήτων.

Σε ποιο βαθμό όμως και με πόση αποτελεσματικότητα η τρέχουσα πρακτική της διδασκαλίας κάνει πράξη την ενεργό μάθηση, την διερευνητική μάθηση, τη συζήτηση με ομάδες, τον εποικοδομητισμό και όλα τα άλλα που προτείνονται από το Α.Π. και το Δ.Ε.Π.Π.Σ των φυσικών επιστημών. Μπορούν οι εκπαιδευτικοί να ξεπεράσουν το γεγονός, ότι είναι παιδιά ενός εκπαιδευτικού συστήματος στο οποίο για χρόνια κυριαρχεί η επίτευξη γνωστικών στόχων και η επιλεκτική λειτουργία των μαθητών τους, μέσω τυποποιημένων εξετάσεων και να δράσουν έτσι ώστε να αλλάξουν τα πιστεύω τους σχετικά με τη μάθηση και την διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Όμως τόσο διεθνώς, όσο και στη Χώρα μας καταγράφεται σημαντική ασυνέπεια μεταξύ του διακηρυκτικού και του εφαρμοσμένου λόγου. Υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι οι εκπαιδευτικοί δεν χρησιμοποιούν πρακτικές, όπως υποδεικνύεται στα Α.Π.Σ και στα Σχολικά Εγχειρίδια. Η εργαστηριακή εργασία δεν χρησιμοποιείται αποτελεσματικά από τους εκπαιδευτικούς, δηλαδή δεν επιτυγχάνει τους σκοπούς για τους οποίους έχει σχεδιαστεί (Kipnis & Hofstein, 2007).

Ο τρόπος που οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν την εργαστηριακή εργασία θα μπορούσε να επηρεάζεται από τις αντιλήψεις τους για αυτήν. Παρά το γεγονός ότι μερικές μελέτες (Kang & Wallace, 2004, Millar, 2004; Χαλκιά, 1999) αλλά και άλλες εμπειρικές έρευνες, που δημοσιεύονται σε συνέδρια και επιστημονικά περιοδικά, έχουν διερευνήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για τους στόχους και τη χρήση των εργαστηριακών εργασιών στο μάθημα των Φ.Ε και των πρακτικών αυτών, η φύση αυτής της αλληλεπίδρασης δεν έχει γίνει απόλυτα κατανοητή (Vhurumuku, 2009).

Έτσι, ο τρόπος με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί υλοποιούν τα Α.Π είναι καθοριστικός και το ερώτημα είναι αν οι ίδιοι κατανοούν το ρόλο τους ως «αναμορφωτή διανοούμενου» ή απλά υλοποιούν τα Α.Π μηχανικά και άκριτα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από την μελέτη μας αυτή, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η κριτική παιδαγωγική αποτελεί ένα κοινωνικό, ριζοσπαστικό και δημοκρατικό κίνημα, που στηρίζεται στη θεωρητική και πρακτική παρακαταθήκη εγχειρημάτων κοινωνικοπολιτικού και εκπαιδευτικού μετασχηματισμού.

Κρίνεται σημαντικό να διερευνηθεί αν οι όποιες θέσεις της κριτικής παιδαγωγικής, που φαίνονται να εμπεριέχονται στα νέα αναλυτικά προγράμματα της χώρας μας, υλοποιούνται αποτελεσματικά ή είναι ψευδεπίγραφες και αποτελούν απλά ρητορικές δεσμεύσεις.

Η οπτική της κριτικής παιδαγωγικής παραμένει και στις μέρες μας σημαντική και είναι αυτή που μπορεί να μετασχηματίσει τα σχολεία μας σε αυτά που πρέπει στο μέλλον να γίνουν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Apple, M. (1993). *Εκπαίδευση και εξουσία*, μτφρ. Φ. Κοκαβέσης. Θεσσαλονίκη: Παρατηρητής.
- Apple, M. (2002). *Εκσυγχρονισμός και Συντηρητισμός στην Εκπαίδευση*, μτφρ. Μ. Δεληγιάννη. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Ben-Peretz, M. (2009). *Policy-making in education: A holistic approach in response to global changes*. Lanham, Maryland: Rowman & Littlefield Education.
- Γκότοβος, Θ., Μαυρογιώργος, Γ., Παπακωνσταντίνου, Π. (1984). *Κριτική Παιδαγωγική και εκπαιδευτική πράξη*. Γιάννενα: Σύγχρονη Εκπαίδευση.
- Γούναρη, Π. & Γρόλλιος, Γ. (2010). *Κριτική Παιδαγωγική*, Αθήνα: Gutenberg.
- Γρόλλιος, Γ. & Κάσκαρης, Ι. (1997). *Εκπαιδευτική πολιτική, «μεταμοντέρνο» και «κριτική παιδαγωγική». Τα αδιέξοδα μιας σχέσης και τα «όπλα της κριτικής», Ουτοπία, 25, 110-118.*
- Γρόλλιος, Γ. (2005). *Ο Paulo Freire και το αναλυτικό πρόγραμμα*, Θεσσαλονίκη: Βάνιας.
- Γρόλλιος, Γ. (2011). *Προοδευτική Εκπαίδευση και αναλυτικό πρόγραμμα*, Θεσσαλονίκη: εκδ. Επίκεντρο.
- Darder, A., Baltodano, M. & Torres, D.R. (2003). *The Critical Pedagogy reader*, New York & London: RoutledgeFalmer.
- Freire, P., (1984). *The politics of Education, Culture, Power, and Liberation*. New York: Bergin & Longman.
- Φρέιρε, Π. (1997). *Η αγωγή του καταπιεζόμενου*, μτφρ. Κρητικός, Γ. Αθήνα: εκδ. Ράππας.
- Giroux, A. H (1997) *.Pedagogy and the Politics of Hope Theory, Culture and Schooling Westview Press.*
- Kang, N. and Wallace, C. (2005). Secondary Science teachers' Use of Laboratory Activities: Linking Epistemological Beliefs, Goals, and Practices. *Science Education*, 89 (1),140-165.
- Kipnis, M. and Hofstein, A. (2007). An Inquiry Laboratory as a Source for Development of Metacognitive Skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*. National Science Council, Taiwan.
- McLaren, P. (1989) *Life in schools: An introduction to critical Pedagogy in the Foundations of Education*. New York @ London: Longman
- McLaren, P. (1999). *Schooling as a Ritual Performance*. New York: Rowman & Littlefield Publishers.
- McLaren, P. (2000). *Che Guevara, Paulo Freire, and the Pedagogy of Revolution*, Boulder, C O: Rowman & Littlefield. «Ανασυγκροτώντας την Κριτική Παιδαγωγική. The Che Guevara, Paulo Freire και η πολιτική της ελπίδας, μτφρ Θεριανός, Κ. [available at www.paremvaseis.org]

- McLaren, P. (2007). *Life in Schools: An Introduction to Critical Pedagogy in the Foundations of Education*. Boston: Allyn and Bacon.
- McLaren, P. & Farahmandpur, R. (2005). *Teaching Against Global Capitalism and the New Imperialism*. New York: Rowman & Littlefield Publishers.
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. Paper presented to the committee: High School Science Laboratories: Role and Vision, National Academy of Sciences, Washington DC.
- Πέτρου, Α. (2004). «Τα εκπαιδευτικά συστήματα και ο τρόπος που θα γίνουν αυτό που δεν είναι σήμερα» στο *Εκπαιδευτικές καινοτομίες για το σχολείο του μέλλοντος*, Π. Αγγελίδης και Γ. Μαυροειδής, 2 τόμοι. Αθήνα :εκδ.Τυπωθήτω, τ. Α΄, σς. 145-167.
- Πέτρου, Α. (2013). *Κριτική Θεωρία και Κριτική Παιδαγωγική*. Στο Α. Πέτρου (Επιμ.) *Φιλοσοφικές Διαστάσεις στην Εκπαίδευση* (σσ. 171-194). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Λευκωσίας.
- Torres, C.A. (1994). *Paulo Freire as Secretary of Education in the Municipality of Sao Paulo*, *Comparative Education Review*, Vol 38, No 2.
- ΥΠ.Ε.Π.Θ. & Π.Ι. (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Σπουδών προγραμμάτων Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών*. Για την Υποχρεωτική Εκπαίδευση, τομ. Α΄(Φ.Ε.Κ. τεύχος Β΄ αρ. φύλλου 303/13-03-03) & Β΄ (Φ.Ε.Κ. τεύχος Β΄ αρ. 304/13-03-03). (Αθήνα, ΕΠΕΑΕΚ «Η Παιδεία στην Κορυφή»).
- Vhurumuku, E. (2009). *Scientific Epistemologies and Classroom Inquiry :To what extent do teachers put their beliefs into practice? Association of Science Teacher Education ASTE 2009 International Conference, University of Connecticut, Hartford, USA, January 8-10, 2009*.
- Χαλκιά, Κ. (1999). *Στάσεις των Ελλήνων εκπαιδευτικών της Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής*. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 106, 47-56.

Μελέτη της σχέσης ανάμεσα στο περιεχόμενο των ερωτήσεων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικής Β΄ τάξης Γυμνασίου και στις μαθησιακές δραστηριότητές τους

Λεμονιά Σαπουντζή¹ & Μιχαήλ Σκουμιός²

¹ Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, lemonia18@yahoo.gr,

² ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία εστιάζεται στη διερεύνηση της συσχέτισης ανάμεσα στο περιεχόμενο των ερωτήσεων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικής της Β΄ τάξης του Γυμνασίου και στις μαθησιακές δραστηριότητες που αυτές μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές. Αναλύθηκαν 317 ερωτήσεις από το σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής της Β΄ τάξης του Γυμνασίου. Οι ερωτήσεις, ως προς το περιεχόμενό τους, ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες («Βασική Φυσική», «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» και «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής»), ενώ ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές ταξινομήθηκαν σε οκτώ κατηγορίες («επιλογής», «απομνημόνευσης», «εφαρμογής», «συγκεκριμενοποίησης», «ανάλυσης», «δόμησης», «συσχέτισης» και «κριτικής επεξεργασίας»). Από την ανάλυση προέκυψε ότι στο σχολικό εγχειρίδιο κυριαρχούν ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Βασική Φυσική» και στις κατηγορίες «εφαρμογής» και «απομνημόνευσης». Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε ότι οι ερωτήσεις των κατηγοριών «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία», «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής» τείνουν να σχετίζονται με υψηλού επιπέδου μαθησιακές δραστηριότητες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *ανάλυση σχολικών εγχειριδίων, περιεχόμενο ερωτήσεων, μαθησιακές δραστηριότητες ερωτήσεων, μάθηση Φυσικών Επιστημών*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα σχολικά εγχειρίδια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Συνιστούν βασικό στοιχείο της παιδαγωγικής πρακτικής και χρησιμοποιούνται ευρύτατα τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές (Davis, 2006).

Βασικό συστατικό στοιχείο των σχολικών εγχειριδίων συνιστούν οι ερωτήσεις που περιλαμβάνονται σε αυτά. Οι ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων μπορούν να παρακινήσουν τους μαθητές να εστιάσουν στο περιεχόμενο που προσφέρουν τα εγχειρίδια

και μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη μαθησιακή διαδικασία (Kahveci, 2010; Overman et al., 2013). Υπάρχουν ερωτήσεις που δρουν ως προ-οργανωτές της διδασκαλίας και προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη διδασκαλία που θα ακολουθήσει ή διερευνούν τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών, άλλες ερωτήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επικεντρώσουν την προσοχή των μαθητών σε μια ιδέα ή για να βοηθήσουν τους μαθητές να συνδέσουν μια προηγούμενη με μια νέα γνώση, ενώ άλλες ερωτήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αξιολόγηση των μαθητών (Davila & Talanquer, 2010). Οι ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων επηρεάζουν τις διδακτικές πρακτικές που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί και καθορίζουν τι είναι σημαντικό να διδαχθεί στη σχολική τάξη (Vasconcelos et al., 2012). Συνεπώς, είναι αναγκαία η πραγματοποίηση έρευνας με σκοπό την ανάλυση των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων. Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο πεδίο των ερευνών που αναλύουν τις ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ανάμεσα στα κριτήρια που έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών συμπεριλαμβάνονται το περιεχόμενό τους (Roberts, 1995, 1988; Van Driel et al., 2007, 2005) και οι μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές (Vermunt & Verloop, 1999).

Το περιεχόμενο των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών μπορεί να εξυπηρετεί διάφορες επιδιώξεις αναφορικά με την εκπαίδευση των μαθητών. Ο Roberts (1988, 1995) χαρακτήρισε αυτές τις επιδιώξεις ως «εμφάσεις». Οι Van et al. (2007) καθόρισαν τρεις «εμφάσεις» σύμφωνα με τις οποίες μπορεί να ταξινομηθεί το περιεχόμενο των σχολικών εγχειριδίων Χημείας. Στην πρώτη («Βασική Χημεία») κυριαρχεί η άποψη ότι είναι αναγκαίο να διδαχθούν οι μαθητές τις έννοιες και τις αρχές της Χημείας γιατί θεωρείται ότι πάνω σε αυτές θα βασιστεί η κατανόηση του φυσικού κόσμου από τους μαθητές και γιατί αυτές θεωρούνται απαραίτητες για την μελλοντική εκπαίδευση των μαθητών. Στη δεύτερη («Χημεία, Τεχνολογία και Κοινωνία») επικρατεί η ιδέα ότι υπάρχει σαφής σχέση της τεχνολογίας και των κοινωνικών θεμάτων με τη Χημεία. Οι μαθητές οφείλουν να μάθουν να εξηγούν φαινόμενα και να λαμβάνουν αποφάσεις για κοινωνικά και τεχνολογικά θέματα που σχετίζονται με τη Χημεία. Η τρίτη («Ανάπτυξη Γνώσης Χημείας») σχετίζεται με την άποψη ότι οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν ότι η γνώση της Χημείας αναπτύχθηκε στο κοινωνικό και ιστορικό της περιβάλλον, έτσι ώστε να μάθουν να αντιμετωπίζουν τη Χημεία ως ένα πολιτιστικά καθορισμένο σύστημα γνώσεων που συνεχώς εξελίσσεται.

Εκτός από το περιεχόμενο των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων, σημαντικό στοιχείο αποτελούν και οι μαθησιακές (γνωστικές και μεταγνωστικές) δραστηριότητες που οι ερωτήσεις μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές. Οι γνωστικές δραστηριότητες είναι εκείνες οι δραστηριότητες σκέψης τις οποίες οι μαθητές χρησιμοποιούν για την επεξεργασία ενός θέματος και που οδηγούν άμεσα σε μαθησιακά αποτελέσματα που σχετίζονται με την αλλαγή της προ-υπάρχουσας γνώσης τους, ενώ οι μεταγνωστικές δραστηριότητες είναι εκείνες οι δραστηριότητες σκέψης τις οποίες οι

μαθητές χρησιμοποιούν για να λάβουν αποφάσεις αναφορικά με το περιεχόμενο που θα μάθουν, να ελέγξουν και να διαμορφώσουν την πορεία και τα αποτελέσματα της μάθησής τους (Vermunt & Verloop, 1999). Από τους Vermunt και Verloop (1999) έχουν προταθεί οκτώ κατηγορίες γνωστικών δραστηριοτήτων και τέσσερις κατηγορίες μεταγνωστικών δραστηριοτήτων (βλ. Ανάλυση δεδομένων).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Οι Shepardson και Pizzini (1991) και οι Pizzini, Shepardson και Abell (1992) ανέλυσαν τις ερωτήσεις σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών στις ΗΠΑ ως προς το γνωστικό τους επίπεδο, με βάση το πλαίσιο ανάλυσης του Costa (1985) που ταξινομεί τις ερωτήσεις σε τρεις κατηγορίες: «εισόδου», «επεξεργασίας» και «εξόδου». Οι ερωτήσεις «εισόδου» εστιάζουν στην απομνημόνευση πληροφοριών. Οι ερωτήσεις «επεξεργασίας» εστιάζουν στην επεξεργασία των πληροφοριών και στην κατανόηση των μεταξύ τους σχέσεων. Οι ερωτήσεις «εξόδου» ζητούν από τους μαθητές να εξάγουν συμπεράσματα και να κρίνουν απόψεις και θεωρίες. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών έδειξαν ότι στα εγχειρίδια κυριαρχούν οι ερωτήσεις «εισόδου». Ο Kahveci (2010), χρησιμοποιώντας το ίδιο πλαίσιο ανάλυσης ανέλυσε το επίπεδο των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Τουρκίας. Προέκυψε ότι στα σχολικά εγχειρίδια υπήρχαν κυρίως ερωτήσεις «εισόδου» και «επεξεργασίας». Οι Davila και Talanquer (2010) ανέλυσαν τις ερωτήσεις σχολικών εγχειριδίων Χημείας. Η ανάλυση έγινε σύμφωνα με βάση την ταξινόμηση των Bloom και Krathwohl (1956) και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειοψηφία των ερωτήσεων εντάσσονταν στις κατηγορίες της εφαρμογής και της ανάλυσης. Οι Nakiboglu και Yildirim (2010) διερεύνησαν τις ερωτήσεις σχολικών εγχειριδίων Χημείας που αναφέρονταν στους νόμους των αερίων. Διαπίστωσαν ότι οι περισσότερες ερωτήσεις των εγχειριδίων αυτών ανήκουν στην αλγοριθμική κατηγορία, που κυρίως απαιτεί τη χρήση τύπων και την πραγματοποίηση υπολογισμών. Οι Vasconcelos et al. (2012) ανέλυσαν τις ερωτήσεις εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών και διαπίστωσαν ότι ελάχιστες ήταν οι ερωτήσεις ανώτερου γνωστικού επιπέδου. Οι Overman et al. (2013) ανέλυσαν τις ερωτήσεις τεσσάρων σχολικών εγχειριδίων Χημείας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Ολλανδίας ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που αυτές μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές, με βάση το πλαίσιο των Vermunt και Verloop (1999) και ως προς το περιεχόμενό τους, με βάση το πλαίσιο των Van Driel, Bulte, και Verloop (2007). Διαπιστώθηκε ότι στα εγχειρίδια κυριαρχούν οι ερωτήσεις εφαρμογής και οι ερωτήσεις που ανήκουν στην κατηγορία «Βασική Χημεία». Ένας μικρός αριθμός ερωτήσεων σχετίζεται με ανώτερες γνωστικές ή μεταγνωστικές δραστηριότητες. Ωστόσο, προέκυψε ότι τα εγχειρίδια που γράφτηκαν με βάση σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα είχαν συγκριτικά μεγαλύτερο αριθμό ερωτήσεων που σχετίζονται με μεταγνωστικές δραστηριότητες και που ανήκουν στις κατηγορίες «Χημεία, Τεχνολογία και Κοινωνία» και «Ανάπτυξη Γνώσης Χημείας» από τα εγχειρίδια που είχαν γραφτεί με βάση παραδοσιακά αναλυτικά προγράμματα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι περιορισμένη η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί με αντικείμενο την ανάλυση των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων

Φυσικών Επιστημών ως προς το περιεχόμενό τους και ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητές τους. Η μελέτη αυτή είναι σημαντική γιατί παρέχει πληροφορίες στους εκπαιδευτικούς και τους συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων για τα είδη των ερωτήσεων που κυριαρχούν στα σχολικά εγχειρίδια και σε τι μαθησιακά αποτελέσματα οδηγούν τους μαθητές. Επίσης, δεν έχει διερευνηθεί η σχέση ανάμεσα στο περιεχόμενο των ερωτήσεων και στις μαθησιακές δραστηριότητές τους.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στο περιεχόμενο των ερωτήσεων του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής Β΄ τάξης του Γυμνασίου και στις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές. Ειδικότερα, ως ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας τίθενται τα ακόλουθα:

(α) Ποια είναι η κατανομή των ερωτήσεων του εγχειριδίου σε κατηγορίες ως προς το περιεχόμενό τους;

(β) Ποια είναι η κατανομή των ερωτήσεων του εγχειριδίου σε κατηγορίες ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές;

(β) Υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των ερωτήσεων ως προς το περιεχόμενό τους και στις κατηγορίες των ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν οι ερωτήσεις του σχολικού εγχειριδίου Φυσικής της Β΄ τάξης του Γυμνασίου. Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε κάθε ερώτηση. Στις περιπτώσεις όπου μια ερώτηση μπορεί να αποτελείται από περισσότερα από ένα διαφορετικά υπο-ερωτήματα αυτή χωρίστηκε σε δύο ή περισσότερες μονάδες ανάλυσης. Καταμετρήθηκαν 317 ερωτήσεις (μονάδες ανάλυσης) στο σχολικό εγχειρίδιο.

Για την ανάλυση κάθε ερώτησης, ως προς το περιεχόμενό της, χρησιμοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση των Overman et al. (2013) που βασίστηκε στην εργασία των Van Driel, Bulte και Verloop (2007). Σύμφωνα με αυτήν, οι ερωτήσεις μπορούν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες («Βασική Φυσική», «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» και «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής») ανάλογα με την «έμφαση» του περιεχομένου τους. Η κατηγορία «Βασική Φυσική» συνδέεται με την άποψη ότι οι έννοιες και οι αρχές της Φυσικής είναι απόλυτα τεκμηριωμένες, είναι ιδιαίτερα σημαντικές και ότι η εκμάθησή τους από τους μαθητές είναι αναγκαία προϋπόθεση για την περαιτέρω εκπαίδευσή τους και την κατανόηση του φυσικού κόσμου. Η κατηγορία «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» συνδέεται με την άποψη ότι το περιεχόμενο της Φυσικής σχετίζεται άμεσα ή έμμεσα με τεχνολογικά και κοινωνικά ζητήματα και ότι είναι αναγκαία η ανάπτυξη ικανοτήτων στους μαθητές που σχετίζονται με την εξήγηση των φαινομένων και τη χρήση της γνώσης για τη λήψη αποφάσεων σε τεχνολογικά και κοινωνικά ζητήματα που άπτονται της Φυσικής. Η κατηγορία «Ανάπτυξη Γνώση Φυσικής» σχετίζεται με άποψη ότι είναι εντελώς αναγκαία η εκμάθηση της διαδικασίας παραγωγής της γνώσης μέσα στο

κοινωνικό και ιστορικό πλαίσιο της, ώστε οι μαθητές να αντιληφθούν ότι η Φυσική συνιστά ένα σώμα γνώσης που εξελίσσεται διαρκώς.

Πίνακας 1: Κατηγορίες γνωστικών δραστηριοτήτων των ερωτήσεων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
«Κριτικής επεξεργασίας»	Ζητούν από τον μαθητή να εξετάσει αν κάποια συμπεράσματα ή απόψεις συνάδουν με γεγονότα ή θεωρίες των Φυσικών Επιστημών, να αναγνωρίσει τα κριτήρια με τα οποία θα αποφανθεί για τα παραπάνω και να εξηγήσει γιατί αυτά τα κριτήρια είναι αναγκαία ή να συγκροτήσει μια ερμηνεία που βασίζεται σε γνώσεις και επιχειρήματα.
«Συσχέτισης»	Απαιτούν από τον μαθητή να αναζητήσει τις σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσα σε γνώσεις ή γεγονότα και να εντοπίσει αυτές τις σχέσεις. Απαιτούν την εύρεση ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ θεωριών αλλά και τη σύγκριση πληροφοριών του κειμένου με γνώσεις που περιλαμβάνονται σε άλλα κείμενα.
«Δόμησης»	Απαιτούν από το μαθητή να οργανώνει σε ένα ενιαίο σύνολο διάφορα στοιχεία. Να αναπαριστά τις κύριες έννοιες ενός κειμένου με ένα καλά οργανωμένο διάγραμμα, προσπαθώντας να συμπύξει το νόημά του.
«Ανάλυσης»	Απαιτούν από τον μαθητή να αναλύει ένα σύνολο πληροφοριών στα επιμέρους τμήματά του.
«Συγκεκριμενοποίησης»	Ζητείται από τον μαθητή να συνδέσει την σχολική γνώση με τον «κόσμο πέρα από το σχολείο», δηλαδή με την καθημερινή ζωή. Ο μαθητής αναφέρει πρακτικές εφαρμογές της γνώσης ή προτείνει παραδείγματα από την καθημερινότητα αναφέροντας προσωπικές εμπειρίες που σχετίζονται με το υπό εξέταση θέμα.
«Εφαρμογής»	Απαιτούν από το μαθητή να χρησιμοποιήσει τη σχολική γνώση που απέκτησε σε νέες καταστάσεις συναφείς με αυτές που έχει διαπραγματευτεί. Επίσης, απαιτούν τη χρήση κάποιου μαθηματικού τύπου και την πραγματοποίηση πράξεων.
«Απομνημόνευσης / επανάληψης»	Στοχεύουν στην αποστήθιση ύλης και την απομνημόνευση ορισμών, τύπων, πληροφοριών και θεωριών που περιλαμβάνονται στο εγχειρίδιο.
«Επιλογής»	Απαιτούν τον εντοπισμό μιας ή περισσότερων πληροφοριών ανάμεσα σε άλλες πληροφορίες που υπάρχουν σε ένα κείμενο.

Για την ανάλυση κάθε ερώτησης ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορεί να ενεργοποιήσει στους μαθητές χρησιμοποιήθηκε το πλαίσιο των Vermunt και Verloop (1999) και των Overman et al. (2013). Οι ερωτήσεις ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με τις δυνατότητες που παρέχουν στους μαθητές να εμπλακούν με γνωστικές ή μεταγνωστικές δραστηριότητες. Στους Πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται οι κατηγορίες των γνωστικών και των μεταγνωστικών δραστηριοτήτων των ερωτήσεων.

Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των ερωτήσεων του σχολικού εγχειριδίου ως προς το περιεχόμενό τους και ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές και διερευνήθηκε η ύπαρξη συσχετίσεων ανάμεσα στις κατηγορίες των ερωτήσεων του

σχολικού εγχειριδίου ως προς το περιεχόμενό τους και ως προς τις μαθησιακές τους δραστηριότητες.

Πίνακας 2: Κατηγορίες μεταγνωστικών δραστηριοτήτων των ερωτήσεων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
«Προσανατολισμού / σχεδιασμού»	Απαιτούν από το μαθητή το σχεδιασμό μιας δραστηριότητας προσδιορίζοντας μεταξύ των άλλων τους μαθησιακούς στόχους, το σχέδιο δράσης που θα ακολουθηθεί και τις προαπαιτούμενες γνώσεις.
«Παρακολούθησης / δοκιμής / διάγνωσης»	Η παρακολούθηση συντελείται όταν οι μαθητές ελέγχουν αν η διαδικασία που έχουν ακολουθήσει γίνεται σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο σχέδιο δράσης. Η δοκιμή αναφέρεται στον έλεγχο για το αν κάποιος κατανόησε ή μπορεί να εφαρμόζει τη νέα γνώση επαρκώς. Η διάγνωση αναφέρεται στον καθορισμό των κενών που μπορεί κάποιος μαθητής να έχει στις γνώσεις του και στις ικανότητές του, αλλά και η εξέταση των πιθανών αιτιών που μπορούν να προκαλέσουν μαθησιακές δυσκολίες ή επιτυχίες. Έχουν ως στόχο την ρύθμιση της διαδικασίας μάθησης από τους ίδιους τους μαθητές μέσα από την εισαγωγή αλλαγών σε ένα αρχικό σχέδιο δράσης τους που βασίζονται στον έλεγχο των υπαρχόντων μαθησιακών αποτελεσμάτων.
«Προσαρμογής»	Έχουν ως στόχο την ρύθμιση της διαδικασίας μάθησης από τους ίδιους τους μαθητές μέσα από την εισαγωγή αλλαγών σε ένα αρχικό σχέδιο δράσης τους που βασίζονται στον έλεγχο των υπαρχόντων μαθησιακών αποτελεσμάτων.
«Αξιολόγησης / Αναστοχασμού»	Ως σκοπό έχουν τη διαπίστωση του βαθμού στον οποίο το τελικό μαθησιακό αποτέλεσμα συνάδει με τους προγραμματισμένους μαθησιακούς στόχους και του βαθμού στον οποίο η μαθησιακή διαδικασία προχώρησε όπως αρχικά είχε σχεδιαστεί. Ο αναστοχασμός εντοπίζεται στον αναλογισμό των μαθησιακών δραστηριοτήτων και συγκεκριμένα των όσων συνέβησαν κατά τη διάρκεια τους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Περιεχόμενο ερωτήσεων

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των ερωτήσεων ως προς το περιεχόμενό τους. Διαπιστώνεται ότι κυριαρχούν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Βασική Φυσική» (95%). Είναι περιορισμένος ο αριθμός των ερωτήσεων που εντάσσονται στις κατηγορίες «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής» (2,2%) και «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» (2,8%).

Πίνακας 3: Οι κατηγορίες των ερωτήσεων ως προς το περιεχόμενό τους: συχνότητες και ποσοστά

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	f	%
«Βασική Φυσική»	301	95,0
«Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία»	9	2,8
«Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής»	7	2,2

Μαθησιακές δραστηριότητες ερωτήσεων

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές. Προκύπτει ότι κυριαρχούν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Εφαρμογής» (34,4%). Ακολουθούν οι ερωτήσεις της κατηγορίας «Απομνημόνευσης/επανάληψης» (24,6%). Συγκριτικά μικρότερα είναι τα ποσοστά των ερωτήσεων στις κατηγορίες «Συγκεκριμενοποίησης» (12,3%), «Επιλογής» (9,1%) και «Κριτικής επεξεργασίας» (7,3%).

Πίνακας 4: Οι κατηγορίες των ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές: συχνότητες και ποσοστά

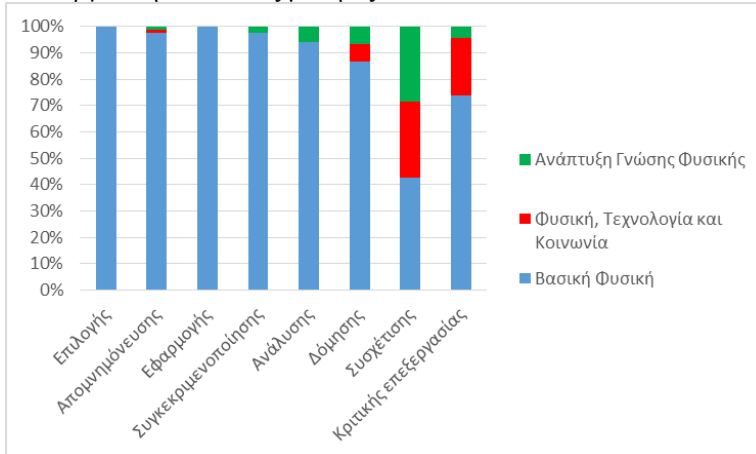
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	f	%
«Επιλογής»	29	9,1
«Απομνημόνευσης/επανάληψης»	78	24,6
«Εφαρμογής»	109	34,4
«Συγκεκριμενοποίησης»	39	12,3
«Ανάλυσης»	17	5,4
«Δόμησης»	15	4,7
«Συσχέτισης»	7	2,2
«Κριτικής επεξεργασίας»	23	7,3

Σχέση ανάμεσα στο περιεχόμενο των ερωτήσεων και στις μαθησιακές τους δραστηριότητες

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η ποσοστιαία κατανομή των κατηγοριών των ερωτήσεων ως προς το περιεχόμενο ανά κατηγορία ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες. Συνάγεται ότι οι ερωτήσεις που ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες εντάσσονται στις κατηγορίες «Επιλογής» και «Εφαρμογής» ανήκουν στο σύνολό τους στην κατηγορία «Βασική Φυσική». Όμως, ένα συγκριτικά (με την προηγούμενη περίπτωση) μεγαλύτερο μέρος ερωτήσεων που ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες εντάσσονται στις κατηγορίες «Δόμησης» και «Κριτικής Επεξεργασίας» ανήκουν στις κατηγορίες «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» ή/και «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής». Οι ερωτήσεις που ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες εντάσσονται στην κατηγορία «Συσχέτισης» σχεδόν ισοκατανέμονται στις κατηγορίες «Βασική Φυσική», «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» και «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής».

Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις κατηγορίες των μαθησιακών δραστηριοτήτων των ερωτήσεων (μαθησιακές δραστηριότητες χαμηλού επιπέδου, μαθησιακές δραστηριότητες υψηλού επιπέδου) και στο περιεχόμενό τους («Βασική Φυσική», «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» και «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής») ($\chi^2=36,74$, $df=1$, $p=0,0001$). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στην ακόλουθη τάση (βλ. Πίνακα 5): οι ερωτήσεις που εντάσσονται στις κατηγορίες «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» και «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής» τείνουν να ανήκουν στην κατηγορία μαθησιακών δραστηριοτήτων υψηλού επιπέδου και όχι στην κατηγορία μαθησιακών δραστηριοτήτων χαμηλού επιπέδου.

Σχήμα 1: Η ποσοστιαία κατανομή των κατηγοριών των ερωτήσεων ως προς το περιεχόμενο ανά κατηγορία ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες που μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές.



Πίνακας 5: Οι συχνότητες των κατηγοριών των ερωτήσεων ως προς τις μαθησιακές δραστηριότητες ανά κατηγορία ερωτήσεων ως προς το περιεχόμενό τους και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	«Βασική Φυσική»	«Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία», «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής»
Μαθησιακές δραστηριότητες χαμηλού επιπέδου (Επιλογής, Απομνημόνευσης, Εφαρμογής και Συγκεκριμενοποίησης)	252 [+0,60]	3 [-2,61]
Μαθησιακές δραστηριότητες υψηλού επιπέδου (Ανάλυσης, Δόμησης, Συσχέτισης και Κριτικής Επεξεργασίας)	49 [-1,22]	13 [+5,30]

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής που αναλύθηκε επικρατούν οι ερωτήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία «Βασική Φυσική» (95%). Η διαπίστωση ότι κυριαρχούν οι ερωτήσεις μιας κατηγορίας δεν είναι απαραίτητα μειονέκτημα, ωστόσο δεν διευκολύνονται οι μαθητές να αντιληφθούν τα μηνύματα των άλλων κατηγοριών των ερωτήσεων που δεν εκπροσωπούνται επαρκώς (Roberts, 1988). Για την καλύτερη κατανόηση της σχέσης της επιστημονικής γνώσης που διδάσκεται στο σχολείο με την καθημερινή ζωή και τα

κοινωνικά θέματα, απαιτείται μια ισορροπημένη εκπροσώπηση όλων των κατηγοριών των ερωτήσεων («Βασική Φυσική», «Φυσική, Τεχνολογία και Κοινωνία» και «Ανάπτυξη Γνώσης Φυσικής») στα σχολικά εγχειρίδια (Sirhan, 2007).

Επίσης, στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής της Β΄ Γυμνασίου επικρατούν κυρίως οι ερωτήσεις που απαιτούν από τους μαθητές να απομνημονεύσουν πληροφορίες και να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους επιλύοντας προβλήματα με αλγορίθμους. Αντίθετα, δεν παρέχονται αρκετές ευκαιρίες στους μαθητές να επεξεργαστούν ερωτήσεις που ανήκουν στην κατηγορία της «Κριτικής επεξεργασίας», όπως και ερωτήσεις «Δόμησης», «Ανάλυσης» και «Συσχέτισης» (μαθησιακές δραστηριότητες υψηλού επιπέδου). Επιπρόσθετα, δεν περιλαμβάνονται ερωτήσεις μεταγνωστικού τύπου. Η ενασχόληση των μαθητών με ερωτήσεις απομνημόνευσης και εφαρμογής δεν επιφέρει ανάπτυξη των ανώτερων δεξιοτήτων και δεν προάγεται η βαθύτερη κατανόηση (Nakiboglu & Yildirim, 2011)). Επίσης, οι μεταγνωστικές ερωτήσεις καθιστούν τους μαθητές πιο υπεύθυνους στο να ελέγχουν και να βελτιώνουν τη μάθησή τους (Overman et al., 2013).

Επιπρόσθετα, το περιεχόμενο των ερωτήσεων συνδέεται με τις μαθησιακές δραστηριότητες που αυτές μπορούν να ενεργοποιήσουν στους μαθητές. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι οι ερωτήσεις που το περιεχόμενό τους σχετίζεται με τεχνολογικά και κοινωνικά ζητήματα αλλά και με τη διαδικασία παραγωγής της γνώσης μέσα στο κοινωνικό και ιστορικό πλαίσιο της συνδέονται κυρίως με μαθησιακές δραστηριότητες υψηλού επιπέδου. Συνεπώς, μέσα από αυτές τις ερωτήσεις παρέχονται περισσότερες ευκαιρίες στους μαθητές να κατανοήσουν τις ιδέες των Φυσικών Επιστημών αναπτύσσοντας ανώτερες δεξιότητες. Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα εμπλουτισμού των σχολικών εγχειριδίων με αυτού του τύπου τις ερωτήσεις.

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε στις ερωτήσεις ενός σχολικού εγχειριδίου. Προτείνεται η ανάλυση των ερωτήσεων άλλων σχολικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών των τάξεων του Γυμνασίου και του Λυκείου ώστε να διερευνηθεί αν διαφοροποιούνται τα αποτελέσματα σε σχέση με αυτά που προέκυψαν για το εγχειρίδιο Φυσικής που μελετήθηκε. Πέραν της ανάλυσης των ερωτήσεων των σχολικών εγχειριδίων, ερευνητικό ενδιαφέρον θα είχε η ανάλυση των ερωτήσεων που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά την διάρκεια της διδασκαλίας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bloom, B. S., Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 1: Cognitive Domain*; Longmans Green: New York.
- Costa, A. (1985). *Teacher Behaviors That Enable Student Thinking In Developing Minds: A Resource Book for Teacher Thinking*, Alexandria: V.A.
- Davila, K., & Talanquer, V. (2010). Classifying end-of-chapter questions and problems for selected general chemistry textbooks used in the United States. *Chemical Education Research*, 87(1), 97–101.
- Davis, E. A. (2006). Preservice elementary teachers' critique of instructional materials for science. *Science Education*, 90, 348-375.

- Kahveci, A. (2010). Quantitative analysis of science and chemistry textbooks for indicators of reform: A complementary perspective. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1495–1519.
- Nakiboglu, C., & Yildirim, H. E. (2011). Analysis of Turkish high school chemistry textbooks and teacher-generated questions about gas laws. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1047–1071.
- Overman, M., Vermunt, D., Meijer, P., Bulte, B., & Brekelmans M. (2013) Textbook Questions in Context-Based and Traditional Chemistry Curricula Analysed from a Content Perspective and a Learning Activities Perspective. *International Journal of Science Education*, 35(17), 2928-2953.
- Pizzini, E. L., Shepardson, D. P., & Abell, S. K. (1992). The questioning level of select middle school science textbooks. *School Science and Mathematics*, 92(2), 74–79.
- Roberts, D. A. (1988). What counts as science education? In P. J. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (pp. 27–540). London, Great Britain: Palmer Press.
- Roberts, D. A. (1995). Junior high school science transformed: Analysing a science curriculum policy change. *International Journal of Science Education*, 17(4), 493–504.
- Shepardson, D. P., & Pizzini, E. L. (1991). Questioning levels of junior high schools science textbooks and their implications for learning textual information. *Science Education*, 75(6), 673–682.
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2-20.
- Van Driel, J. H., Bulte, A. M. W., & Verloop, N. (2005). The conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *International Journal of Science Education*, 27(3), 302–322.
- Van Driel, J. H., Bulte, A. M. W., & Verloop, N. (2007). The relationships between teachers' general beliefs about teaching and learning and their domain specific curriculum beliefs. *Learning and Instruction*, 17, 156–171.
- Vasconelos, C., Torres, J., Dourado L., & Leite, L. (2012). *Questions in science textbooks: Do the prompt students' inquiry and problem-based learning?* In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship. Part [6] (co-ed. Manuela Welzel-Breuer and Conxita Marquez), (pp. 102-107) Lyon, France: European Science Education Research Association.
- Vermunt, J. D., & Verloop, N. (1999). Congruence and friction between learning and teaching. *Learning and Instruction*, 9, 257–280.

Διδακτικό Υλικό για την Αυτόνομη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά: Μελέτη Περίπτωσης στον Όμιλο Φυσικών Επιστημών Δημοτικού Σχολείου

Κωνσταντίνος Καράμπελας

2^ο Πειραματικό Δημοτικό Σχολείο Πόλεως Ρόδου, kkarampelas@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης. Εξετάζει τη χρησιμότητα υλικού που αποσκοπεί στην προώθηση της αυτόνομης μάθησης σε μαθήματα Θετικών Επιστημών. Αφενός, το υλικό που χρησιμοποιείται για τα συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα οφείλει να αποσκοπεί στην προώθηση της διερευνητικής μάθησης. Αφετέρου η προώθηση της αυτόνομης μάθησης γίνεται με καλλιέργεια δεξιοτήτων σχεδιασμού μαθησιακών δράσεων. Η εργασία εξέτασε συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό σχεδιασμένο να προωθήσει δεξιότητες που απαιτεί η αυτόνομη μάθηση σε συνδυασμό με τη διερευνητική μάθηση. Η αποτίμηση χρησιμότητας εκπαιδευτικού υλικού, εστιάστηκε στη δυνατότητά του να βοηθήσει την επίτευξη στόχων που απαιτούν οι δύο προσεγγίσεις. Μια μελέτη περίπτωσης πραγματοποιήθηκε σε μαθητές δημοτικού σχολείου που συμμετείχαν στον Όμιλο Φυσικών Επιστημών, που απευθύνεται σε παιδιά με ενδιαφέρον για θετικές επιστήμες και προσφέρει ευελιξία σας πλαίσιο για την έρευνα αυτή. Διαπιστώθηκε ότι το υλικό όπως σχεδιάστηκε ικανοποιούσε ορισμένους στόχους τόσο της αυτόνομης όσο και της διερευνητικής μάθησης, αλλά όχι όλους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαιδευτικό υλικό, αποτίμηση, χρησιμότητα, αυτόνομη μάθηση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το θέμα της συγκεκριμένης εργασίας εστιάζεται στην χρησιμότητα, τη δυνατότητα και τους τρόπους χρησιμοποίησης εκπαιδευτικού υλικού, που ως στόχο έχει να εξοικειώσει μαθητές με την προσέγγιση της αυτόνομης μάθησης, στο γνωστικό αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών.

Ως εκπαιδευτικό υλικό, σύμφωνα με τους Guthrie κα (2012) ορίζεται κάθε έντυπο ή ψηφιακό υλικό, που χρησιμοποιείται ως μέσο σε διδακτική παρέμβαση. Η μορφή, η δομή και το είδος του εκπαιδευτικού υλικού έχει αλλάξει ριζικά τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο η βασική αποστολή του παραμένει ίδια. Βασικό διδακτικό υλικό είναι

το σχολικό βιβλίο (textbook). Συνοδεύεται όμως και από άλλα υλικά (supplementary materials), όπως φύλλα εργασίας, ψηφιακά μέσα, λογισμικά που συνεπικουρούν στην επιτυχή διδασκαλία με το βιβλίο, καλύπτοντας ατέλειες.

Η προσέγγιση της αυτόνομης μάθησης χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στα γλωσσικά μαθήματα, συνοδευόμενη από κατάλληλα διαμορφωμένο διδακτικό υλικό (Dam, 2011). Ωστόσο η χρησιμότητά της μπορεί να επεκταθεί και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως είναι οι Θετικές Επιστήμες. Αυτή η επέκταση προϋποθέτει ότι το εκπαιδευτικό υλικό θα σχεδιαστεί με βάση τις απαιτήσεις του υλικού που συνιστάται να χρησιμοποιείται στο μάθημα αυτό (Krajcik κα, 2008; Meyer κα, 2010).

Η εργασία εστιάζεται στο 'γιατί' (χρησιμότητα) και στους 'πώς' (τρόπους) μπορεί να χρησιμοποιηθεί υλικό που προωθεί την αυτόνομη μάθηση σε Φυσικές Επιστήμες και Μαθηματικά. Χρησιμοποιεί την προσέγγιση μελέτης περίπτωσης, που εφαρμόζεται για μεμονωμένα ένα εμπειρικό φαινόμενο στο οποίο εμπλέκονται πολλοί παράγοντες (Cohen κα, 2011). Πρέπει να μελετηθούν πρώτα οι θεωρίες για τους συγκεκριμένους παράγοντες, που είναι ο σχεδιασμός, η στοχοθεσία και αποτίμηση εκπαιδευτικού υλικού για Θετικές Επιστήμες, η προσέγγιση της αυτόνομης μάθησης και το εκπαιδευτικό υλικό που την υποστηρίζει, καθώς και το πλαίσιο της έρευνας.

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Σύγχρονες Προσεγγίσεις της Έννοιας του Εκπαιδευτικού Υλικού στις Θετικές Επιστήμες

Ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών καθορίζεται από δύο βασικές συνιστώσες. Η πρώτη είναι τα κριτήρια που καθορίζουν τη θεματολογία και τους στόχους του μαθήματος. Τα κριτήρια αυτά καθορίζονται, συντάσσονται και αναθεωρούνται συνήθως από κάποια αρχή, τοπική, εθνική ή ακόμα και διεθνή καθώς και από τη βιβλιογραφία. Η δεύτερη είναι οι εκπαιδευτικές πρακτικές και τα μοντέλα που ακολουθεί η διδασκαλία, όπως έχουν διαμορφωθεί, εφαρμοστεί και αξιολογηθεί από την έρευνα και τη σχετική βιβλιογραφία. Αυτές οι συνιστώσες αποτελούν τους δύο βασικούς άξονες εξέλιξης της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Κάθε προσπάθεια σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού που δίνει έμφαση σε έναν από τους παραπάνω άξονες συναντά εμπόδια και προκλήσεις (Krajcik κα, 2008).

Σε ότι αφορά τον πρώτο άξονα, ο προσδιορισμός κριτηρίων χάρει ιδιαίτερης σημασίας σε αρκετές χώρες. Τα κριτήρια αποτελούν θεμέλιο πάνω στο οποίο θα στηριχθεί το παραγόμενο εκπαιδευτικό υλικό. Αφορούν την οικοδόμηση εννοιών, την ανάπτυξη δεξιοτήτων, την εξοικείωση με την επιστημονική μεθοδολογία, την αναγνώριση της σημασίας και εφαρμογής της νέας γνώσης. Τα κριτήρια περιγράφονται σε προγράμματα σπουδών ή Αναλυτικά Προγράμματα. Συνεπώς η επιτυχής ικανοποίηση των κριτηρίων αυτών από τους εκπαιδευτικούς και το σχολείο βασίζεται αρκετά στο εκπαιδευτικό υλικό.

Έρευνες όμως έχουν δείξει ότι σπάνια το εκπαιδευτικό υλικό επιτυγχάνει να ικανοποιήσει τα κριτήρια αυτά. Ένας λόγος είναι η πληθώρα πληροφοριών, όπως έννοιες ή φαινόμενα, που περιλαμβάνουν και επιδιώκεται να μάθουν οι μαθητές. Άλλος λόγος είναι η επιφανειακή αντιμετώπιση αρκετών φαινομένων που δε βοηθά την σε βάθος οικοδόμηση νέας γνώσης και κατανόηση της σημασίας της. Σ' αυτό συντείνει και η έλλειψη διασύνδεσης των διδασκόμενων εννοιών με την καθημερινή εμπειρία (Kesidou & Roseman, 2002).

Οι προκλήσεις που συσχετίζονται με το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού που θα ικανοποιεί συγκεκριμένα και προκαθορισμένα κριτήρια, συσχετίζονται ακριβώς με τη φύση και το περιεχόμενο των κριτηρίων αυτών. Μια βασική πρόκληση είναι η διαμόρφωση του υλικού έτσι ώστε οι νέες έννοιες που καθορίζουν τα κριτήρια να παρουσιάζονται έτσι ώστε να γίνουν κατανοητές σε βάθος από τους μαθητές. Η δεύτερη πρόκληση είναι ο προσδιορισμός των διαστάσεων των εννοιών αυτών που θα εμπεριέχονται στο υλικό αυτό. Η τρίτη αφορά τις εμπειρίες που θα αξιοποιούνται αλλά και θα καλλιεργούνται στα παιδιά από το υλικό αυτό. Τέλος η τέταρτη, θα αφορά τον προσδιορισμό της δυνατότητας εφαρμογής της νέας γνώσης από τα παιδιά (Krajcik κα, 2008).

Στο επίπεδο των πρακτικών, η έρευνα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών τονίζει τη προώθηση της διδασκαλίας των Θετικών Επιστημών, μέσα από την ενεργό συμμετοχή και εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική διαδικασία αυτή καθεαυτή (learning science by doing science). Ουσιαστικά, οι μαθητές μελετάνε έννοιες και φαινόμενα, καθώς επεξεργάζονται ένα φαινόμενο ή ένα πλαίσιο από την καθημερινή ζωή. Η προσέγγιση αυτή βοηθά τους μαθητές να προχωρήσουν πέρα από την οικοδόμηση εννοιών αλλά και την ανάπτυξη μεμονωμένων δραστηριοτήτων. Βοηθά την κατανόηση της φύσης της επιστημονικής γνώσης και της επιστημονικής δουλειάς. Οι μαθητές μέσα από αυτή την προσέγγιση κατανοούν τις μεθόδους μέσα από τις οποίες οικοδομείται η επιστημονική γνώση, αξιολογείται, αναθεωρείται και εφαρμόζεται από τα μέλη της επιστημονικής κοινότητας. Αυτό βοηθάει τα παιδιά να εξοικειωθούν με άλλες δεξιότητες σημαντικές για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών, όπως ο εντοπισμός ερωτημάτων, η διατύπωση υπόθεσης, ο πειραματισμός, η υλοποίηση ερευνητικών δράσεων, η ανταλλαγή ιδεών, απόψεων και συμπερασμάτων.

Γενικά οι στόχοι που θέτουν τα κριτήρια δεν απέχουν από αυτούς που θέτει η διδασκαλία μέσω διερευνητικής μάθησης. Ωστόσο, ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού που προσπαθεί να συνδυάσει αυτή τη σύγχρονη προσέγγιση στη διδασκαλία των Θετικών Επιστημών και τις απαιτήσεις των κριτηρίων περιλαμβάνει αρκετές προκλήσεις. Οι προκλήσεις αυτές κυρίως εστιάζονται στο βάθος, το εύρος και γενικότερα τις διαστάσεις των εννοιών και των φαινομένων που πρόκειται να διδαχθούν. Για παράδειγμα, η διδασκαλία της μόλυνσης του νερού, ως project, ανάλογα με το πλαίσιο της καθημερινής ζωής που διδάσκει μπορεί να επεκταθεί σε έννοιες πέρα από αυτές που ορίζουν τα κριτήρια. Ίσως όμως να παραλείψει κάποιες που τα κριτήρια απαιτούν (Kesidou & Roseman, 2002).

Βασικές αρχές σχεδιασμού υλικού

Οι Reisner κα (2003), στην έρευνα που έκαναν όρισαν βασικές αρχές στις οποίες στηρίζεται ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού υλικού, βασισμένοι σε προηγούμενες έρευνες, τόσο των ίδιων, όσο και άλλων εκπαιδευτικών, καθώς και στη βιβλιογραφία σχετικά με τη μάθηση, τη διδασκαλία και την αξιολόγηση στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών, των Μαθηματικών αλλά και γενικότερα.

Μια αρχή αναφέρεται στο σχεδιασμό των ενοτήτων και τον προσδιορισμό των στόχων της κάθε διδακτικής παρέμβασης (structuring unit around learning goals). Οι στόχοι και οι ενότητες σχεδιάζονται παράλληλα μεταξύ τους και με κάθε γενικότερο θέμα που θέτουν οι εκπαιδευτικοί ή το σχολικό πλαίσιο. Οι στόχοι θα πρέπει να αναφέρονται σε γνώσεις, δεξιότητες, εξοικείωση με την επιστημονική μεθοδολογία και στάσεις, που αποτελούν βάση για το υλικό που θα σχεδιαστεί.

Άλλη αρχή αναφέρεται στην προώθηση της μάθησης μέσω έρευνας (motivating and contextualizing inquiry). Οι μαθητές θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν το υλικό ώστε να εντοπίσουν ερωτήματα, να σχεδιάσουν δράσεις, να συλλέξουν δεδομένα, να τα αναλύσουν και να παρουσιάσουν ιδέες και συμπεράσματά τους. Ιδιαίτερη σημασία έχει ο προσδιορισμός ερωτήσεων, το πλαίσιο έρευνας καθώς και η διασύνδεση με τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό, που μπορεί να επεκτείνεται και σε δεξιότητες από άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως γλωσσικές, αριθμητικές, ανάλογα πάντα με το θέμα της ενότητας (Driver κα, 1996; Reisner κα 2003).

Επίσης τονίζεται η αρχή που αναφέρεται στην προετοιμασία των μαθητών για την διερευνητική δράση. Το υλικό, κατ' επέκταση και ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να αξιοποιούν τις προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες των μαθητών, γύρω από τα φυσικά φαινόμενα και τα θέματα που μελετώνται. Στη βιβλιογραφία έχουν διατυπωθεί διαφορετικά είδη τέτοιων δράσεων, που βοηθούν στην εκμείωση των ιδεών των μαθητών (Reisner κα, 2003).

Τέλος βασική αρχή είναι και η παροχή δυνατότητας στους μαθητές να 'δημιουργούν'. Το εκπαιδευτικό υλικό, για να προωθεί την εμπλοκή και εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική έρευνα, πρέπει να εμπεριέχει δράσεις που παρακινούν τους μαθητές να εκφράζουν δικές τους ιδέες και αναπαραστάσεις που θα αποτελέσουν αντικείμενο συζήτησης και αξιολόγησης.

Ουσιαστικά οι παραπάνω αρχές στηρίζονται στην προώθηση της διερευνητικής μάθησης. Το υλικό πρέπει να εστιάζεται προς αυτή την κατεύθυνση. Οφείλει να διευκρινίζει τους στόχους της διδασκαλίας, να παρακινεί τους μαθητές να διατυπώσουν ιδέες, υποθέσεις, να πειραματιστούν, να διερευνήσουν και να διατυπώσουν συμπεράσματα (Driver κα, 1996; Reisner κα 2003).

Αξιολόγηση του Διδακτικού Υλικού

Η αξιολόγηση ενός διδακτικού υλικού αποτελεί ιδιαίτερη διαδικασία για τον εκπαιδευτικό. Η διαδικασία αυτή γίνεται πάντα με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Έχει διατυπωθεί στη βιβλιογραφία πλήθος από κριτήρια, καθώς και ομάδες κριτηρίων ή

μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Η επιλογή κατάλληλων κριτηρίων εξαρτάται από το πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης.

Το πρώτο και βασικότερο κριτήριο που υπάρχει σε κάθε κατηγοριοποίηση είναι η συμβατότητα του διδακτικού υλικού με τους στόχους και σκοπούς του αναλυτικού προγράμματος ή προγράμματος σπουδών που η διδασκαλία ακολουθεί. Το υλικό πρέπει να είναι σχεδιασμένο να βοηθά τους μαθητές να οικοδομήσουν τις απαιτούμενες και επιδιωκόμενες γνώσεις και να αναπτύξουν τις σχετικές δεξιότητες (Mitchel, 1978; Kesidou & Roseman, 2002; Reisner κα, 2003;Krajcik κα, 2008).

Δεύτερο και εξίσου βασικό κριτήριο που επίσης είναι εμφανές σε πολλές κατηγοριοποιήσεις, είναι η δυνατότητα χρήσης του από τους μαθητές χωρίς πρακτικές προκλήσεις. Κατά το σχεδιασμό του υλικού, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το επίπεδο των μαθητών, οι συνθήκες μάθησης και οι επιδιώξεις τους. Οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να παρακολουθήσουν τις επιμέρους δραστηριότητες που περιέχονται στο εκπαιδευτικό υλικό. Η ατομικότητα και διαφορετικότητα των μαθητών δεν πρέπει να παραμελείται Υπάρχουν και προκλήσεις που μπορεί να αντιμετωπίσει ο εκπαιδευτικός κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, πέρα από τους μαθητές. Τέτοιου είδους προκλήσεις μπορεί να αφορούν τις απαιτούμενες υποδομές, το χώρο του σχολείου, το πλαίσιο λειτουργίας του σχολείου, το χρονικό διάστημα της διδακτικής παρέμβασης.

Τέλος, τρίτο σημαντικό κριτήριο είναι και η δυνατότητα που προσφέρει το υλικό για αξιολόγηση. Η αξιολόγηση μπορεί να είναι επίσημη ή ανεπίσημη. Τα κριτήρια που ακολουθεί η κάθε μορφή αξιολόγησης και ο τρόπος που αποτυπώνονται στο υλικό μπορεί να διαφοροποιούνται όμως κινούνται γενικά ως προς τους παραπάνω βασικούς άξονες (Mitchel, 1978; Reisner κα, 2003).

ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΜΑΘΗΣΗ

Προσεγγίσεις και πρακτικές

Η προσέγγιση της αυτόνομης μάθησης, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία έχει αποκτήσει αρκετό ενδιαφέρον, κυρίως ως απόρροια της προώθησης νέων εκπαιδευτικών προσεγγίσεων που εστιάζονται στο μαθητή, την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία. Η προσπάθεια ορισμού της αυτόνομης μάθησης έχει επιχειρηθεί από διάφορους θεωρητικούς. Ο Holec (1981), όπως και ο Nunan (1997) περιγράφουν ότι η αυτόνομη μάθηση περιλαμβάνει τη δυνατότητα του ατόμου να αναλαμβάνει την ευθύνη της μάθησής του. Αυτό σημαίνει ότι το άτομο θα μπορεί να θέτει στόχους, να σχεδιάζει δράσεις μαθησιακές, να τις υλοποιεί και να τις αξιολογεί.

Οι βασικοί λόγοι για τους οποίους καθιερώνεται η αυτόνομη μάθηση ως προσέγγιση και εκπαιδευτική πρακτική είναι τρεις. Ο πρώτος είναι η διαπίστωση μέσα από την έρευνα ότι η αυτονομία επιφέρει και περισσότερη επιτυχία στη μάθηση. Ο μαθητής που μαθαίνει αυτόνομα, καθοδηγείται από εσωτερικό κίνητρο ενώ έχει αναπτύξει και μεταγνώστικές δεξιότητες που το βοηθούν να παρακολουθούν τους τρόπους με τους οποίους μαθαίνουν και αλλάζουν αντιλήψεις. Ο δεύτερος είναι η

αναγκαιότητα να καλλιεργήσουν οι μαθητές τις δεξιότητες και στάσεις που θα τους βοηθήσουν να μαθαίνουν, ακόμα και όταν ολοκληρώσουν κάθε κύκλο τυπικής εκπαίδευσης. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούν να μαθαίνουν, να ανανεώνουν τις γνώσεις τους, να παρακολουθούν εξελίξεις, και να μην περιοριστούν σε όσα έμαθαν ως μαθητές. Ο τρίτος είναι η δυνατότητα στο άτομο να αντιμετωπίζει κριτικά τη νέα γνώση, ώστε να μπορεί να την ανατρέψει ή να την εμπλουτίσει μέσα από δικές του δράσεις. Έτσι προωθεί και το ίδιο το άτομο το χώρο της έρευνας και της επιστήμης (Nunan, 1997).

Η διδασκαλία που αποσκοπεί στην καλλιέργεια της αυτόνομης μάθησης είναι σύνθετη διαδικασία. Αυτό οφείλεται στη πολυπλοκότητα της αυτόνομης μάθησης, που περιλαμβάνει τόσο την έννοια της δεξιότητας, όσο και την έννοια της δυναμικής και της διαρκούς εξέλιξης (Holec, 1981; Nunan, 1997). Οι Luzon και Gonzales (2006) έχουν καθορίσει τέσσερα βασικά κριτήρια που πρέπει να πληρεί η διδασκαλία για να προωθήσει την αυτόνομη μάθηση.

Το πρώτο κριτήριο είναι η ανάπτυξη του κινήτρου. Ο μαθητής θα οργανώσει δράσεις μάθησης αυτόνομα, προκειμένου να ενημερωθεί για κάποιο θέμα, μόνο όταν έχει κάποιο κίνητρο. Το κίνητρο αυτό μπορεί να είναι εσωτερικό και να συσχετίζεται με τη γενικότερη προθυμία του ατόμου να μαθαίνει. Μπορεί όμως να είναι και εξωτερικό και να συσχετίζεται με αμοιβές. Το δεύτερο κριτήριο είναι η σύνδεση με τους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος ή το πρόγραμμα σπουδών που ακολουθείται. Αυτό θα αποτελέσει το βασικό άξονα, με βάση τον οποίο θα σχεδιαστεί η διδασκαλία και οι επιμέρους διδακτικές παρεμβάσεις. Το τρίτο κριτήριο είναι η υλοποίηση δράσεων που έχουν ως επίκεντρο το μαθητή και την ενεργό συμμετοχή του. Η σημασία αυτού το κριτηρίου έγκειται ακριβώς στο περιεχόμενο της αυτόνομης μάθησης, η οποία στηρίζεται στην ενεργό πρωτοβουλία του μαθητή. Τέλος το τέταρτο κριτήριο είναι η ανάπτυξη δεξιοτήτων. Οι δεξιότητες που πρέπει να αποκτήσουν οι μαθητές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη αφορά γνωστικές δεξιότητες, όπως τρόπους σχεδιασμού δράσεων μάθησης, αναζήτησης και επεξεργασίας πληροφοριών ή πηγών, καθώς και παρουσίασης εργασίας. Η δεύτερη αφορά μεταγνωστικές δεξιότητες, όπως η παρακολούθηση της μεταβολής γνώσεων, στάσεων, δεξιοτήτων, μέσα από μια εκπαιδευτική διαδικασία και η αποτίμηση της. Η τρίτη αφορά συναισθηματικές δεξιότητες όπως διαχείριση άγχους (Meyer, 2010).

Υλικό για την αυτόνομη μάθηση και ο ρόλος του πλαισίου

Σε παρεμβάσεις σχετικά με την αυτόνομη μάθηση σε άλλα γνωστικά αντικείμενα, έχει προταθεί το διδακτικό υλικό με μορφή σημειώσεων, όπως ένα portfolio καθώς η προώθηση αυτόνομης μάθησης είναι εξελικτική διαδικασία. Επίσης προτείνεται η χρήση φύλλων εργασίας που εστιάζονται σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Η συλλογή σημειώσεων φύλλων εργασίας, δίνει πληροφορίες για την εξέλιξη της οικοδόμησης γνώσεων και καλλιέργειας δεξιοτήτων (Dam, 2011).

Αν και η βιβλιογραφία υποστηρίζει τη σημασία της αυτόνομης μάθησης και προτείνει και μια σειρά από πρακτικές για την επιτυχή διδασκαλία προς την κατεύθυνσή

της, εξηγεί πως αρκετές καταγεγραμμένες σχετικές δεν έχουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Συναντούν ποικίλες προκλήσεις.

Η βασικότερη πρόκληση είναι εξαιτίας της ασυμβατότητας της συγκεκριμένης διδακτικής προσέγγισης με αυτές που έχουν καθιερωθεί στο εκπαιδευτικό πλαίσιο που πρόκειται να εφαρμοστεί. Με άλλα λόγια, όταν οι μαθητές στα πλαίσια ενός συγκροτημένου πλαισίου, όπου η διδασκαλία γίνεται με παγιωμένες πρακτικές, είναι συνηθισμένοι να μαθαίνουν με συγκεκριμένους τρόπους, μέσα από δομημένη καθοδήγηση ενός εκπαιδευτικού, δεν είναι εύκολο να συνηθίσουν σε νέους τρόπους μάθησης που βασίζονται στην αυτενέργεια και πρωτοβουλία τους (Nunan, 1997).

Το σχολικό πλαίσιο αποτελεί βασική παράμετρο για την επιτυχή προώθηση της αυτόνομης μάθησης. Συγκεκριμένα, οφείλει πρώτον να στηρίζει τους εκπαιδευτικούς, στην προσπάθεια αυτή και να μην προβάλλει εμπόδια οποιασδήποτε φύσεως. Επιπλέον, πρέπει να βοηθάει τους μαθητές δίνοντας ευκαιρίες και τονίζοντας συνεχώς τη σημασία της αυτόνομης μάθησης, εστιάζοντας στην αναγκαιότητα να επιλέγουν οι μαθητές τα θέματα και τον τρόπο που θα μάθουν. Αυτό απαιτεί και τη σύνθεση, χρήση αλλά και αποτίμηση του κατάλληλου διδακτικού υλικού που δίνει ευκαιρίες στους μαθητές να οργανώνουν μαθησιακές διαδικασίες και να τις αποτιμούν (Meyer κα, 2010).

Με άλλα λόγια το διδακτικό υλικό είναι απαραίτητο αλλά από μόνο του δεν αρκεί. Υπάρχει επομένως αμφιβολία, αν το υλικό που προωθεί την αυτόνομη μάθηση, μπορεί να έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα όταν το πλαίσιο δεν βοηθά. Το υλικό οφείλει να σχεδιάζεται λαμβάνοντας υπόψη το γενικότερο πλαίσιο που θα πραγματοποιηθεί η παρέμβαση, κυρίως σε ότι αφορά το επίπεδο μαθητών, την εξοικειώσή τους με πρακτικές που προωθεί, τις απαιτούμενες δεξιότητες, αλλά και τις συνθήκες λειτουργίας του σχολείου (Mitchel, 1978; Reisner κα, 2003).

Η ΕΡΕΥΝΑ

Σκοπός της έρευνας

Η διερευνητική μάθηση στις Θετικές Επιστήμες και η αυτόνομη μάθηση έχουν αρκετά κοινά στοιχεία και μπορούν να συνδυαστούν, με τη βοήθεια του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού. Όμως, το υλικό που χρησιμοποιείται για την πρώτη είναι εστιασμένο σε στόχους και κριτήρια που έχουν καθοριστεί, ενώ το υλικό για τη δεύτερη οφείλει να είναι ευέλικτο ως προς τον γενικότερο προσανατολισμό του. Ανακύπτει λοιπόν η αναγκαιότητα να τεκμηριωθεί η χρησιμότητα ενός τέτοιου υλικού (γιατί να χρησιμοποιηθεί) αλλά και να εντοπισθεί και ο τρόπος χρήσης του (πώς να χρησιμοποιηθεί).

Η διερευνητική μάθηση περιλαμβάνει τον εντοπισμό του επιστημονικού ερωτήματος, την ανάλυσή του, που σημαίνει διασύνδεση με επιστημονικές έννοιες και φαινόμενα. Περιλαμβάνει επίσης την πραγματοποίηση δράσεων όπως αναζήτηση, ανάλυση, ανάλυση και επεξεργασία πηγών και πληροφοριών, εξαγωγή συμπερασμάτων και αποτίμηση της δράσης. Το σχετικό υλικό οφείλει να βασίζεται σε πρακτικές και θεωρίες σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού για Φυσικές Επιστήμες και Μαθηματικά,

οικοδόμηση γνώσεων, καλλιέργεια δεξιοτήτων, εξοικείωση με μεθοδολογία και υιοθέτηση στάσεων που ευνοούσαν τη διερευνητική μάθηση (Krajcik, κα 2008).

Η αυτόνομη μάθηση περιλαμβάνει ανάληψη πρωτοβουλίας, σχεδιασμό και υλοποίηση δράσεων μάθησης, που μπορεί να περιέχουν επίσης αναζήτηση, ανάλυση, επεξεργασία πηγών, διατύπωση νέας γνώσης και γενική αποτίμησή της μαθησιακής δράσης που σχεδιάστηκε. Στον σχεδιασμό του υλικού, οφείλει να λαμβάνεται υπόψη ο καθορισμός των κριτηρίων έγινε σύμφωνα με τις προϋποθέσεις που έχουν θέσει οι Luzon και Gonzales (2006), δηλαδή την καλλιέργεια κινήτρου, το συνδυασμό με στόχους του προγράμματος σπουδών, την εστίαση στο μαθητή ως κέντρο της μαθησιακής διαδικασίας και την ανάπτυξη σχετικών γνωστικών, μεταγνωστικών και συναισθηματικών δεξιοτήτων. Επίσης χρήζει προσοχής και η ιδιαιτερότητα της αυτόνομης μάθησης ως εξελισσόμενη διαδικασία, που περιλαμβάνει τον προσδιορισμό στόχων, τον προγραμματισμό την υλοποίηση δράσεων μάθησης και την αποτίμησή τους (Meyer, 2010).

Τα κοινά σημεία των δύο προσεγγίσεων είναι η ενεργός συμμετοχή των μαθητών στη διαδικασία. Αυτό περιλαμβάνει ανάπτυξη δεξιοτήτων αναζήτησης, επεξεργασίας πηγών, οικοδόμηση και παρουσίαση νέας γνώσης και μεταγνωστικές δεξιότητες. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να οδηγήσει στην υλοποίηση διερευνητικής μάθησης που περιλαμβάνει σχεδιασμό διερεύνησης από τους μαθητές τους ίδιους και αυτόνομης μάθησης που περιλαμβάνει και το στοιχείο της επιστημονικής διερεύνησης.

Σχεδιάστηκε επομένως μια έρευνα που είχε ως σκοπό την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού που σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε για την προώθηση της αυτόνομης μάθησης σε μαθητές δημοτικού, στο γνωστικό αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών. Στα πλαίσια της έρευνας αυτής εξετάστηκε υλικό δράσεων που αποσκοπούσαν 1) στο σχεδιασμό δράσεων από τους μαθητές, ως στοιχείο της αυτόνομης μάθησης 2) στην μάθηση μέσω έρευνας, ως στοιχείο της διερευνητικής μάθησης, στις Θετικές Επιστήμες, και 3) στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών, ως στοιχείο τόσο της αυτόνομης μάθησης, όσο και της διερευνητικής, (Krajcik, κα 2008; Meyer, 2010).

Το πλαίσιο της έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε πειραματικό δημοτικό σχολείο, όπου λειτουργεί ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών. Οι όμιλοι εφαρμόζονται στα Πρότυπα και Πειραματικά σχολεία, σύμφωνα με το νόμο 3966/2011. Απευθύνονται σε μαθητές με κλίση σε ένα γνωστικό αντικείμενο, όπως Φιλαναγνωσία, Φυσικές Επιστήμες, ή ένα άθλημα. Στο σχολείο της έρευνας ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών λειτουργεί για τρία χρόνια, από τη χρονιά 2013-14. Έχουν συμμετάσχει σ' αυτόν 42 μαθητές, με κλίση σε Φυσικές Επιστήμες, Μαθηματικά ή Θετικές Επιστήμες κατ' επέκταση. Η λειτουργία του έχει ως θεμέλιο τις σύγχρονες προσεγγίσεις διδακτικής Φυσικών Επιστημών, Μαθηματικών και Θετικών Επιστημών καθώς και τις προσεγγίσεις εκπαίδευσης ταλαντούχων και χαρισματικών παιδιών. Η συμμετοχή των παιδιών στον Όμιλο γίνεται με δική τους πρωτοβουλία και κατόπιν σχετικής αίτησης που συμπληρώνουν τα παιδιά με τους γονείς τους.

H Rinn (2012), ορίζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που καθιστούν τα παιδιά ως χαρισματικά, όπως κίνητρο, διάθεση για πειραματισμό και διερεύνηση, πρόθεση για συνεργατική δουλειά, για αντιμετώπιση προκλήσεων και για εμπάθυση στο αντικείμενο του ταλέντου τους.

Κάθε διδακτική παρέμβαση στον Όμιλο Φυσικών Επιστημών, πρέπει να προωθεί γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις που βοηθούν μαθητές να επιλύουν προβλήματα και να αποκτήσουν αυτοπεποίθηση και φιλοδοξία για να ασχοληθούν με τις Θετικές Επιστήμες και να συνεισφέρουν στο χώρο αυτόν (Subotnik et al, 2011; Ziegler et al, 2012). Η Mills (1993), υποστηρίζει ότι μαθητές με κλίση σε Θετικές Επιστήμες, προτιμούν να έχουν αυτονομία σε επιλογές σχετικά με το θέμα και τον τρόπο που θα μάθουν. Η προσέγγιση που ικανοποιεί την προϋπόθεση αυτή είναι η αυτόνομη μάθηση.

Οι λόγοι λοιπόν που επιλέχθηκε η προώθηση της αυτόνομης μάθησης στους μαθητές του Ομίλου ήταν δύο. Ο πρώτος ήταν ότι ο εκπαιδευτικός που αναλαμβάνει τον όμιλο έχει ευελιξία να επιλέξει την προσέγγιση που θα ακολουθήσει, χωρίς περιορισμούς από κάποιο προσχεδιασμένο πρόγραμμα σπουδών (Νόμος 3966/2011). Ο δεύτερος ήταν η συμβατότητα της συγκεκριμένης προσέγγισης με τις θεωρίες για την εκπαίδευση ταλαντούχων και χαρισματικών παιδιών (Mills, 1993; Subotnik et al, 2011; Rinn, 2012; Ziegler et al, 2012). Όπως είναι λοιπόν το πλαίσιο του ομίλου εξασφαλίζει δύο βασικές προϋποθέσεις των Luzon και Gonzales (2006) για την προώθηση αυτόνομης μάθησης. Η πρώτη είναι το κίνητρο, καθώς οι μαθητές που συμμετέχουν στον Όμιλο θέλουν να εμπιστευθούν στις Θετικές Επιστήμες. Η δεύτερη είναι η ευελιξία στο Πρόγραμμα Σπουδών, καθώς αυτό διαμορφώνεται από τον εκάστοτε υπεύθυνο του Ομίλου, χωρίς περιορισμούς από το γενικότερο πλαίσιο του σχολείου που θα μπορούσαν να αποτελέσουν εμπόδιο για την προώθηση αυτόνομης μάθησης (Mitchel, 1978).

Το διδακτικό υλικό που ερευνήθηκε

Οι μαθητές πραγματοποίησαν ομαδικές δράσεις σχεδιασμού διερευνητικής διαδικασίας από τους ίδιους, αυτόνομα. Αυτές μπορεί να είχαν σχέση με σχεδιασμό πειράματος, όπως ο ρόλος του φωτός στην ανάπτυξη φυτών, ο ρόλος του υλικού στη διάδοση θερμότητας. Μπορεί να είχε σχέση με περιβαλλοντικό θέμα όπως ο Μαυροπετρίτης, το γεράκι του αιγαίου και η εξέλιξη του πληθυσμού του, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τα ζώα υπό εξαφάνιση.

Οι μαθητές χρησιμοποίησαν ως υλικό, ένα σύνολο φύλλων εργασίας που εστίαζαν σε βασικά σημεία γνώσεων και δεξιοτήτων, όπως προτείνεται για την αυτόνομη μάθηση (Dam, 2011). Στην αρχή είχαν εικόνες, κείμενα, ερωτήσεις που αφορούσαν τον προσδιορισμό θέματος ή ερωτήματος, διατύπωση υπόθεσης και τις ιδέες ή αντιλήψεις των μαθητών. Υπήρχαν και δράσεις που περιλάμβαναν απλά σχέδια ή σκίτσα. Για παράδειγμα στη δράση για τα ζώα υπό εξαφάνιση, τους δόθηκε σχετικό μικρό κείμενο από ιστοσελίδα ενημερωτική. Σε άλλες περιπτώσεις προβλήθηκε ταινία μικρού μήκους. Μέσα από αυτές, εξηγήσαν τα παιδιά το θέμα που θα μελετήσουν, τις ιδέες, αντιλήψεις ή υποθέσεις για αυτό. Έκαναν ανάλυση του θέματος σε επιμέρους σχετικές έννοιες, και στα θέματα της καθημερινότητας που εφαρμόζεται. Οι ερωτήσεις αυτές εξυπηρετούσαν τον

προσανατολισμό των μαθητών προς τη διερευνητική μάθηση (Reisner κα 2003; Krajcik, κα 2008).

Στη συνέχεια υπήρχαν ερωτήσεις που αφορούσαν ακριβώς τις μαθησιακές δράσεις όπως θα τις οργάνωναν οι μαθητές. Οι ερωτήσεις αυτές, αφορούσαν πρωτίστως πηγές πληροφοριών που θα χρησιμοποιούσαν και τον τρόπο που θα τις προσεγγίζαν. Οι ερωτήσεις αυτές αποσκοπούσαν στην παρακολούθηση ανάπτυξης πρωτοβουλίας, γνωστικών και διαχειριστικών δεξιοτήτων που χρειάζεται ένα άτομο, ώστε να εξοικειωθεί με την αυτόνομη μάθηση (Luzon & Gonzales, 2006; Meyer, 2010).

Τέλος, υπήρχαν ερωτήσεις που αφορούσαν την αποτίμηση της συγκεκριμένης δραστηριότητας από τους μαθητές. Τέτοιες ερωτήσεις μπορεί να ήταν *‘τι έμαθα από την εργασία μου;’,* ή κάποιες έμμεσες όπως *‘μπορείς να σκεφτείς κάτι που έμαθες από αυτήν την εργασία, που θα χρησιμοποιήσεις και σε άλλες;’* Η αποτίμηση γινόταν σε αντιπαραβολή με τους αρχικούς στόχους που είχαν θέσει οι μαθητές, σε σχέση με αυτά που ήθελαν και έμαθαν καθώς και τον τρόπο με τον οποίο εργάστηκαν. Οι ερωτήσεις αυτές αποσκοπούσαν στην παρακολούθηση της ανάπτυξης των μεταγνωστικών δεξιοτήτων που επίσης χρειάζονταν για την αυτόνομη μάθηση (Luzon & Gonzales, 2006; Meyer, 2010). Επίσης υπήρχαν ερωτήσεις που αποσκοπούσαν στη διασύνδεση γνώσεων που οικοδόμησαν οι μαθητές με ευρύτερα ζητήματα και με νέα θέματα που θα ήθελαν διερευνήσουν. Αυτό ήταν απαραίτητο για τη διερευνητική μάθηση (Reisner κα 2003; Krajcik, κα 2008).

Όπως προτείνεται για την προώθηση της αυτόνομης μάθησης, στην αρχή υπάρχει καθοδήγηση στα παιδιά για τη χρήση, συμπλήρωση του υλικού και το σχεδιασμό των δράσεων, η οποία όμως περιορίζεται, ώστε σταδιακά οι μαθητές να είναι σε θέση να σχεδιάζουν αυτόνομα (Luzon & Gonzales, 2006; Meyer, 2010).

Οι ερωτήσεις έρευνας

Η εργασία αυτή διερευνά την αποτελεσματικότητα εκπαιδευτικού υλικού στο μάθημα των Θετικών Επιστημών για τη διδασκαλία της αυτόνομης μάθησης. Το υλικό αυτό οφείλει να εστιάζεται στη διερευνητική μάθηση, με βάση κριτήρια και πρακτικές αυτών των γνωστικών αντικειμένων (Krajcik, κα 2008). Η προώθηση της αυτόνομης μάθησης είναι μια εξελικτική διαδικασία. Εστιάζεται στην απόκτηση γνωστικών, μεταγνωστικών και συναισθηματικών δεξιοτήτων, σχεδιασμού, υλοποίησης και αποτίμησης διδακτικών δράσεων με πρωτοβουλία μαθητών (Luzon & Gonzales, 2006). Ως διδακτικό υλικό επιλέχθηκαν φύλλα εργασίας και συγκεντρωτικός φάκελος δράσεων και σημειώσεων, που αξιοποιείται στην αυτόνομη μάθηση (Dam, 2011), αλλά δεν είναι τόσο εστιασμένο όσο αυτό που απαιτεί η διερευνητική (Krajcik, κα 2008). Επιδιώκεται η αποτίμησή του ώστε να διεκπεραιωθεί γιατί και πώς μπορεί να αξιοποιηθεί σε γνωστικά αντικείμενα Θετικών Επιστημών.

Η αποτίμηση του διδακτικού υλικού και της χρησιμότητάς του γίνεται με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, που βασίζονται στους στόχους του υλικού και της διδακτικής παρέμβασης (Reisner κα 2003). Στόχος του υλικού ήταν ο σχεδιασμός μαθησιακών δράσεων από τους μαθητές (Nunan, 1997). Άλλος στόχος ήταν η υποστήριξη υλοποίησης

διερευνητικών και επιστημονικών δράσεων (Krajcik κα, 2008). Τέλος στόχος του υλικού ήταν και προώθηση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών (Reisner κα 2003; Krajcik, κα 2008). Επομένως, για να διαπιστωθεί αν το διδακτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν κατάλληλο, πρέπει να απαντηθούν οι παρακάτω ερωτήσεις:

- 1) Βοήθησε το υλικό τους μαθητές να σχεδιάσουν μαθησιακές δράσεις;
- 2) Υποστήριξε το υλικό την υλοποίηση διερευνητικής διαδικασίας;
- 3) Ενίσχυσε το υλικό την ενεργό συμμετοχή των μαθητών;

Μεθοδολογία της έρευνας

Η συγκεκριμένη έρευνα είναι ποιοτική. Σκοπό δεν έχει να επιβεβαιώσει στατιστικά μια προδιατυπωμένη υπόθεση, όπως γίνεται στην ποσοτική έρευνα, αλλά την επίδραση και αποτελεσματικότητα εκπαιδευτικού υλικού σε παιδιά σε συγκεκριμένο πλαίσιο. Ο σκοπός (γιατί και πώς να χρησιμοποιηθεί το υλικό) και το πλαίσιο εφαρμογής, κατατάσσουν την έρευνα στην κατηγορία της μελέτης περίπτωσης. Στη μελέτη περίπτωσης, τεχνικές συλλογής πληροφοριών μπορεί να είναι συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, παρατήρηση, ανάλυση σημειώσεων ή βιογραφίες. Η επιλογή τεχνικών γίνεται ανάλογα με τους στόχους, το αντικείμενο και τις ερωτήσεις της έρευνας. Για τη συγκεκριμένη, καταλληλότερες ήταν η ανάλυση σημειώσεων των μαθητών καθώς και οι ομαδικές ημι-δομημένες συνεντεύξεις και οι παρατηρήσεις. Οι εργασίες των μαθητών συλλέχθηκαν και καταγράφηκαν. Οι συνεντεύξεις και οι παρατηρήσεις απομαγνητοφωνήθηκαν και αναλύθηκαν. Η χρήση του συνδυασμού διαφορετικών τεχνικών συλλογής δεδομένων, που είναι γνωστή σαν διαδικασία ‘τριγωνοποίησης’, ενισχύει την εγκυρότητα των πληροφοριών και των συμπερασμάτων της έρευνας (Cohen κα, 2011).

Για την απάντηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος, δόθηκε έμφαση σε δράσεις του υλικού που αναφέρονται σε διαστάσεις πρωτοβουλίας και σχεδιασμού. Εξετάστηκε πρώτον αν οι μαθητές με το υλικό, κατάφεραν να προσδιορίσουν τους στόχους και τις πηγές που χρησιμοποιούσαν, και δεύτερον αν σχεδίαζαν δράσεις που θα ακολουθούσαν. Στις συνεντεύξεις υπήρχαν ερωτήσεις όπως ‘τι έχεις σκοπό να κάνεις;’, ‘πώς θα μάθεις γι’ αυτό το θέμα;’ ‘Πού θα βρεις πληροφορίες;’ Τέτοια δεδομένα συσχετίζονται με την προώθηση δεξιοτήτων αυτόνομης μάθησης (Meyer κα, 2010).

Για την απάντηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος, δόθηκε έμφαση σε δράσεις του υλικού που αφορούν τις διαστάσεις διερευνητικής διαδικασίας και επιστημονικής μεθοδολογίας. Εξετάστηκε πρώτον αν οι μαθητές με το υλικό κατάφεραν να εντοπίσουν έννοιες ή φαινόμενα, και διατυπώνουν αντιλήψεις, υποθέσεις. Δεύτερον, εξετάστηκε αν διατύπωσαν εφαρμογές της νέας γνώσης. Στις συνεντεύξεις, υπήρχαν ερωτήσεις όπως ‘με ποιο από τα θέματα που μάθαμε νομίζεις έχει σχέση αυτό;’, ‘Τι νομίζεις ότι θα γίνει εδώ;’ ‘Πώς θα δουλέψεις για να κάνεις το πείραμα;’ Τέτοια δεδομένα συσχετίζονται με την προώθηση δεξιοτήτων διερευνητικής μάθησης (Krajcik, κα 2008).

Τέλος, για την απάντηση του τρίτου ερωτήματος, δόθηκε έμφαση σε δράσεις του υλικού σχετικά με τις διαστάσεις της ενεργού συμμετοχής των παιδιών. Εξετάστηκε πρώτον αν οι μαθητές με το υλικό κατάφεραν να επεξεργαστούν πηγές και πληροφορίες για την οικοδόμηση νέας γνώσης, καθώς και δεύτερον αν καλλιέργησαν μεταγνωστικές

δεξιότητες. Σχετικές ερωτήσεις στις συνεντεύξεις ήταν ‘μπορείς να περιγράψεις τι έκανες και τι έμαθες;’, ‘τι θα ήθελες να κάνεις καλύτερα;’

Το θέμα κάθε ερώτησης καθώς και οι διαστάσεις του διαφέρουν. Όμως αντιμετωπίζονται μέσα από ένα κοινό τρίπτυχο πρίσμα. Ακολουθώντας τις αρχές αποτίμησης διδακτικού υλικού, κάθε ερώτηση εξετάζει κατά πόσο το υλικό:

- i) ανταποκρίνεται στους στόχους, δηλαδή βοηθάει την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος,
- ii) είναι προσαρμοσμένη στο πλαίσιο όπου χρησιμοποιείται, δηλαδή εάν οι μαθητές στους οποίους απευθύνεται έχουν αναπτύξει τις προαπαιτούμενες γνωστικές, συναισθηματικές και κάθε είδους δεξιότητες, η τις αναπτύσσουν με τη βοήθειά του και
- iii) βοηθά την αποτίμηση δράσης πάντα σε σχέση με το θέμα της ερώτησης και τις διαστάσεις. Αυτές οι πτυχές είναι αλληλένδετες (Reisner κα 2003).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1^ο ερευνητικό ερώτημα

Σε ότι αφορά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το υλικό ήταν καλά σχεδιασμένο ώστε να παρακινεί τους μαθητές να πάρουν πρωτοβουλία για την οργάνωση των μαθησιακών δράσεων που θα υλοποιήσουν. Όμως παρατηρήθηκαν αδυναμίες στο σχεδιασμό δράσεων.

Σε σχέση με τη διάσταση της πρωτοβουλίας, ως προς τους στόχους, οι περισσότεροι μαθητές έδειξαν με τις συνεντεύξεις τους, αλλά και τις απαντήσεις και σημειώσεις τους, πώς μπόρεσαν να διατυπώσουν στόχους και σχέδια δράσεων. Επίσης μπόρεσαν να εντοπίσουν πηγές για πληροφορίες που θα αξιοποιούσαν. Για παράδειγμα στην δραστηριότητα για τα ζώα υπό εξαφάνιση απαντούσαν «*Το πρόβλημα είναι πώς κάποια ζώα χάνονται.... Πρέπει να δούμε τι φταίει... Θα ψάξουμε στο ίντερνέτ*». Το υλικό, όπως ήταν σχεδιασμένο, τους βοήθησε να πάρουν πρωτοβουλία για το θέμα το οποίο θα μελετούσαν για να μάθουν. Ως προς το πλαίσιο, οι δράσεις ήταν προσαρμοσμένες στο επίπεδό τους, καθώς τα παιδιά μπορούσαν να διατυπώσουν απαντήσεις σχετικές (Reisner κα 2003; Meyer κα, 2010). Ως προς την αποτίμηση, έγινε χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες. Επομένως το υλικό, ευνοεί την προϋπόθεση της ανάληψης πρωτοβουλίας από τους μαθητές (Luzon & Gonzales, 2006).

Υπήρχε όμως δυσκολία στη διάσταση προσδιορισμού του σχεδίου και των συγκεκριμένων επιμέρους βημάτων που θα ακολουθούσαν οι μαθητές, ώστε να ολοκληρώσουν αυτόνομα τη μαθησιακή τους δράση. Ως προς τους στόχους, ενώ πολλοί μαθητές έδιναν απαντήσεις γενικές, όπως ‘*θα ψάξω στο ίντερνετ*’, σαν πρώτο βήμα, δεν εμβάθυναν περισσότερο στα επόμενα βήματα, που αφορούσαν συλλογή και επεξεργασία πληροφοριών. Όταν ρωτούνταν ‘*τι ακριβώς θα ψάξεις στο ίντερνετ;*’ Έδιναν γενικές και ασαφείς ερωτήσεις όπως ‘*θα δω τι γράφει*’. Ως προς το πλαίσιο διαπιστώνεται δυσκολία καθώς, η παραπάνω αδυναμία ίσως οφείλεται στην έλλειψη γενικότερης εξοικείωσης των μαθητών με τέτοιου είδους υλικό και δράσεις. Παράλληλα, ως προς την αποτίμηση,

υπήρχε δυσκολία καθώς συχνά, οι δράσεις που περιέγραφαν δεν εστιάζονταν στο συγκεκριμένο θέμα που επέλεγαν να εξετάσουν και έδειχναν να χάνουν τον προσανατολισμό τους. Ο στόχος λοιπόν της οργάνωσης δράσεων δε βοηθήθηκε αρκετά από το συγκεκριμένο υλικό. (Nunan, 1997; Luzon & Gonzales, 2006; Meyer κα, 2010; Dam, 2011).

Συνοπτικά λοιπόν, το υλικό ανταποκρίθηκε στους στόχους για παρακίνηση πρωτοβουλίας των μαθητών. Ωστόσο δεν βοήθησε αρκετά την διατύπωση, αποτίμηση, ίσως και την προώθηση οργάνωσης δράσεων, που έχει ιδιαίτερη σημασία για την αυτόνομη μάθηση (Meyer κα, 2010).

2^ο ερευνητικό ερώτημα

Σχετικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, όπως φάνηκε από τα δεδομένα, το υλικό βοήθησε την υλοποίηση και αποτίμηση των στοιχείων προεργασίας διερευνητικής και επιστημονικής διαδικασίας.

Πράγματι ως προς τους στόχους, το υλικό βοήθησε αρκετά τη διάσταση προσδιορισμού και προσέγγισης της έννοιας ή του φαινομένου που εξετάζοταν. Τα περισσότερα παιδιά εντόπισαν με ποιες έννοιες συσχετιζόταν. Για παράδειγμα στην εργασία για το Μαυροπετρίτη, οι μαθητές τόνισαν ότι οι πληθυσμοί του έχουν σχέση με τροφή, θερμοκρασία και κινδύνους του περιβάλλοντος. Παράλληλα, εξέφρασαν υποθέσεις και αντιλήψεις που είχαν σχέση με την εξέλιξη του πληθυσμού του, όπως *‘φέτος που το καλοκαίρι θα είναι πιο ζεστό θα έχει πιο πολλούς Μαυροπετρίτες’*. Στο πείραμα για το ρόλο του υλικό στην αγωγιμότητα, μπόρεσαν να υποθέσουν ποια υλικά θα θερμαίνονται περισσότερο. Ως προς το πλαίσιο, φάνηκε ότι το υλικό ήταν κατάλληλα διαμορφωμένο. Δεν παρουσιάστηκε δυσκολία από την πλευρά των μαθητών να διατυπώσουν στο υλικό, αντιλήψεις και υποθέσεις. Ως προς την αποτίμηση των απαντήσεων υπήρχε ιδιαίτερη δυσκολία. Επομένως το υλικό βοήθησε τη διάσταση ανάλυσης φαινομένου και εννοιών. Αυτό συμβάλει στην ομαλή διεξαγωγή διερευνητικής μάθησης (Driver κα, 1996; Krajcik, κα 2008).

Παρουσιάστηκε ωστόσο ιδιαίτερη δυσκολία για τους πιο πολλούς μαθητές στη διάσταση της εφαρμογής σε συγκεκριμένες εργασίες. Ως προς τους στόχους, η χρήση κυρίως ερωτήσεων ανοιχτού τύπου (Dam, 2011), δε φάνηκε να βοηθά τη διατύπωση και την κατανόηση από την πλευρά των μαθητών της σημασίας και εφαρμογής που έχει η νέα γνώση και τα θέματα της καθημερινής ζωής στα οποία θα μπορούσε να βοηθήσει. Υπήρχαν εργασίες όπου μπόρεσαν να διατυπώσουν και να αναπτύξουν περιπτώσεις εφαρμογής, όπως στην εργασία για το Μαυροπετρίτη. Ως προς το πλαίσιο, ενώ σε εργασίες όπως η αγωγιμότητα υλικών, δυσκολεύτηκαν να διατυπώσουν περιπτώσεις εφαρμογής, ορισμένες φορές διατύπωναν σε συνεντεύξεις τέτοιες απαντήσεις. Αυτό ίσως υποκρύπτει δυσκολία, όχι να εντοπίσουν την απάντηση αλλά να τη διατυπώσουν στο φύλλο εργασίας (Cohen κα, 2011; Dam, 2011). Ως προς την αποτίμηση των δράσεων, υπήρχαν εμπόδια εξαιτίας της παραπάνω δυσκολίας. Το υλικό λοιπόν, δεν ανταποκρίθηκε στους στόχους αυτής της διάστασης, καθώς μάλλον δεν ήταν προσαρμοσμένο στις

δεξιότητες μαθητών και το πλαίσιο στο οποίο έχουν μάθει να εργάζονται, συνεπώς δε βοήθησε και την αποτίμηση.

Το συγκεκριμένο υλικό επομένως βοήθησε την ανάλυση των εννοιών και των φαινομένων, αλλά όχι πάντα την εφαρμογή της νέας γνώσης. Συνεισφέρει επομένως μερικώς στην υλοποίηση διερευνητικής μάθησης (Reisner κα 2003; Krajcik, κα 2008).

3^ο ερευνητικό ερώτημα

Σχετικά με το τρίτο ερώτημα, τη δυνατότητα του υλικού να προωθήσει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών, τα αποτελέσματα ήταν γενικά θετικά. Παρουσιάστηκαν ωστόσο και στο θέμα αυτό σημεία που μπορούν να βελτιωθούν.

Σε σχέση με τη διάσταση της επεξεργασίας πηγών και πληροφοριών, το υλικό βοήθησε αρκετά. Ως προς τους στόχους και το πλαίσιο, οι περισσότεροι μαθητές μέσα από το υλικό έδειξαν εξοικείωση με τον τρόπο που μελετούσαν πηγές, αντλούσαν πληροφορίες και πειραματιζόνταν ώστε να εξάγουν συμπέρασμα, να οικοδομήσουν νέα γνώση. Μπόρεσαν να διατυπώσουν και να ανταλλάξουν ευρήματα, ιδέες με τους άλλους μαθητές. Υπήρχαν πολλές φορές και στις συνεντεύξεις απαντήσεις όπου πολλοί μαθητές έδωσαν εξηγήσεις όπως *‘θέλω να το σχεδιάσω, όπως έμαθα στην προηγούμενη εργασία’* δείχνοντας διασύνδεση στον τρόπο που προσεγγίζουν τα θέματα, όπως απαιτείται στη ανάλυση πληροφοριών. Ως προς την αποτίμηση, δεν υπήρχαν εμπόδια. Το υλικό επομένως βοήθησε την επίτευξη το στόχου της επεξεργασίας πηγών και ήταν προσαρμοσμένο στις δυνατότητες και δεξιότητες των παιδιών σχετικά μ’ αυτόν (Krajcik, κα 2008; Meyer κα, 2010).

Δεν ήταν όμως εξίσου ενθαρρυντικά τα αποτελέσματα στην ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Ως προς τους στόχους, απαντώντας σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, αρκετοί μαθητές φάνηκε να μην εστιάζονται τόσο στον τρόπο που άλλαξαν οι γνώσεις, αντιλήψεις τους, μέσα από τη διαδικασία αυτή. Έδωσαν προσοχή σε άλλα θέματα, όπως το πείραμα που μπορεί να έκαναν ή μεμονωμένα μια πηγή ή πληροφορία που επεξεργάστηκαν. Ως προς το πλαίσιο, δεν είναι ξεκάθαρο, αν αυτό αποτελεί αδυναμία του συγκεκριμένου υλικού να καλύψει το θέμα της ανάπτυξης μεταγνωστικών δεξιοτήτων γενικά ή ασυμβατότητα με το πλαίσιο και τις δεξιότητες των μαθητών που το χρησιμοποιούν, καθώς οι μαθητές ακόμα και στις συνεντεύξεις δεν έδειξαν πάντα ιδιαίτερη εξοικείωση με μεταγνωστικές διαδικασίες. Ως προς την αποτίμηση, υπήρχε επίσης δυσκολία για τον προηγούμενο λόγο (Luzon & Gonzales, 2006; Krajcik, κα 2008).

Επομένως το υλικό στήριξε ομαλά τη διάσταση της επεξεργασίας πληροφοριών και πηγών από τους μαθητές. Ωστόσο, δεν στήριξε αρκετά τη διάσταση της καλλιέργειας της μεταγνώσης. Αυτό σημαίνει ότι προώθησε την ενεργό συμμετοχή των μαθητών ως ένα βαθμό (Reisner κα 2003; Luzon & Gonzales, 2006; Krajcik, κα 2008; Meyer κα, 2010).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η αποτίμηση του σχεδιασμού του εκπαιδευτικού υλικού στο γνωστικό αντικείμενο των Θετικών Επιστημών για την

προώθηση της αυτόνομης μάθησης. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά οφείλει να ικανοποιεί τις προϋποθέσεις που θέτουν κριτήρια για το συγκεκριμένο μάθημα, με τη βοήθεια κατάλληλων πρακτικών. Αυτό γίνεται με τη την προώθηση και καλλιέργεια της διερευνητικής μάθησης, εστιασμένοι συγκεκριμένες έννοιες και δεξιότητες (Krajcik, κα 2008). Η αυτόνομη μάθηση με τη σειρά της απαιτεί την καλλιέργεια δεξιοτήτων που θα βοηθήσουν τους μαθητές να σχεδιάζουν με δική τους πρωτοβουλία, να υλοποιούν και να αποτιμούν μαθησιακές δράσεις (Meyer κα, 2010). Το εκπαιδευτικό υλικό που προωθεί την αυτόνομη μάθηση εστιάζεται στην ανάπτυξη δεξιοτήτων περισσότερο (Dam, 2011). Ανακύπτει λοιπόν το ερώτημα, αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί υλικό που προωθεί την αυτόνομη μάθηση, το οποίο να προωθεί και την ανάπτυξη διερευνητικής μάθησης, ώστε να αξιοποιηθεί σε γνωστικά αντικείμενα Θετικών Επιστημών.

Οι δύο μαθησιακές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν ενεργό συμμετοχή μαθητών με τις διαστάσεις επεξεργασίας πληροφοριών και μεταγνώσης (Krajcik, κα 2008; Meyer κα, 2010). Η αυτόνομη μάθηση εμπεριέχει και τις διαστάσεις της πρωτοβουλίας των μαθητών και της διοργάνωσης δράσεων από τους ίδιους (Meyer κα, 2010). Η διερευνητική μάθηση περιλαμβάνει και τη διάσταση της ανάλυσης εννοιών και εφαρμογής νέας γνώσης (Krajcik, κα 2008).

Με βάση τα παραπάνω σχεδιάστηκε μια μελέτη περίπτωσης για να αξιολογήσει 'γιατί' και 'πώς' (Cohen κα, 2011) μπορεί να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένου εκπαιδευτικού υλικού που θα βοηθούσε παιδιά δημοτικού να αναπτύξουν τις απαιτούμενες δεξιότητες ώστε να μαθαίνουν αυτόνομα στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών. Το πλαίσιο έρευνας ήταν ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών, ενός δημοτικού σχολείου, που απαρτίζεται από μαθητές με κλίση στις Θετικές Επιστήμες. Στα πλαίσια του Ομίλου ο εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει τις προσεγγίσεις και το υλικό που θα χρησιμοποιήσει, χωρίς περιορισμούς. Υπήρχε λοιπόν στον Όμιλο το κατάλληλο κλίμα για την έρευνα (Luzon & Gonzales, 2006; Krajcik, κα 2008; Meyer κα, 2010; Νόμος 3966/2011).

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το συγκεκριμένο υλικό βοήθησε την ανάπτυξη της πρωτοβουλίας των μαθητών, της επεξεργασίας και ανάλυσης εννοιών και φαινομένων, και της επεξεργασίας πηγών ή πληροφοριών. Δε βοήθησε όμως την ανάπτυξη δεξιοτήτων οργάνωσης δράσεων, την εφαρμογή νέας γνώσης και τις μεταγνωστικές διαδικασίες. Τόσο η αυτόνομη μάθηση, όσο και η διερευνητική μάθηση, αναπτύχθηκαν έστω μερικώς. Γενικά το υλικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθώς ήταν σχετικά χρήσιμο, ως απάντηση στο 'γιατί'. Όμως υπάρχουν σημεία που επιδέχονται βελτίωση (Luzon & Gonzales, 2006; Krajcik, κα 2008; Meyer κα, 2010), που μπορεί να γίνει με περισσότερο εστιασμένες ερωτήσεις σε συγκεκριμένα σημεία, πάντα σε αντιπαράβολή με το πλαίσιο και της ήδη διαμορφωμένες δεξιότητες των μαθητών, ως απάντηση στο 'πώς'

Πριν βέβαια γενικευτούν τα συμπεράσματα αυτά είναι απαραίτητο να τονισθεί ότι η συγκεκριμένη έρευνα αποτελούσε ακριβώς μελέτη περίπτωσης ενός σε συγκεκριμένου σχολείου, με συγκεκριμένο αριθμό μαθητών (Cohen κα, 2011). Επιπλέον,

οφείλει να ληφθεί υπόψη η ιδιαιτερότητα του πλαισίου του Ομίλου που εξασφάλιζε προϋποθέσεις όπως το κίνητρο των παιδιών, η πρόθεση για ενασχόληση και η ευελιξία στην επιλογή στοχοθεσίας και διδακτικής παρέμβασης που ευνοούσαν την εφαρμογή δράσεων για την αυτόνομη μάθηση (Mills, 1993; Luzon & Gonzales, 2006; Krajcik, κα 2008; Meyer κα, 2010; Subotnik et al, 2011; Νόμος 3966/2011; Rinn, 2012; Ziegler et al, 2012)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά συναδέλφους, μαθητές, γονείς, συνεργάτες για την υποστήριξη που πρόσφεραν στη δουλειά του Ομίλου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in education*. 7th Ed. London: Routledge.
- Dam, L. (2011) Developing Learner Autonomy with School Kids: Principles, practices, results. In D. Gardner (eds.), *Fostering Autonomy in Language Learning* (pp. 40-52). Gaziantep: Zirve University. <http://ilac2010.zirve.edu.tr>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P., (1996). *Young Peoples' Images of Science*. London: Open University Press.
- Guthrie, S.H., Johnson, S.M., Pfaff, M.E. & Hildebrandt, I.E., (2012). *Selection, Evaluation and Adoption of Instructional Materials*. <https://www.carrollk12.org>
- Holec, H., (1981). *Autonomy and foreign language learning*. Oxford: Pergamon
- Kesidou, S., & Roseman, J. E. (2002). How well do middle school science programs measure up? Findings from Project 2061's curriculum review. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 522-549.
- Krajcik, J., McNeill, K.L. & Reiser, B.J., (2008). Learning-Goals-Driven Design Model: Developing Curriculum Materials that Align with National Standards and Incorporate Project-Based Pedagogy. *Science Education*, 92(1), 1-32.
- Luzon, M.J. & Gonzalez, M.I., (2006). Using the internet to promote autonomous learning in ESP. In: Arno, E., Soler, A., Rueda, C (Εκδ.), *Information Technologies in Language for Specific Purposes* (pp. 177-190). Issues and Prospects. Springer, New York.
- Meyer, W.R., (2010). *Independent Learning: Literature Review and a New Project*. <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/193305.pdf> .
- Mitchel, D.A., (1978). The Production for Criteria for Evaluating Science Curriculum Materials with Specific Reference to Materials for Inquiry and the Application of these Criteria to Chemistry Curriculum Materials. *Research in Science Education*, 8, 59-69.
- Mills, C.J., (1993) Personality, Learning Style and Cognitive Style Profiles of Mathematically Talented Students, *European Journal of High Ability*, 4 (1), σελ. 70-85.

- Nunan, D. (1997). Designing and adapting materials to encourage learner autonomy. In P. Benson and P. Voller (eds.). *Autonomy and Independence in Language Learning*, (pp. 193-203) London, Longman.
- Reiser, B. J., Krajcik, J., Moje, E., & Marx, R. (2003, March). Design strategies for developing science instructional materials. In *annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, PA*. <http://www.umich.edu/>
- Rin, A., (2012). Implications for Addressing the Psychosocial Needs of Gifted Individuals : A Response to Subotnik, Olszewski-Kubilius, & Worrell (2011). *Gifted Child Quarterly*, 56 (4), 206-209.
- Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P., & Worrell, F. C. (2011). Rethinking giftedness & gifted education: a proposed direction forward based on psychological science. *Psychological Science in the Public Interest*, 12, 3-54.
- Ziegler, A., Stoeger H. & Vialle W. (2012). Giftedness and gifted education: the need for a paradigm change. *Gifted Child Quarterly*, 56 (4), 194-197.
- NOMOS 3966/2011. *Θεσμικό πλαίσιο των Πρότυπων Πειραματικών Σχολείων, Ίδρυση Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Οργάνωση του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ» και λοιπές διατάξεις*. 24 Μαΐου 2011, Αρ. Φύλλου 188.

Οι επιστημονικές πρακτικές των φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου: η περίπτωση της σχεδίασης έρευνας

Χριστίνα Λούτση¹ & Μιχαήλ Σκουμιός²

¹ ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, xristinaloutsi@hotmail.com

² ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εστιάζεται στη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας. Ως ερευνητικό εργαλείο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το γραπτό ερωτηματολόγιο, δομημένο με ανοικτού τύπου ερωτήσεις. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από 94 τεταρτοετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Διαμορφώθηκαν κλίμακες διαβαθμισμένων κριτηρίων για την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των φοιτητών σε επίπεδα και προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητές τους. Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε να αποτυπωθούν οι πρακτικές των φοιτητών που αφορούν στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων και υποθέσεων, στον έλεγχο των μεταβλητών και στη περιγραφή πειραματικών διαδικασιών. Διαπιστώθηκε ότι ένα μεγάλο μέρος των φοιτητών δεν έχει αναπτυγμένες αυτές τις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επιστημονικές πρακτικές, σχεδίαση έρευνας, διδασκαλία Φυσικών Επιστημών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχει αναγνωριστεί ευρέως η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών τόσο στους μαθητές και όσο και στους φοιτητές (μελλοντικούς εκπαιδευτικούς) και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NGSS Lead States, 2013). Η ενεργός εμπλοκή τους με επιστημονικές πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών και να προκαλέσει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους (Duschl et al., 2007).

Ειδικότερα, είναι αναγκαίο οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί να έχουν εξοικειωθεί και να έχουν κατανοήσει σε βάθος τις επιστημονικές πρακτικές και να μπορούν να τις εντάξουν στις διδασκαλίες τους ώστε οι μαθητές τους να χρησιμοποιούν αυτές τις

πρακτικές. Η παρούσα εργασία εστιάζεται στη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των φοιτητών (μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης) που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας.

ΟΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Ο όρος επιστημονικές πρακτικές έχει προταθεί από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ και αναφέρεται στις βασικές πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο (NRC, 2012). Τα τελευταία τρία χρόνια τείνει να χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες έρευνας. Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Η παρούσα εργασία περιορίζεται στην επιστημονική πρακτική που αφορά στη σχεδίαση έρευνας. Μέσα από τη χρήση αυτής της πρακτικής επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί: (α) να διατυπώνουν ερωτήματα (που να μπορούν να ερευνηθούν), (β) να διατυπώνουν υποθέσεις, (γ) να αναγνωρίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή, (δ) να αναγνωρίζουν την εξαρτημένη μεταβλητή, (ε) να αναγνωρίζουν τις μεταβλητές ελέγχου και (στ) να επινοούν και να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν προκειμένου να απαντήσουν σε ένα ερώτημα (NRC, 2012).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Οι δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών των μαθητών έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης. Προέκυψε ότι οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες που σχετίζονται με τη αναγνώριση ερευνητικών ερωτημάτων και υποθέσεων, τον έλεγχο των μεταβλητών και την επινόηση και περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας που πρέπει να ακολουθηθεί (Chen & Klahr, 1999; Duggan & Gott, 2000; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 2007).

Επίσης, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες με εκπαιδευτικούς που εστιάζονται σε ζητήματα διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών μέσω έρευνας (inquiry science teaching and learning) (Boardman & Zembal-Saul, 2000; Dana, Boardman, Friedrichsen, Taylor, & Zembal-Saul, 2000; Zembal & Oliver, 1998), στις αντιλήψεις τους για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Gao, 2002) και στο ενδιαφέρον και την εξοικείωσή τους με δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών (Mbewe, Chabalengula, & Mumba, 2010). Όμως, στο πεδίο των δεξιοτήτων επιστημονικών διαδικασιών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που εστιάζει στην κατανόηση αυτών των δεξιοτήτων από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Chabalengula, Mumba, & Mbewe, 2012). Οι Chabalengula, Mumba και Mbewe (2012), διαπίστωσαν ότι είναι περιορισμένη η κατανόηση των δεξιοτήτων επιστημονικών διαδικασιών από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Επιπρόσθετα, αξίζει να αναφερθεί ότι στις έρευνες για τις δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών των μαθητών και των εκπαιδευτικών ως μέσο συλλογής δεδομένων έχει χρησιμοποιηθεί το ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν, με ανοιχτού τύπου ερωτήσεις, τις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας των μελλοντικών εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας.

Ειδικότερα, επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα. Είναι ικανοί οι φοιτητές να: (α) διατυπώνουν ερωτήματα προς έρευνα; (β) διατυπώνουν υποθέσεις; (γ) αναγνωρίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή; (δ) αναγνωρίζουν τις μεταβλητές ελέγχου; (ε) αναγνωρίζουν την εξαρτημένη μεταβλητή; (στ) περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των φοιτητών (πιλοτική έρευνα). Στη δεύτερη φάση το τελικό ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε εφαρμόστηκε σε φοιτητές. Στη τρίτη φάση, αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων, έγινε η ανάλυση των δεδομένων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων. Στην έρευνα συμμετείχαν 94 τεταρτοετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αιγαίου στη Ρόδο.

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο περιλάμβανε έξι ανοικτές ερωτήσεις (βλ. Παράρτημα). Πριν από τις ερωτήσεις υπήρχε ένα εισαγωγικό κείμενο. Στο εισαγωγικό κείμενο δύο παιδιά διαφωνούσαν πάνω σε ένα ζήτημα που αφορούσε το χρόνο διάλυσης μιας ποσότητας ζάχαρης σε νερό διαφορετικών θερμοκρασιών. Στην ερώτηση 1, ζητήθηκε από τους φοιτητές να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα που προκύπτει. Στην ερώτηση 2, ζητήθηκε από τους φοιτητές να διατυπώσουν μια υπόθεση σχετική με το ερώτημα που θα ερευνηθεί. Στην ερώτηση 3, ζητήθηκε από τους φοιτητές να καταγράψουν ποιος παράγοντας θα πρέπει να μεταβληθεί στη συγκεκριμένη έρευνα (ανεξάρτητη μεταβλητή). Στην ερώτηση 4, ζητήθηκε από τους φοιτητές να καταγράψουν ποιοι παράγοντες θα πρέπει να παραμείνουν σταθεροί στη συγκεκριμένη έρευνα (μεταβλητές ελέγχου). Στην ερώτηση 5, ζητήθηκε από τους φοιτητές να καταγράψουν ποιος παράγοντας θα μετρηθεί στη συγκεκριμένη έρευνα (εξαρτημένη μεταβλητή). Στην ερώτηση 6, ζητήθηκε από τους φοιτητές να περιγράψουν, όσο πιο αναλυτικά μπορούν, μια πειραματική διαδικασία η οποία αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη έρευνα που θα πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Πίνακας 1: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των φοιτητών

Πρακτικές	Επίπεδα	Περιγραφή
Διατύπωση ερωτήματος	Επίπεδο 0	Ο φοιτητής δεν προτείνει ένα ερώτημα
	Επίπεδο 1	Ο φοιτητής προτείνει ένα μη σχετικό ερώτημα.
	Επίπεδο 2	Ο φοιτητής προτείνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα
Διατύπωση υπόθεσης	Επίπεδο 3	Ο φοιτητής προτείνει ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα.
	Επίπεδο 0	Ο φοιτητής δεν προτείνει καμία υπόθεση.
	Επίπεδο 1	Ο φοιτητής προτείνει μια μη σχετική υπόθεση.
Αναγνώριση ανεξάρτητης μεταβλητής	Επίπεδο 2	Ο φοιτητής προτείνει μια σχετική υπόθεση αλλά διατυπωμένη με ελλιπή τρόπο.
	Επίπεδο 3	Ο φοιτητής προτείνει μια σχετική και πλήρη υπόθεση.
	Επίπεδο 0	Ο φοιτητής δεν προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή ή αναφέρει περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές.
Αναγνώριση μεταβλητών ελέγχου	Επίπεδο 1	Ο φοιτητής προτείνει μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή ή προτείνει μια σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος.
	Επίπεδο 2	Ο φοιτητής καταγράφει την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους.
	Επίπεδο 3	Ο φοιτητής καταγράφει την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους.
Αναγνώριση εξαρτημένης μεταβλητής	Επίπεδο 0	Ο φοιτητής δεν προτείνει τις μεταβλητές ελέγχου.
	Επίπεδο 1	Ο φοιτητής προτείνει κάποιες μεταβλητές με ασαφή τρόπο ή προτείνει μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου.
	Επίπεδο 2	Ο φοιτητής προτείνει μία ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου.
Αναγνώριση πειραματικής διαδικασίας	Επίπεδο 3	Ο φοιτητής προτείνει περισσότερες από δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου.
	Επίπεδο 0	Ο φοιτητής δεν προτείνει την εξαρτημένη μεταβλητή.
	Επίπεδο 1	Ο φοιτητής προτείνει μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ή προτείνει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος
Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας	Επίπεδο 2	Ο φοιτητής καταγράφει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποιοτικά
	Επίπεδο 3	Ο φοιτητής καταγράφει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποσοτικά.
	Επίπεδο 0	Ο φοιτητής δεν προτείνει πειραματική διαδικασία.
Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας	Επίπεδο 1	Ο φοιτητής προτείνει μη σχετική πειραματική διαδικασία.
	Επίπεδο 2	Ο φοιτητής προτείνει πειραματική διαδικασία και κάνει σαφή αναφορά σε 1 έως 3 από τα παρακάτω: στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης.
	Επίπεδο 3	Ο φοιτητής προτείνει πειραματική διαδικασία και κάνει σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των φοιτητών στα ερωτηματολόγια. Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πλαισίου ανάλυσης που διαμορφώθηκε με βάση την εργασία των Arnold, Kremer και Mayer (2014). Το πλαίσιο ανάλυσης κατηγοριοποιεί τις απαντήσεις των φοιτητών σε τέσσερα επίπεδα (βλ. Πίνακα 1). Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των φοιτητών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ερευνητικό ερώτημα

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των φοιτητών που αφορούν στη διατύπωση ενός ερωτήματος προς έρευνα ανά επίπεδο. Προκύπτει ότι σχεδόν οι μισοί φοιτητές (55,3%) προτείνουν ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα (επίπεδο 3). Είναι μικρότερο το ποσοστό των φοιτητών (33%) που προτείνουν ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα (επίπεδο 2), ενώ είναι πιο περιορισμένο το ποσοστό των φοιτητών (11,7%) που προτείνουν ένα μη σχετικό ερώτημα (επίπεδο 1).

Πίνακας 2: Τα επίπεδα των απαντήσεων των φοιτητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	f	%
Επίπεδο 0	0	0,0
Επίπεδο 1	11	11,7
Επίπεδο 2	31	33,0
Επίπεδο 3	52	55,3

Υπόθεση

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των φοιτητών που αφορούν στη διατύπωση μιας υπόθεσης για το ερευνητικό ερώτημα ανά επίπεδο. Προκύπτει ότι σχεδόν οι μισοί φοιτητές (46,0%) προτείνουν μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3). Είναι μικρότερο το ποσοστό των φοιτητών (26,5%) που προτείνουν μια σχετική αλλά διατυπωμένη με ελλιπή τρόπο υπόθεση (επίπεδο 2), καθώς επίσης και το ποσοστό των φοιτητών (23,4%) που προτείνουν μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1).

Πίνακας 3: Τα επίπεδα των απαντήσεων των φοιτητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στη διατύπωση υποθέσεων: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	f	%
Επίπεδο 0	4	4,2
Επίπεδο 1	22	23,4
Επίπεδο 2	25	26,5
Επίπεδο 3	43	46,0

Ανεξάρτητη μεταβλητή

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των φοιτητών που αφορούν στη αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής ανά επίπεδο. Προκύπτει ότι σχεδόν οι μισοί φοιτητές (55,3%) καταγράφουν την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους (επίπεδο 3). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των φοιτητών (21,2%) που προτείνουν μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή ή προτείνουν μια σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος (επίπεδο 2). Αρκετά μικρότερο είναι το ποσοστό των φοιτητών (11,0%) που προτείνουν την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους (επίπεδο 1).

Πίνακας 4: Τα επίπεδα των απαντήσεων των φοιτητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	f	%
Επίπεδο 0	12	13,0
Επίπεδο 1	20	21,2
Επίπεδο 2	10	11,0
Επίπεδο 3	52	55,3

Μεταβλητές ελέγχου

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των φοιτητών που αφορούν στην αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου ανά επίπεδο. Προκύπτει ότι το 39% των φοιτητών προτείνουν μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 1). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των φοιτητών (28%) που προτείνουν μία ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2), καθώς επίσης και το ποσοστό των φοιτητών (19,1%) που δεν προτείνουν καμία μεταβλητή ελέγχου (επίπεδο 0). Πολύ μικρότερο είναι το ποσοστό των φοιτητών (4,2%) που προτείνουν περισσότερες από δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 3).

Πίνακας 5: Τα επίπεδα των απαντήσεων των φοιτητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στην αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	f	%
Επίπεδο 0	18	19,1
Επίπεδο 1	46	39,0
Επίπεδο 2	26	28,0
Επίπεδο 3	4	4,2

Εξαρτημένη μεταβλητή

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των φοιτητών που αφορούν στην αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής ανά επίπεδο. Διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών (37,2%) προτείνουν μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ή μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος (επίπεδο 1). Συγκριτικά μικρότερο είναι το

ποσοστό των φοιτητών (32%) που προτείνουν μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους (επίπεδο 3) καθώς και το ποσοστό των φοιτητών (28%) που προτείνει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους (επίπεδο 2).

Πίνακας 6: Τα επίπεδα των απαντήσεων των φοιτητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στην αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	f	%
Επίπεδο 0	3	3,1
Επίπεδο 1	35	37,2
Επίπεδο 2	26	28,0
Επίπεδο 3	30	32,0

Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των φοιτητών που αφορούν στη περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας ανά επίπεδο. Διαπιστώνεται ότι σχεδόν οι μισοί φοιτητές (47%) προτείνουν μια πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά σε 1 έως 3 από τα παρακάτω: στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης (επίπεδο 2). Συγκριτικά μικρότερο είναι το ποσοστό των φοιτητών (17%) που προτείνουν μια μη σχετική πειραματική διαδικασία (επίπεδο 1), καθώς επίσης και το ποσοστό των φοιτητών (12%) που προτείνουν μια πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης (επίπεδο 3).

Πίνακας 7: Τα επίπεδα των απαντήσεων των φοιτητών σχετικά με τη πρακτική που αφορά στη σχεδίαση πλάνων για έρευνα: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	f	%
Επίπεδο 0	23	24,4
Επίπεδο 1	16	17,0
Επίπεδο 2	44	47,0
Επίπεδο 3	11	12,0

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα ευρήματα της παρούσας εργασίας, διαπιστώνεται ότι ένα μεγάλο μέρος των φοιτητών δεν ήταν σε θέση να διατυπώνουν ένα ερευνητικό ερώτημα, να εκφέρουν υποθέσεις, να εντοπίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου, την εξαρτημένη μεταβλητή και να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για να απαντηθεί ένα ερευνητικό ερώτημα. Ειδικότερα, τη μεγαλύτερη δυσκολία αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου αλλά και στη περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συνάδουν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών που αφορούν σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Chabalengula,

Mumba, & Mbewe, 2012) και μαθητές (Chen & Klahr, 1999; Duggan & Gott, 2000; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman, 2007). Η δυσκολία των φοιτητών αναφορικά με τις πρακτικές σχεδίασης έρευνας μπορεί να αποδοθεί στο ότι αφενός ως μαθητές δεν ήταν εξοικειωμένοι με αυτές τις πρακτικές αφού σπάνια εμπλέκονταν με αυτές κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο σχολικό πλαίσιο και αφετέρου ως φοιτητές δεν είχαν εμπλακεί με δραστηριότητες σχεδίασης έρευνας στις Φυσικές Επιστήμες. Καθίσταται αναγκαία η εκπαίδευσή τους άνω σε αυτές τις πρακτικές που σχετίζονται με τη σχεδίαση έρευνας, ώστε να βοηθηθούν στην κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών και να μπορούν αργότερα ως εκπαιδευτικοί να τις διδάξουν στους μαθητές τους. Οι επιστημονικές πρακτικές αποτελούν τα «κλειδιά» για την κατανόηση των ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013).

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν φοιτητές ενός Παιδαγωγικού Τμήματος και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίων. Η χρήση συνέντευξης ή ο συνδυασμός ερωτηματολογίου και συνέντευξης ενδεχομένως θα επέτρεπαν την πληρέστερη διερεύνηση αυτών των επιστημονικών πρακτικών στους φοιτητές.

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε σε μια επιστημονική πρακτική. Προτείνεται να γίνει αντίστοιχη έρευνα αναφορικά με τις υπόλοιπες επτά επιστημονικές πρακτικές. Επίσης, προτείνεται να συγκροτηθεί εκπαιδευτικό υλικό κατάλληλο για την ανάπτυξη των επιστημονικών πρακτικών των φοιτητών, να εφαρμοστεί και να αξιολογηθούν τα μαθησιακά του αποτελέσματα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments: *What kind of support do they need in inquiry tasks?* *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719–2749.
- Boardman, L. & Zembal-Saul, C. (2000). Exploring prospective teachers' conception of scientific inquiry. Paper presented at the annual meeting of the National association for Research in Science Teaching (NARST), New Orleans, LA.
- Chabalengula, V. M., Mumba, F. & Mbewe, S. (2012). How pre-service teachers understand and perform science process skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 8(3), 167-176.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999): All Other Things Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120.
- Dana, T., Boardman, L., Friedrichsen, P., Taylor, J., & Zembal-Saul, C. (2000). A framework for preparing primary science teachers to support children's scientific inquiry. Paper presented at the annual meeting of the Association for the Education of Teachers of Science (AETS).
- Duggan, S., & Gott, R. (2000). Intermediate general national vocational qualification (GNVQ) science: A missed opportunity for a focus on procedural understanding? *Research in Science and Technological Education*, 18(2), 201–214.

- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Gao, L. (2002). Conceptions of teaching held by school science teachers in P.R. China: Identification and crosscultural comparisons. *International Journal of Science Education*, 24(1), 61-79.
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Mbewe, S., Chabalengula, V. M. & Mumba, F. (2010). Preservice teachers' familiarity, interest and conceptual understanding of science process skills. *Problems of Education in the 21st Century*, 22(22), 76-86.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Zemal-Saul, C. & Oliver, M. (1998, January). Meeting the science content needs of prospective primary teachers: An innovative biology laboratory/recitation course. Paper presented at the Annual Meeting of the Association for the Education of Teachers of Science (AETS), Minneapolis, MN.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Σε ένα μάθημα τα παιδιά διαλύουν ζάχαρη στο νερό. Έχουν ποτήρια με νερό διαφορετικών θερμοκρασιών. Ο Γιώργος λέει ότι στο πιο ζεστό νερό θα διαλυθεί πιο γρήγορα η ζάχαρη. Όμως, η Μαρία λέει ότι η ζάχαρη θα διαλυθεί στον ίδιο χρόνο όποια θερμοκρασία και αν έχει το νερό. Ύστερα από αυτήν τη διαφωνία τα παιδιά αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα.

Ερώτηση 1: Ποιο είναι το ερώτημα που θα ερευνήσουν τα παιδιά;

.....
.....

Ερώτηση 2: Ποια είναι η δική σου άποψη;

.....
.....

Ερώτηση 3: Τι θα αλλάζουν στην έρευνα που θα κάνουν;

.....
.....

Ερώτηση 4: Τι δεν θα αλλάζουν στην έρευνα που θα κάνουν;

.....
.....
.....

Ερώτηση 5: Τι θα ελέγξουν (ή θα μετρήσουν) στην έρευνα που θα κάνουν;

.....
.....

Ερώτηση 6: Ποια πειραματική διαδικασία θα ακολουθήσουν τα παιδιά για να απαντήσουν στο ερώτημα που τους απασχολεί; (να απαντήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς).

.....
.....
.....
.....
.....

Διαθεματικές πρακτικές στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για την Γεωγραφία: Η περίπτωση του προγράμματος I-USE

Αικατερίνη Κλωνάρη

¹ Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, aklonari@geo.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εποχή μας υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για το στατιστικό γραμματισμό των πολιτών, μια και σχεδόν κάθε οικονομική και επιστημονική δραστηριότητα στον σύγχρονο κόσμο βασίζεται σε στατιστικές πληροφορίες με τον ένα ή τον άλλο τρόπο. Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα I-USE διερεύνησε τη χρήση στατιστικών στοιχείων στα προγράμματα σπουδών όλων των μαθησιακών αντικειμένων, τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις που προτείνονται για τη διδασκαλία ή και τη χρήση τους σε αυτά, καθώς και με τις εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς της καθημερινής ζωής. Αποτέλεσμα της μελέτης ήταν η δημιουργία κατάλληλου διαθεματικού εκπαιδευτικού υλικού που βασίστηκε στις εκπαιδευτικές ανάγκες τόσο των μαθητών όσο και των εκπαιδευτικών, καθώς και η δημιουργία εξελιγμένων και καινοτόμων διαδικτυακών εργαλείων για την υποστήριξη της επιμορφωτικής αλλά και μαθησιακής διαδικασίας. Το υλικό αξιολογήθηκε μέσα από εφαρμογές σε σχολεία στις χώρες των εταίρων, αλλά και από εκπαιδευτικούς από την Ευρώπη μέσα από 2 προγράμματα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών. Στο συγκεκριμένο άρθρο θα παρουσιαστούν παραδείγματα από το υλικό που δημιουργήθηκε και βρίσκεται αναρτημένο στην ιστοσελίδα του προγράμματος www.i-use.eu

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: στατιστικός γραμματισμός, διαθεματικότητα, νέες τεχνολογίες, δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Στατιστική - ως η επιστήμη της συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας εμπειρικών δεδομένων - έχει μια κεντρική θέση στην εκπαίδευση, και σίγουρα στον τομέα της εκπαίδευσης για τις Επιστήμες, την Τεχνολογία (Watson, 2011), Μηχανική και τα Μαθηματικά (STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics). Ως εκ τούτου η χρήση στατιστικών δεδομένων είναι κατάλληλη για τη διά βίου μάθηση σε διάφορα επίπεδα της εκπαίδευσης. Επιπλέον η στατιστική είναι ένα διεπιστημονικό πεδίο της εκπαίδευσης μια και έχει τις ρίζες της σε πολλούς διαφορετικούς τομείς όπως στις φυσικές επιστήμες, την οικονομία, το περιβάλλον, τις ΤΠΕ, τα μαθηματικά και τις κοινωνικές

επιστήμες. Έτσι ο στατιστικός γραμματισμός πρέπει να αποτελεί βασικό εκπαιδευτικό στόχο για όλους τους μαθητές (Bickel, 1995, Biehler, 1997, Watson, 2011).

Είναι γνωστό, επίσης, ότι η διδασκαλία με τη χρήση στοιχείων στατιστικής απαιτεί ένα διαφορετικό είδος σκέψης, επειδή τα στοιχεία της δεν είναι απλά μια σειρά αριθμητικών δεδομένων, αλλά δεδομένα μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο. Οι Wild και Pfannkuch (1999), μέσα από τις έρευνες τους, τονίζουν ακριβώς τους τρόπους με τους οποίους η στατιστική σκέψη είναι διαφορετική από τη μαθηματική σκέψη.

Επιπλέον, οι μαθητές, σήμερα, ζουν σε μια κοινωνία που απαιτεί επιχειρήματα και τεκμηριωμένες αποφάσεις. Ως εκ τούτου, η χρήση στατιστικών στοιχείων στα προγράμματα σπουδών, διαδραματίζουν ένα κρίσιμο ρόλο, ρόλο κλειδί, στις διαδικασίες ανάπτυξης της στατιστικής τους σκέψης. Αυτός είναι και ο λόγος που ο στατιστικός γραμματισμός πρέπει να αναγνωριστεί ως ένας σημαντικός εκπαιδευτικός στόχος και η χρήση των στατιστικών στοιχείων θα πρέπει να αποτιμάται σε διάφορους κλάδους για την ανάπτυξη των στατιστικών εννοιών και σκέψης των μαθητών. Μην ξεχνάμε, εξάλλου, ότι στον 21^ο αιώνα η εκπαίδευση αντιμετωπίζει διάφορες προκλήσεις που αφορούν στη χρήση στατιστικών στοιχείων και δεδομένων όπως: i) η πρόσβαση σε μεγάλο όγκο πληροφοριών, ii) η αργή και όχι εύκολη ανταπόκριση της εκπαίδευσης και ειδικότερα των Προγραμμάτων Σπουδών (Π.Σ.) σε αλλαγές, iii) η ανάγκη για καινοτόμες διδακτικές και μαθησιακές προσεγγίσεις και iv) η απουσία σημαντικής έρευνας στην ευρωπαϊκή στατιστική εκπαίδευση.

Η υπερ-αφθονία των πληροφοριών δημιουργεί σοβαρά ερωτήματα, όπως για παράδειγμα ποιο βαθμό στατιστικού γραμματισμού θα πρέπει να περιμένουμε για κάθε μαθητή; Πώς μπορούμε να δημιουργήσουμε ευκαιρίες για να μπορέσουν οι μαθητές να φτάσουν αυτό το επίπεδο (γραμματισμού) και να διασφαλιστεί ότι οι εκπαιδευτικοί θα έχουν επαρκή προσόντα ώστε να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν στατιστικές μεθόδους για τη βελτίωση της διδασκαλίας τους; Το δίλημμα λοιπόν είναι ότι καθώς όλο και περισσότερα δεδομένα και πληροφορίες γίνονται εύκολα διαθέσιμα, ενώ τα εργαλεία για την παρουσίαση και την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων γίνονται πιο πολύπλοκα, η δυνατότητα εισαγωγής και ενσωμάτωσης στατιστικών πληροφοριών, και η διενέργεια αναλύσεων δεν συνοδεύεται από την ικανότητα των εκπαιδευτικών να χρησιμοποιήσουν παραγωγικά τόσο τις πληροφορίες, όσο και τα εργαλεία και τις τεχνολογίες.

Ακόμα, ενώ ο κόσμος αλλάζει ταχύτατα σε σχέση με την επικράτηση και τη χρήση των στατιστικών στοιχείων, τα Προγράμματα Σπουδών στα σχολεία ανταποκρίνονται με πολύ αργό ρυθμό σε αυτές τις αλλαγές. Αν και η στατιστική ως ένας τομέας των μαθηματικών είναι ευρέως αποδεκτή, συνήθως δεν αποτελεί διεπιστημονικό θέμα στο σχολικό πρόγραμμα και σπάνια ενσωματώνεται σε άλλα γνωστικά αντικείμενα (Klonari & Donert, 2013). Κατά συνέπεια, υπάρχει ανάγκη για καλύτερη προετοιμασία των εκπαιδευτικών, οι οποίοι μπορούν σε πολλές διαθεματικές και διεπιστημονικές προσεγγίσεις των αντικειμένων τους να την συμπεριλάβουν. Το αποτέλεσμα είναι στο γυμνάσιο, πολλοί μαθητές να μην έχουν την ευκαιρία να μάθουν να εργάζονται με τα στατιστικά στοιχεία. Και ενώ τα στατιστικά στοιχεία είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση και ερμηνεία πολλών δεδομένων και πληροφοριών, την ανάπτυξη της κριτικής

σκέψης των μαθητών, πολλοί μαθητές δεν είναι σε θέση να δώσουν νόημα στα δεδομένα και τις πληροφορίες που βλέπουν ή ακόμα χειρότερα μερικές φορές απλά τα αποστηθίζουν.

Παρόλα αυτά, κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έχουν καταβληθεί προσπάθειες τόσο σε διεθνές όσο και εθνικό επίπεδο, μέσα από μεταρρυθμίσεις των εκπαιδευτικών συστημάτων, να αλλάξουν οι σκοποί και οι στόχοι των επίσημων Προγραμμάτων Σπουδών, σε όλα τα εκπαιδευτικά επίπεδα, εισάγοντας έτσι τους μαθητές -ακόμα και από το νηπιαγωγείο- στον κόσμο της Στατιστικής, μέσα από απλές, βασικές ιδέες (Nikiforidou, Page, 2012). Από σύγχρονες μελέτες αποδεικνύεται ότι τα παιδιά, ακόμη και σε πολύ νεαρή ηλικία είναι σε θέση να χειριστούν τέτοιες ιδέες. Σε χώρες όπως οι ΗΠΑ (Sheaffer & Jacobbe 2014, NCTM 1989, 2000), το Ηνωμένο Βασίλειο (Department for Education and Skills, 2001) και η Νέα Ζηλανδία (Forbes 2014, Ministry of Education, 2008) -μεταξύ άλλων- έχει ήδη δημιουργηθεί σχετικό εκπαιδευτικό διδακτικό υλικό για όλα τα επίπεδα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Αυτοί είναι και οι λόγοι που το ευρωπαϊκό πρόγραμμα I-USE ασχολήθηκε με θέματα δεδομένων και στατιστικής, με τις παιδαγωγικές και διδακτικές προσεγγίσεις τους καθώς και με τις εφαρμογές τους σε διάφορα διδακτικά αντικείμενα των Π.Σ. της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Σκοπός του προγράμματος ήταν η δημιουργία μιας σειράς μαθημάτων και εκπαιδευτικού υλικού, για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών, κυρίως Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, που ασχολούνται με αντικείμενα που εμπεριέχουν δεδομένα (διαφορετικών μορφών και ειδών) και απαιτείται η στατιστική επεξεργασία τους και τα οποία παρουσιάζονται με διαφορετικές μορφές (πίνακες, γραφήματα, χάρτες κ.α.) και σε διαφορετικά μέσα (online/web programs, Databases, mobile apps, iOS, Android, κ.α).

Επιπλέον το παραγόμενο εκπαιδευτικό υλικό, μετά την επιμόρφωση και την πρώτη αξιολόγηση του, χρησιμοποιήθηκε πιλοτικά από κάποιους επιμορφούμενους σε περιβάλλον τάξης και αξιολογήθηκε τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές. Ο τελικός σκοπός του προγράμματος ήταν να εξεταστεί κατά πόσο το εκπαιδευτικό υλικό και η παιδαγωγική προσέγγιση που προτείνεται, βοήθησε στην ανάπτυξη της στατιστικής σκέψης των μαθητών μέσα από τη χρήση και αξιοποίηση συγκεκριμένων εξελιγμένων και καινοτόμων εργαλείων.

Ειδικότερα οι επιμέρους στόχοι του προγράμματος και κατά συνέπεια και του δημιουργηθέντος εκπαιδευτικού υλικού ήταν:

- να ενθαρρύνουν τους εκπαιδευτικούς να εμπλέκουν τους μαθητές τους στη χρήση στατιστικών μεθόδων και να τους εξοικειώσουν να εργάζονται με στατιστικά δεδομένα
- να προετοιμάσει τους εκπαιδευτικούς με την τεχνολογία που είναι απαραίτητη για να εργαστούν, αναλύσουν και παρουσιάσουν στατιστικά στοιχεία
- να ενημερωθούν και εξοικειωθούν οι εκπαιδευτικοί με την Web-based καινοτομία

- να αναπτύξουν οι εκπαιδευτικοί ικανότητες ώστε να έχουν στατιστική επάρκεια για τη διδασκαλία στη τάξη διαφόρων αντικειμένων (εκτός των μαθηματικών)
- να βοηθήσει τους μαθητές να μπορούν να διαχειριστούν τις πλούσιες και σε υπερ-αφθονία πηγές πληροφόρησης που συναντούν

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΤΟΥ I-USE

Η πλατφόρμα του I-USE είναι μια web-based πλατφόρμα, που δημιουργήθηκε πλήρως με τη βοήθεια Ανοικτού και Ελεύθερου Λογισμικού, συνδυάζει τα εργαλεία που βοηθούν τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και τη διαθεματική προσέγγιση θεμάτων/ζητημάτων/προβλημάτων με την εμπλοκή όμως πάντα της στατιστικής σε όλα τα παραπάνω, χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία που αφορούν την Ευρώπη και τον κόσμο. Τα στοιχεία που αφορούν μεμονωμένες χώρες εκπροσωπούνται με τη βοήθεια των δύο και τριών διαστάσεων χαρτογραφικά υπόβαθρα.

Στην Ελλάδα, στο χώρο της εκπαίδευσης, δεν υπάρχει καμία τέτοια εφαρμογή, όποτε και δημιουργήθηκε εξ ολοκλήρου με το Ελεύθερο Λογισμικό Ανοικτού μία εφαρμογή και για τις περιφέρειες της Ελλάδας. Αυτή η εφαρμογή μπορεί να εξυπηρετήσει πλήρως τη διαχείριση, την ανάλυση, την ερμηνεία και την οπτικοποίηση των στατιστικών στοιχείων, κατά τη χρήση χαρτογραφικών υποβάθρων.

Η ιστοσελίδα του προγράμματος I-USE (www.i-use.eu) (Εικόνα 1) περιλαμβάνει τις παρακάτω λειτουργίες και υλικό:

Εικόνα 1. Ιστοσελίδα I-USE project

The screenshot shows the I-USE website interface. At the top, there is a navigation bar with links: HOME, READY-MADE, DATABASES, TOOLS, USE, RESOURCES, QUIZ, PUBLICATIONS, ABOUT US. Below the navigation bar, the main content area is titled 'I-Use welcomes to'. It contains a welcome message and a table of statistics for various countries. The table data is as follows:

Country	Population	Area	Population Density
Spain	45 647 512	505 992	90
France	65 767 380	643 801	102
Germany	82 445 542	357 021	231
Italy	60 702 769	301 330	201
UK	61 398 774	244 820	250
China	1 370 536 474	9 596 961	143
USA	307 000 000	9 529 571	32

Below the table, there are three main sections: 'highlights', 'courses', and 'tweets from project'. The 'highlights' section lists 'POPULATION IN EU', 'MISUSE', and 'TRY A QUIZ BEST PRACTICES'. The 'courses' section describes materials for in-service and pre-service teacher education. The 'tweets from project' section shows a tweet from @StatistEdU. At the bottom, there is a footer with funding information from the European Commission and the Lifelong Learning Programme.

ΕΤΟΙΜΑ (READY-MADE). Σε αυτή την ενότητα μπορεί κανείς να βρει πληροφορίες που έχουν ήδη συγκεντρωθεί για διάφορες περιοχές δραστηριοτήτων που αφορούν είτε

χώρες της Ε.Ε. (με βάση τα στατιστικά στοιχεία που προέρχονται από την EUROSTAT) ή τον υπόλοιπο κόσμο (που προέρχονται από την Παγκόσμια Τράπεζα Δεδομένων). Κάποιος μπορεί να κατεβάσει και να αποθηκεύσει τα δεδομένα σε πολλές μορφές (.xls, .csv, .html, κ.λπ.), να τα επεξεργαστεί και, τελικά, να τα εκτυπώσει ή να τα παρουσιάσει, με τα εργαλεία που είναι διαθέσιμα επί τόπου, με διάφορες μορφές όπως γραφική παράσταση, χάρτη, 3D χάρτη, κ.λπ.

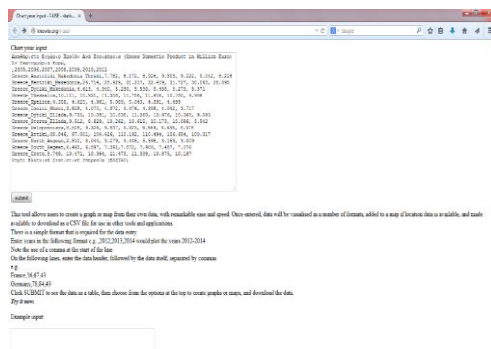
ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATABASES). Εδώ μπορεί κανείς να βρει πληροφορίες σχετικά με τις πιο δημοφιλείς και πολύτιμες βάσεις δεδομένων στον κόσμο. Επιπλέον, τα εργαλεία που είναι διαθέσιμα για συγκεκριμένα δεδομένα ώστε να μπορεί να τα διαχειριστεί και να τα απεικονίσει, με τη διαφορά ότι ο χρήστης κατευθύνεται προς τις αντίστοιχες ιστοσελίδες της βάσης δεδομένων, δηλαδή την έξοδο του από την πλατφόρμα του I-USE.

ΕΡΓΑΛΕΙΑ (TOOLS). Κάτω από αυτό το μενού, ο χρήστης μπορεί να βρει τα εργαλεία που απαιτούνται για την επεξεργασία και τη διαχείριση των στατιστικών στοιχείων του, για διάφορες πλατφόρμες. Για παράδειγμα, υπάρχουν εργαλεία που επιτρέπουν τη σύνθεση δικών του στατιστικών μετρήσεων (π.χ. από έρευνες), ή την απεικόνιση των δεδομένων του σε πολλές μορφές (π.χ. χάρτες ή διαγράμματα), ή ακόμα και απλά να οργανώσει, να μετρήσει και να παρουσιάσει τα δεδομένα του μέσω υπολογιστικών φύλλων. Τέλος, υπάρχουν εφαρμογές που μπορεί να βοηθήσουν κάποιον στη συλλογή δεδομένων και στην ανάλυση προτύπων και τάσεων, που εφαρμόζονται για να τρέξουν σε smartphones - συσκευές iOS και κυρίως Android.

Κάτω από αυτό το μενού υπάρχουν διάφορες επιλογές όπως:

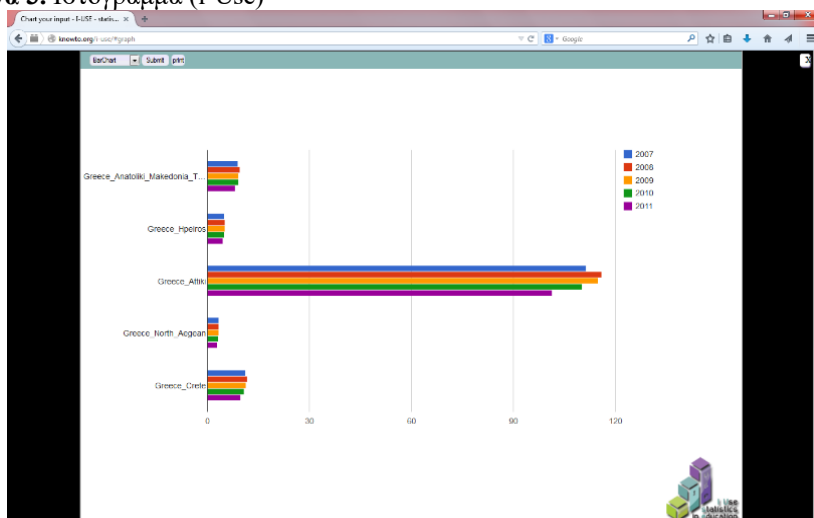
- Chart your input (Εικόνα 2)
- Chart your file etc

Εικόνα2. Data input in i-Use’s ‘Chart your input’ webpage (form)

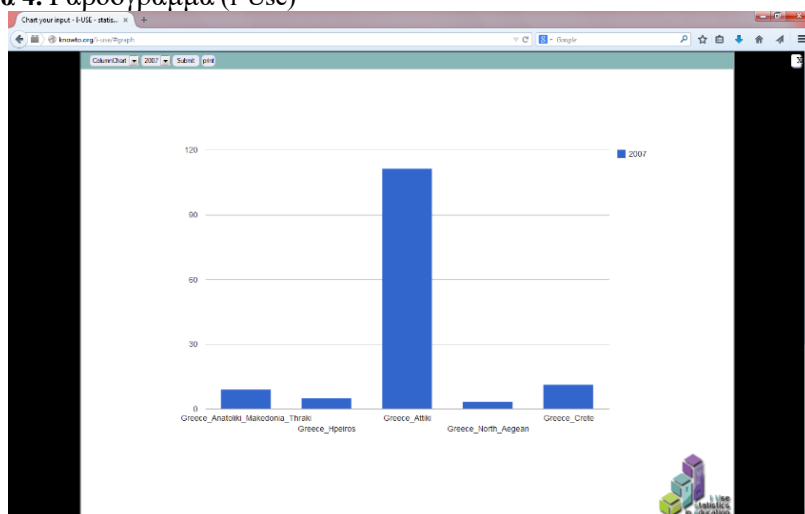


Μετά την εισαγωγή των δεδομένων (είτε έρευνας, είτε csv πινάκων από κάποιο φάκελο), μπορεί να οπτικοποιηθούν με την μορφή γραφημάτων (Εικόνες 3 & 4), χαρτών (Εικόνες 5, 6 & 7) κ.α.

Εικόνα 3. Ιστόγραμμα (i-Use)



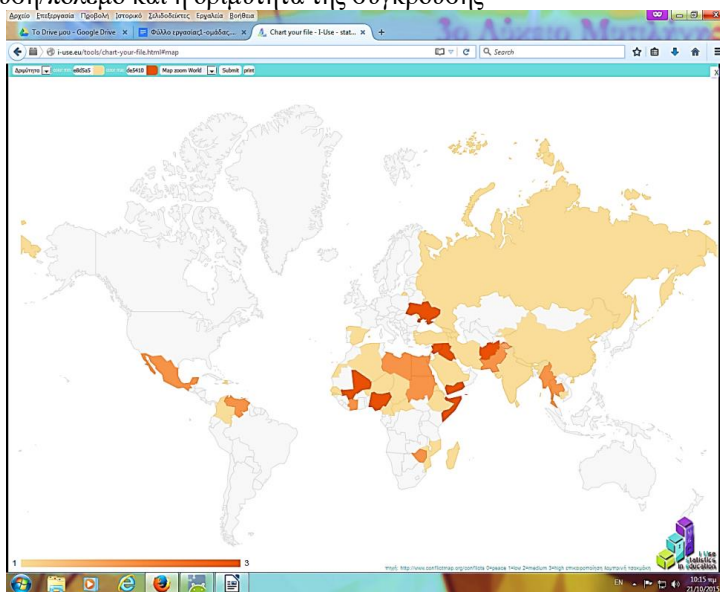
Εικόνα 4. Ραβδόγραμμα (i-Use)



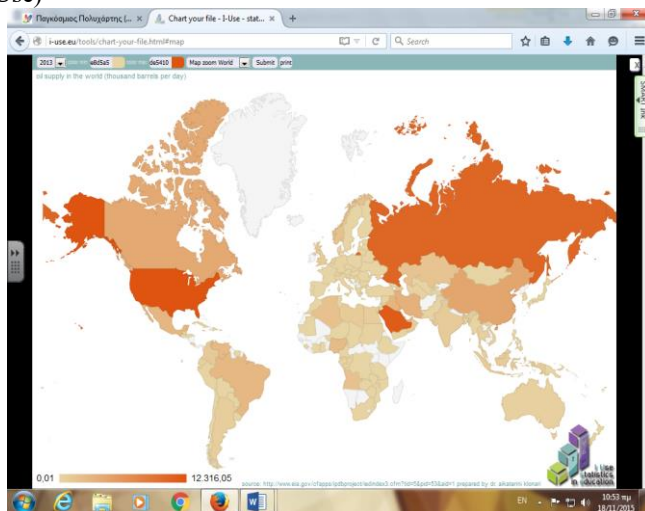
Εικόνα 5. Οπτικοποίηση δεδομένων του ΑΕΠ των περιφερειών της Ελλάδας σε 3DΧάρτη



Εικόνα 6. Οπτικοποίηση σε 2DΧάρτη των χωρών που βρίσκονται σήμερα σε κάποιου είδους σύγκρουση/πόλεμο και η δραμτικότητα της σύγκρουσης

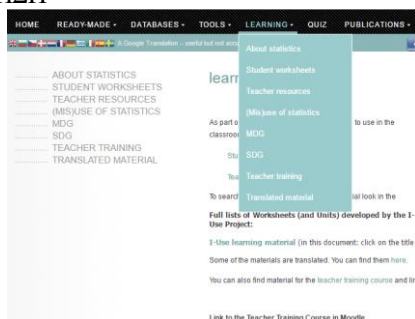


Εικόνα 7. Οπτικοποίηση σε 2DΧάρτη των χωρών από τις οποίες προμηθεύεται ο κόσμος πετρέλαιο (i-Use)



ΜΑΘΗΣΗ (LEARNING). Αυτό το μενού αναφέρεται στους εκπαιδευτικούς όπου μπορούν να αναζητήσουν εκπαιδευτικό υλικό (Για τον εκπαιδευτικό, Φύλλα εργασίας για τους μαθητές, θεωρητικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις, και άλλο υποστηρικτικό υλικό) (Εικόνα 8) στο οποίο χρησιμοποιείται η στατιστική στην εκπαίδευση για τη διδασκαλία διαφορετικών θεμάτων και αντικειμένων. Στην συγκεκριμένη καρτέλα του βρίσκονται κάτω από τον τίτλο "I-Use learning material" όλα τα Σχέδια Μαθημάτων και Φύλλα Εργασίας μαζί με τα δεδομένα, το πρόσθετο υλικό, ιστοσελίδες, κ.α. και μέρος αυτού του υλικού είναι μεταφρασμένο και στα ελληνικά (Πίνακας 1).

Εικόνα 8. Μενού ΜΑΘΗΣΗ



Πίνακας 1. Μέρος του υλικού που έχει δημιουργηθεί

I-Use εκπαιδευτικό υλικό που έχει δημιουργηθεί και μπορεί να αντιγραφεί κάνοντας κλικ στον τίτλο				
Title	Type of material	Subject 1	Subject 2	Translated
A different view on London - presentation	Presentation			
Template to produce own units	Template			X
Template to produce own worksheets	Template	Worksheets		
Biology_chemistry	Worksheet	Biology	Chemistry	
Education Policies	Unit	Geography	Social Studies	
EU elections	Unit	Geography	Social Studies	
Mapping conflicts in the world	Unit	Geography	Social Studies	
Misleading statistics - unit	Unit	Geography	Social Studies	
Overpopulation	Unit	Geography	Literature	
Wealth and health of nations (Gapminder) - unit	Unit	Geography	Economy	
Conflicts in the world 1	Worksheet	Geography	Social Studies	
Conflicts in the world 2	Worksheet	Geography	Social Studies	
CSV and EU elections	Worksheet	Geography		X
Earthquakes	Worksheet	Geography	Social Science	X
Introduction to I-Use databases	Worksheet	All		
Introduction to I-Use ready-made tables	Worksheet	All		
Life expectancy	Worksheet	Geography	Social Studies	
Physics	Worksheet	Physics		X
Statistics - general	Worksheet	Mathematics	Social Science	X
The Vietnam War	Worksheet	History	English	X
A different view on London - Worksheet 1	Worksheet	Geography		
A different view on London - Worksheet 2	Worksheet	Geography		
EU elections insert CSV files	Worksheet	Geography	Social Studies	X
Misleading statistics	Worksheet	Geography	Other	X

KOYIZ (QUIZ). Το συγκεκριμένο μενού περιέχει μια σειρά από κουίζ με τα οποία μπορεί κάποιος να δοκιμάσει τις γνώσεις του και την κατανόησή τους σε θέματα στατιστικής! Δημιουργήθηκαν με το δωρεάν λογισμικό Quizlet και χωρίζονται σε 3 κατηγορίες (ανάλογα με τον βαθμό δυσκολίας), εύκολο, μέτριο και δύσκολο.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ (PUBLICATIONS). Εντός αυτού του πεδίου εφαρμογής βρίσκονται όλες οι δημοσιεύσεις σχετικές με το θέμα. Στόχος τους είναι να προσεγγιστεί το θέμα

«Στατιστική στην Εκπαίδευση» από κάθε πιθανή πτυχή: παιδαγωγική, διδακτική, της τεχνολογίας, των Π.Σ. κ.α.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΗ ΤΑΞΗ

Για την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν τα 2 επιμορφωτικά σεμινάρια προς τους εκπαιδευτικούς (ένα στην Ελλάδα, Μυτιλήνη, 20 εκπαιδευτικοί και ένα στην Δανία, Κοπεγχάγη, 25 εκπαιδευτικοί). Επιπλέον έγινε εφαρμογή του δημιουργηθέντος υλικού σε σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Τσεχίας, Δανίας, Ελλάδας και Σουηδίας.

Τα αποτελέσματα δεν ήταν απλά ενθαρρυντικά, αλλά εξαιρετικά, μάλιστα κάποιοι εκπαιδευτικοί δημιούργησαν και δικό τους υλικό στα πρότυπα αυτού που ήταν έτοιμο. Η αξιολόγηση ήταν θετική όχι μόνο ως προς την επίτευξη των μαθησιακών στόχων και αναμενόμενων αποτελεσμάτων για τους μαθητές, αλλά και ως προς την ευκολία χρήσης του από τους εκπαιδευτικούς. Επιπλέον όσον αφορά την αξιολόγηση, αυτού καθαυτού του προγράμματος και της ιστοσελίδας του, επίσης ήταν πολύ ικανοποιητική. Τα αποτελέσματα μάλιστα συμφωνούν και με όσα οι Godino, et al., (2008), αναφέρουν σε άρθρο τους ότι η χρήση της στατιστικής σε ερευνητικές εργασίες όχι μόνο αυξάνουν το ενδιαφέρον των μαθητών, αλλά και αναπτύσσουν πολλές ικανότητες τους χρήσιμες στην καθημερινή τους ζωή.

Παρακάτω δίνεται το link ενός βίντεο που ανέβασαν μαθητές λυκείου της Μυτιλήνης (<https://www.youtube.com/watch?v=2K9fMUtVbiw>) που χρησιμοποίησαν το υλικό που αναφερόταν στις συγκρούσεις στον κόσμο (Conflicts in the world), και όχι μόνο, σε ένα project με τίτλο "*Χαρτογραφώντας τις πολεμικές συγκρούσεις της 3ης χιλιετίας*". Οι στόχοι του συγκεκριμένου προγράμματος υλοποιήθηκαν σε ποσοστό από 90-100% με αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε μέσα από ερωτηματολόγιο πριν- και μετά- την υλοποίηση της ερευνητικής εργασίας, με ανάλυση των αναφορών των μαθητών, και από το υλικό που οι ίδιοι δημιούργησαν.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bickel, P. (1995). What academia needs? *The American Statistician*, 49 (1) (Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00031305.1995.10476101#.UYJT-IIWHw0>).
- Biehler, R. (1997). Software for learning and for doing statistics. *International Statistical Review*, 65(2), 167-189.
- Forbes, S. (2014). The coming of age of statistics education in New Zealand, and its influence internationally. *Journal of Statistics Education*, 22(2), 1-19.
- Godino, J. D., Batanero, C., Roa, R., & Wilhelmi, M. R. (2008). Assessing and developing pedagogical content and statistical knowledge of primary school teachers through project work. In C. Batanero, G. Burrill, C. Reading, and A. Rossman (Eds.), *Joint ICMI/IASE study: Teaching statistics in school mathematics. Challenges for teaching and teacher education. Proceedings of the ICMI Study 18 and 2008 IASE round table conference*. Mexico: ICMI/IASE.

- Klonari, A. & Donert, K. (2013). *Report on the present situation on the use of statistics in the curriculum*. (Retrieved from <http://www.i-use.eu/publications/reports.html>).
- Ministry of Education. (2008). *New Zealand Achievement Objectives for Statistics in the New Mathematics and Statistics Curriculum Finalized 2007*. Wellington
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, Reston, VA: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principals and Standards for School Mathematics*, Reston, VA: NCTM
- Nikiforidou, Z. & Page P. (2012). Statistical Literacy in Kindergarden. *Proceedings of Hellenic Institute of Applied Pedagogy & Education (HEL.I.A.P.E.D), 6th Hellenic Conference, 5-7 October 2012*, ISSN 1790-8574, 1-6.
- Sheaffer, R. & Jacobbe, T. (2014). Statistics Education in the K-12 Schools of the United States: A Brief History. *Journal of Statistics Education*, 22(2), 1-14.
- Watson, J. (2011). *Statistical literacy at school. Growth and Goals*. London: Routledge
- Wild, C. & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 221-224.

Εφαρμογή εννοιών έρευνας αιχμής από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς

Αιμιλία Μιχαηλίδη¹ & Δημήτρης Σταύρου²

¹ Υπ. Διδάκτωρ ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Κρήτης, amichailidi@edc.uoc.gr

² Αναπλ. Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Κρήτης, dstavrou@edc.uoc.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αξία της διαχείρισης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων στα μαθήματα των ΦΕ είναι ευρύτατα αναγνωρισμένη τα τελευταία χρόνια και ως εκ τούτου γίνονται προσπάθειες ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού επί αυτών. Η βιβλιογραφία όμως αναδεικνύει πως η σχέση μεταξύ διδασκόντων και διδακτικού υλικού είναι αλληλεπιδραστική, εξαρτώμενη από μια σειρά παραγόντων. Στην παρούσα έρευνα μελετάμε: (α) τις τροποποιήσεις που πραγματοποίησαν 32 εν ενεργεία εκπαιδευτικοί με τη βοήθεια μεντόρων κατά την υλοποίηση διδακτικών εννοιών σχετικών με κοινωνικο-επιστημονικά θέματα και (β) τους παράγοντες που τις επηρέασαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά την εφαρμογή των εννοιών οι εκπαιδευτικοί πραγματοποίησαν μικρής ή μεγαλύτερης έκτασης προσαρμογές στο υλικό ωθούμενοι κυρίως από τα προσωπικά τους χαρακτηριστικά, από τα χαρακτηριστικά του υλικού και από το σχολικό πλαίσιο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: διδακτικό υλικό, έρευνα αιχμής, υπεύθυνη έρευνα και καινοτομία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αξία της δυναμικής των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και την καλλιέργεια επιστημονικού γραμματισμού έχει αναγνωριστεί από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα της διδακτικής των ΦΕ και έχει σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό διεισδύσει και στα επίσημα αναλυτικά προγράμματα αρκετών χωρών (Hofstein, Eilks & Bybee, 2011; Levinson, 2006; Ratcliffe & Grace, 2003). Η διαχείριση αμφιλεγόμενων κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων στα μαθήματα των ΦΕ προσελκύει το ενδιαφέρον των μαθητών καθώς αντιλαμβάνονται την αναγκαιότητα της κατάκτησης βασικών επιστημονικών γνώσεων οι οποίες θα τους επιτρέψουν να πάρουν θέση απέναντι στα ζητήματα αυτά (Kolstø, 2001). Για το λόγο αυτό και για τη διαχείριση τέτοιων αμφιλεγόμενων ζητημάτων ενδείκνυται το πεδίο της σύγχρονης επιστημονικής έρευνας. Θέματα έρευνας και τεχνολογίας αιχμής αντιπροσωπεύουν συνήθως μια λιγότερο κατασταλαγμένη επιστήμη, που ενσωματώνει ζητήματα τα οποία βρίσκονται ακόμα υπό αντιπαράθεση διαφορετικών επιστημονικών απόψεων και εμπεριέχει μια διάσταση αμφισβήτησης (Levinson, 2006).

Στα πλαίσια της προσέγγισης αυτής μπορεί να ενταχθεί και η στόχευση αρκετών ευρωπαϊκών προγραμμάτων (π.χ. IRRESISTIBLE, ENGAGING SCIENCE, RRI-TOOLS κ.α.) να εισαχθεί στη διδασκαλία των ΦΕ η έννοια της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ). Η ΥΕΚ εκτός από πιο γνώριμες πτυχές όπως η ηθική δεοντολογία των επιστημόνων, η ευθύνη τους απέναντι στην κοινωνία και η απαίτηση για ενεργό συμμετοχή των πολιτών στην καινοτομία, προάγει και λιγότερο διαδεδομένες πτυχές όπως την ισότητα των φύλων, την ανοιχτή πρόσβαση του κοινού στη νέα επιστημονική γνώση και την ανάγκη θέσπισης κατάλληλου νομικού πλαισίου για την προστασία των πολιτών από τις πιθανές επιβλαβείς διαστάσεις της καινοτομίας και της έρευνας (Sutcliffe, 2011).

Ωστόσο, κάθε απαιτούμενη αλλαγή στην εκπαίδευση εν τέλει εναπόκειται στους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, ως τους κεντρικούς παράγοντες της ανανέωσης της εκπαίδευσης στις ΦΕ (Osborne & Dillon, 2008). Τα τελευταία χρόνια μάλιστα έχει αναπτυχθεί μεγάλο εύρος διδακτικού υλικού σχετικού με επίκαιρα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα (π.χ. Zeidler & Kahn, 2014; Marks & Eilks, 2009) και έχουν μελετηθεί οι στάσεις των εκπαιδευτικών απέναντι στην εισαγωγή αντίστοιχων ζητημάτων στην εκπαίδευση (Sadler et al., 2006).

Παράλληλα όμως, εκτενής έρευνα έχει διεξαχθεί σχετικά με την αλληλεπίδραση των εκπαιδευτικών με το διδακτικό υλικό, είτε αυτό έχει τη μορφή εκτενούς αναλυτικού προγράμματος, είτε τη μορφή διδακτικών σειρών (Fogleman, McNeill & Krajcik, 2011; Beyer & Davis, 2009; Pintó, 2005). Συγκεκριμένα, οι μελέτες αναδεικνύουν ένα εύρος αλληλεπιδράσεων που εκτείνονται από το ένα άκρο της πιστής εφαρμογής μιας διδακτικής ενότητας έως, διαμέσου της πρακτικής της προσαρμογής του υλικού, στο άλλο άκρο του αυτοσχεδιασμού (Davis, Janssen & Van Driel, 2016). Επίσης, σε ό,τι αφορά στις προσαρμογές που κάνουν οι εκπαιδευτικοί στο υλικό, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1, τρεις είναι οι παράγοντες που φαίνεται να επηρεάζουν τις επιλογές τους: i) τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών, ii) τα χαρακτηριστικά του υλικού και iii) το πλαίσιο της εφαρμογής (Remillard, 2005).

Σχήμα 1: Οι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση μιας διδακτέας ενότητας (Remillard, 2005)



Εκκινώντας έτσι από τις έρευνες που αφορούν τις αλληλεπιδράσεις των εκπαιδευτικών με το διδακτικό υλικό, με την παρούσα εργασία επιδιώκουμε να διερευνήσουμε τις τροποποιήσεις που πραγματοποιούν οι εκπαιδευτικοί σε νέες διδακτικές ενότητες που αναδεικνύουν διαστάσεις της ΥΕΚ, κατά την εφαρμογή τους στην τάξη και συγκεκριμένα:

- i. Τι είδους τροποποιήσεις πραγματοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά την υλοποίηση τριών διδακτικών σειρών σχετικών με κοινωνικο-επιστημονικά θέματα στις τάξεις τους;
- ii. Ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την πραγματοποίηση των τροποποιήσεων αυτών;

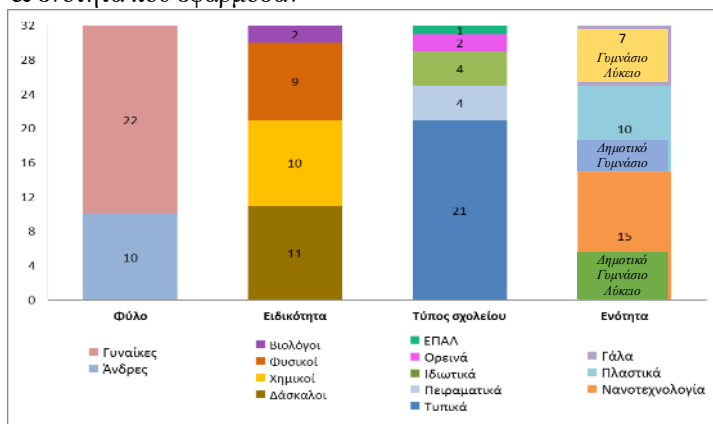
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο σχεδιασμός της έρευνας

Ο σχεδιασμός της έρευνας, ο οποίος βασίζεται στο πρόγραμμα IRRESISTIBLE (<http://irresistible-greece.edc.uoc.gr/index.php/el/>), έχει εν συντομία ως εξής: Στη διάρκεια μιας πρώτης φάσης, 5 εκπαιδευτικοί (ένας εκπαιδευτικός της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και 4 εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης - 2 φυσικοί και 2 χημικοί), σε συνεργασία με ερευνητές στο πεδίο της επιστήμης, ερευνητές της διδακτικής των ΦΕ και ειδικούς της επικοινωνίας της επιστήμης ανέπτυξαν και υλοποίησαν μια διδακτική ενότητα σχετικά με τη Νανοτεχνολογία και πτυχές της ΥΕΚ. Στη διάρκεια μιας δεύτερης φάσης, οι 5 αυτοί εκπαιδευτικοί (στο εξής “μέντορες”) εκπαίδευσαν στα πλαίσια *κοινοτήτων μάθησης* άλλους 32 εκπαιδευτικούς (5 έως 10 έκαστος) στην εφαρμογή της ενότητας που ανέπτυξαν και εφάρμοσαν οι ίδιοι αλλά και άλλων 2 ενότητων οι οποίες είχαν αναπτυχθεί από αντίστοιχες ομάδες άλλων χωρών. Οι 3 ενότητες πάνω στις οποίες επιμορφώθηκαν και εφάρμοσαν οι εκπαιδευτικοί ήταν οι: *Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας, Πλαστικά στους Ωκεανούς και Μητρικό γάλα για μια υγιή ανάπτυξη*. Οι 32 εκπαιδευτικοί της δεύτερης φάσης προέρχονταν από την πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, από περιοχές της Αθήνας, του Ηρακλείου και του Ρεθύμνου και αντιπροσώπευαν και ένα μεγάλο εύρος σχολείων όπως φαίνεται και στο Γράφημα 1.

Πιο συγκεκριμένα, η επιμόρφωση ξεκίνησε τον Οκτώβριο, όπου έλαβε χώρα μια εναρκτήρια ολομέλεια στη διάρκεια της οποίας παρουσιάστηκαν οι βασικές αρχές του προγράμματος αλλά και τα κύρια σημεία των τριών διδακτικών ενότητων. Βάσει των παρουσιάσεων αυτών οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να επιλέξουν ποια ενότητα επιθυμούσαν να υλοποιήσουν στην τάξη τους. Στη συνέχεια, και μέχρι τον Απρίλιο, πραγματοποιήθηκαν 6-8 συναντήσεις (δια ζώσης ή/και μέσω τηλεδιασκέψεων) των κοινοτήτων μάθησης. Σε γενικές γραμμές η πορεία διεξαγωγής των συναντήσεων αυτών είχε ως εξής:

Στην πρώτη συνάντηση συζητήθηκαν οι ανάγκες και οι προσδοκίες των εκπαιδευτικών από την εμπλοκή τους στο πρόγραμμα. Στις επόμενες 2-3 συναντήσεις, που διεξήχθησαν πριν την εφαρμογή στην τάξη (Οκτώβριος - Νοέμβριος), μελετήθηκε σε βάθος το υλικό των ενότητων από πλευράς επιστημονικού περιεχομένου, διδακτικής αξιοποίησης (βάσει της διερευνητικής μάθησης) και ανάδειξης πτυχών της ΥΕΚ.

Γράφημα 1: Κατανομή των 32 εκπαιδευτικών ανά φύλο, ειδικότητα, τύπο σχολείου που υπηρετούν & ενότητα που εφάρμοσαν

Στις τελευταίες συναντήσεις, που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των ενότητων στις τάξεις (Νοέμβριος - Φεβρουάριος), οι μέντορες παρείχαν την υποστήριξη τους στους εκπαιδευτικούς συζητώντας μαζί τους τις δυσκολίες που ανέκυπταν, βοηθώντας τους στην προσαρμογή των ενότητων στις ανάγκες των μαθητών τους, διευκολύνοντάς τους με την εξεύρεση υλικών και συμβουλευοντάς τους επί της διαχείρισης συγκεκριμένων δραστηριοτήτων.

Προς το τέλος της εφαρμογής των ενότητων, πραγματοποιήθηκαν δύο ημερίδες για τους εκπαιδευτικούς ώστε να μπορέσουν να υποστηρίξουν τους μαθητές τους κατά την διαδικασία ανάπτυξης διαδραστικών εκθεμάτων.

Μετά και την ολοκλήρωση των εκθέσεων των μαθητών, πραγματοποιήθηκαν δύο καταληκτικές ολομέλειες (Ιούνιος) όπου οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν τις εμπειρίες τους από το πρόγραμμα εστιάζοντας στη συνεργασία τους με τα μέλη των κοινοτήτων μάθησης, στις δυσκολίες που αντιμετώπισαν και στον τρόπο που η επιμόρφωση παρόρθωσε την προσωπική και επαγγελματική τους εξέλιξη.

Δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ενός ερωτηματολογίου επικεντρωμένου στις προσαρμογές (προσθήκες, παραλήψεις, τροποποιήσεις) των εκπαιδευτικών στις ενότητες που εφάρμοσαν, των φύλλων εργασίας που χρησιμοποίησαν, των μαγνητοφωνήσεων των συναντήσεων των κοινοτήτων μάθησης και των απολογιστικών παρουσιάσεων των εκπαιδευτικών. Λόγω της διερευνητικής φύσης της εργασίας, για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015).

Οι διδακτικές ενότητες

Οι ενότητες οι οποίες αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος IRRESISTIBLE είχαν κάποιες κοινές προδιαγραφές:

- i. να εγείρουν ζητήματα υπεύθυνης έρευνας και καινοτομίας μέσα από αντικείμενα

- σύγχρονης έρευνας αιχμής,
- ii. να προάγουν τη διερευνητική μάθηση βασιζόμενες στο μοντέλο των 6E (Kähkönen, 2016) – επέκταση του μοντέλου του Bybee (2006) με την επιπρόσθετη φάση της ανταλλαγής (exchange) των γνώσεων των μαθητών μέσω εκθεμάτων,
 - iii. να αξιοποιούν εργαλεία web2.0 και
 - iv. να εμπλέκουν τους μαθητές στην ανάπτυξη διαδραστικών επιστημονικών εκθεμάτων.

Ωστόσο η κάθε ενότητα παρουσιάζει τα δικά της χαρακτηριστικά, εκφράζοντας μια διαφορετική προσέγγιση απέναντι στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού και στο πώς αυτό είχε μορφοποιηθεί με τις διαστάσεις της ΥΕΚ.

Η ελληνική ενότητα: Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας

Η ενότητα *Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας* αφορά τα καινοτόμα νανο-υλικά που στόχο έχουν τη βελτίωση της ποιότητας ζωής, δίνοντας παράλληλα βάρος στη συνειδητοποίηση από πλευράς των μαθητών του ρόλου της νανοτεχνολογίας και των πιθανών κινδύνων που αυτή μπορεί να κρύβει για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Η ενότητα αποτελείται από επτά 90λεπτα μαθήματα και απευθύνεται σε μαθητές 11-17 ετών γι' αυτό και περιέχει προτεινόμενες προσαρμογές αλλά και εναλλακτικές δραστηριότητες ανάλογα με την ηλικία ή το γνωστικό επίπεδο των μαθητών.

Το διδακτικό υλικό αποτελείται από:

- Έναν οδηγό εκπαιδευτικού στον οποίο γίνεται αναλυτική περιγραφή της πορείας του μαθήματος και των επιμέρους δραστηριοτήτων και δίνονται πληροφορίες για τις υποκείμενες εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, για το επιστημονικό περιεχόμενο καθώς και οδηγίες εκτέλεσης πειραμάτων .
- Φύλλα εργασίας για τους μαθητές στα οποία οι μαθητές καταγράφουν προβλέψεις, παρατηρήσεις, δεδομένα και συμπεράσματα (<http://irresistible-greece.edc.uoc.gr/index.php/el/ekpaideftiko-yliko/nanotexnologia>).

Στην πορεία της ενότητας οι μαθητές έρχονται σε επαφή με πραγματικά νανο-υλικά και γνωρίζουν μέσα από πρακτικές δραστηριότητες πτυχές της νανοεπιστήμης. Ακόμα, αλληλεπιδρούν με ερευνητές της νανοτεχνολογίας και συζητούν μαζί τους και προβληματίζονται για τις ηθικές προεκτάσεις των εφαρμογών της.

Η γερμανική ενότητα: Πλαστικά – Η καταστροφή των ωκεανών

Η ενότητα *Πλαστικά – Η καταστροφή των ωκεανών* έχει ως στόχο τον εξοπλισμό των μαθητών με τις απαραίτητες γνώσεις για το πρόβλημα των πλαστικών στους ωκεανούς, ώστε στη συνέχεια να είναι σε θέση να κάνουν οι ίδιοι έρευνα για το θέμα αναδεικνύοντας παράλληλα ζητήματα ΥΕΚ. Η ενότητα εκτείνεται σε 13 διδακτικές ώρες και απευθύνεται σε μαθητές 13-15 ετών, παρ'όλα αυτά εφαρμόστηκε και σε μαθητές ΣΤ' δημοτικού στην Ελλάδα.

Το διδακτικό υλικό αποτελείται από:

- Έναν οδηγό εκπαιδευτικού όπου γίνεται αναλυτική περιγραφή της πορείας του μαθήματος και παρέχεται πλούσιο επιστημονικό υπόβαθρο για την υποστήριξη

των εκπαιδευτικών. Επίσης, περιλαμβάνονται προτεινόμενες απαντήσεις για τα φύλλα εργασίας των μαθητών.

- Φύλλα εργασίας στα οποία οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν πίνακες, να κατασκευάσουν διαγράμματα ροής και να καταγράψουν τις εκτιμήσεις τους.

Στη συγκεκριμένη ενότητα οι μαθητές προσπαθούν να συλλέξουν πληροφορίες μέσα από κείμενα και διαγράμματα για να απαντήσουν ερωτήσεις που οι ίδιοι έθεσαν στην αρχή και για να επιλύσουν νοητικά προβλήματα. Ακόμα εμπλέκονται με τις τοπικές διαστάσεις του προβλήματος και παίζουν παιχνίδια ρόλων λαμβάνοντας υπ' όψιν τους τις πτυχές της ΥΕΚ.

Η ολλανδική ενότητα: Η υγιής ανάπτυξη ξεκινά με το θηλασμό

Η ενότητα *Η υγιής ανάπτυξη ξεκινά με το θηλασμό* εξετάζει από τη σκοπιά της μικροβιολογίας και της βιοχημείας τα οφέλη του μητρικού γάλακτος για τον ανθρώπινο οργανισμό, τις διαφορές του από τα βιομηχανικά υποκατάστατα αλλά και ηθικούς προβληματισμούς που εγείρονται από το θέμα αυτό. Η διάρκειά της είναι 14 διδακτικές ώρες και απευθύνεται σε μαθητές 15-17 ετών, αν και εφαρμόστηκε και σε μαθητές Γυμνασίου στην Ελλάδα.

Το διδακτικό πακέτο αποτελείται από:

- Έναν σύντομο οδηγό εκπαιδευτικού όπου αναφέρεται επιγραμματικά για κάθε συνάντηση η σειρά των δραστηριοτήτων και των πειραμάτων προς υλοποίηση. Συνοδεύεται από έναν οδηγό με περιγραφή των πειραμάτων της ενότητας και με προτεινόμενες απαντήσεις των εργασιών/ ερωτήσεων του βιβλίου μαθητή.
- Ένα εκτενές βιβλίο μαθητή στο οποίο περιλαμβάνεται αναλυτικά η θεωρία της ενότητας και στο τέλος κάθε υποενότητας ερωτήσεις γνώσεων για τους μαθητές.

Σε αυτή την ενότητα οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν στο ερώτημα «γιατί τα βρέφη δεν πίνουν αγελαδινό γάλα». Για το λόγο αυτό καταπιάνονται με μια πληθώρα ζητημάτων, όπως το ανθρώπινο μικροβίωμα, τους ολιγοσακχαρίτες του μητρικού γάλακτος, το πεπτικό και το ανοσοποιητικό σύστημα, τη χημική σύσταση των διαφόρων ειδών γάλακτος αλλά και την παραγωγή βιομηχανικών υποκατάστατων. Ακόμα μελετούν άρθρα για διατροφικά σκάνδαλα και προσωπικές ιστορίες γυναικών διενεργώντας debate για τη χρήση ή μη υποκατάστατων γάλακτος.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση του ερωτηματολογίου των εκπαιδευτικών σχετικά με τις προσαρμογές που πραγματοποίησαν στις ενότητες, των φύλλων εργασίας που παρήγαγαν και των απομαγνητοφωνήσεων των συναντήσεών τους διαφαίνεται ότι στην πλειοψηφία τους οι εκπαιδευτικοί δεν εφάρμοσαν πιστά, αλλά προχώρησαν σε μικρότερης ή μεγαλύτερης έκτασης τροποποιήσεις των ενότητων. Στις προσαρμογές αυτές φαίνεται πως τους οδήγησαν 3 παράγοντες: τα χαρακτηριστικά των ενότητων, τα προσωπικά τους χαρακτηριστικά και το σχολικό πλαίσιο.

Τα χαρακτηριστικά των ενότητων. Εξετάζοντας τις προσαρμογές που έγιναν από τη σκοπιά της επιλεγμένης κάθε φορά ενότητας, γίνεται εμφανές ότι τα χαρακτηριστικά των

διδασκτικών υλικών επιδρούν σημαντικά στις τροποποιήσεις που πραγματοποιούν σε αυτά οι εκπαιδευτικοί. Πιο συγκεκριμένα, η συνάφεια του επιστημονικού τους περιεχομένου με το Α.Π. της βαθμίδας στην οποία υλοποιήθηκαν ήταν αυτή που φαίνεται πως οδήγησε σε αρκετές τροποποιήσεις. Το αντικείμενο της ενότητας του μητρικού γάλακτος δεν συνήδε με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών του Λυκείου, πόσο μάλλον του Γυμνασίου, καθώς δεν διέθεταν τις απαραίτητες προαπαιτούμενες γνώσεις για την κατανόηση μεγάλου μέρους της ενότητας. Έτσι απαιτήθηκαν αρκετές προσαρμογές και μετασχηματισμοί από πλευράς των εκπαιδευτικών ώστε να μειωθούν οι γνωστικές της αιτιήσεις, όπως η προσθήκη πρακτικών δραστηριοτήτων κατασκευής μοντέλων πρωτεϊνών. Αντίθετα, στην ενότητα των πλαστικών, παρ'ότι και εκείνη εφαρμόστηκε σε χαμηλότερη βαθμίδα από την προοριζόμενη, δεν υπήρξε αντίστοιχη αναγκαιότητα αφού το θέμα των πλαστικών στη θάλασσα είναι οικείο στους μαθητές ήδη από το δημοτικό, ενώ δεν ενείχε και ιδιαίτερες δυσκολίες διαχείρισης του επιστημονικού περιεχομένου. Αυτό που χρειάστηκαν οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας ήταν να αυξήσουν το χρόνο που αφιέρωναν σε κάθε συνάντηση αλλά και να διαχειριστούν συλλογικά κάποιες δραστηριότητες (κατασκευή διαγραμμάτων ροής) με τις οποίες οι μαθητές δεν ήταν εξοικειωμένοι. Η ενότητα της νανοτεχνολογίας, καθώς ήταν εξ'αρχής δομημένη λαμβάνοντας υπόψη το ελληνικό Α.Π. και το υλικό της διαφοροποιημένο ως προς τη βαθμίδα εφαρμογής, δεν χρειάστηκε πολλές αλλαγές.

Η έκταση του περιεχομένου της ενότητας ήταν μια άλλη διάσταση που επέδρασε στις επιλογές των εκπαιδευτικών, με χαρακτηριστικό το παράδειγμα της ολλανδικής ενότητας, από την οποία οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δίδαξαν μερικές μόνο υποενότητες που έκριναν είτε ότι θα ήταν πιο ενδιαφέρουσες και κατανοητές, είτε που θα μπορούσαν οι ίδιοι να τις διαχειριστούν πληρέστερα.

Η πληρότητα επίσης του διδακτικού υλικού αλλά και ο τρόπος δόμησής του ήταν πολύ σημαντικός παράγοντας. Στην ενότητα του μητρικού γάλακτος που δεν ήταν δομημένη με τρόπο που να παρωθεί τους μαθητές να εργαστούν διερευνητικά, οι εκπαιδευτικοί ανέπτυξαν δικά τους φύλλα εργασίας αλλά και δραστηριότητες που να καθιστούν τους μαθητές πιο ενεργούς.

Τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός πως ακόμα και στα πλαίσια της ίδιας ενότητας διαπιστώθηκαν διαφορετικές προσεγγίσεις από πλευράς εκπαιδευτικών αλλά και των μεντόρων που τους συμβούλευαν, οι οποίες εν πολλοίς οφείλονταν στα ατομικά τους χαρακτηριστικά, στις γνώσεις, τα ενδιαφέροντα και τις πρακτικές που έφερε ο κάθε ένας από αυτούς.

Συγκεκριμένα, σε ό,τι αφορά στις γνώσεις τους επί του αντικειμένου και στα προσωπικά τους ερευνητικά ενδιαφέροντα, οι εκπαιδευτικοί σε αρκετές περιπτώσεις φάνηκε πως επηρεάστηκαν από αυτά. Χαρακτηριστικότερη είναι η περίπτωση ενός εκπαιδευτικού με διδακτορικό στην ανοσολογία, ο οποίος ενέταξε στην ολλανδική ενότητα θέματα ανοσοβιολογίας, θρεπτικών συστατικών και βιολογίας βακτηριών που θεωρούσε ότι είναι εξαιρετικά σημαντικό να τα κατανοήσουν οι μαθητές.

Ακόμα η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου των εκπαιδευτικών, ειδικά σε ό,τι αφορά στη γνώση των ενδιαφερόντων και των γνώσεων των μαθητών τους αλλά και ενός

εύρους διδακτικών στρατηγικών τους παράθησε να πραγματοποιήσουν μια σειρά αλλαγών. Συγκεκριμένα έτειναν να μειώνουν τις γνωστικές απαιτήσεις των δραστηριοτήτων, προσέθεσαν δραστηριότητες που έκριναν ότι θα ενεργοποιούσαν το ενδιαφέρον των μαθητών, τόνισαν την τοπική διάσταση των θεμάτων που συζητούνταν.

Η πρότερη εμπειρία των ιδίων και των μεντόρων τους σε συγκεκριμένα θέματα ήταν αυτή που τους ώθησε επίσης σε αλλαγές. Η πολύ θετική εμπειρία των μεντόρων από την προηγούμενη εφαρμογή σχετικά με την αξία της αλληλεπίδρασης των μαθητών με ερευνητές, ήταν, από ό,τι φαίνεται και ο λόγος που όλοι οι εκπαιδευτικοί ενέταξαν στα μαθήματά τους, ανεξάρτητα από το αν το προέβλεπε η ενότητα, τις επισκέψεις των μαθητών σε κάποιο σχετικά ερευνητικά κέντρα (ΕΛΚΕΘΕ, ΙΤΕ, ΔΗΜΟΚΡΙΤΟ).

Τέλος, η προθυμία του κάθε εκπαιδευτικού να εντάξει εκπαιδευτικές καινοτομίες στο μάθημά του, είτε σε επίπεδο περιεχομένου (με τη διαχείριση θεμάτων ΥΕΚ), είτε σε επίπεδο διδακτικών στρατηγικών (με την υιοθέτηση debate, παιχνιδιών ρόλων κ.α.) καθόρισε και αυτή με τη σειρά της το τελικό εξαγόμενο των ενοτήτων. Χαρακτηριστική ήταν η ευρηματικότητα μιας εκπαιδευτικού που χρησιμοποίησε ως μέσο διδασκαλίας της ενότητας για το φαινόμενο της υπερυδροφοβίας των νανο-υλικών ένα από τα εκθέματα που είχαν αναπτυχθεί από μαθητές στην προηγούμενη φάση του προγράμματος.

Το σχολικό πλαίσιο. Τέλος, οι παράγοντες του σχολικού πλαισίου, όπως τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του σχολείου, ο σχολικός προγραμματισμός, το πλαίσιο στο οποίο εφαρμόζεται η ενότητα (project, όμιλος, περιβαλ. προγράμματα, ευέλικτη ζώνη) επηρεάζουν σημαντικά τις αποφάσεις προσαρμογών που λαμβάνουν οι εκπαιδευτικοί. Για παράδειγμα, ο υλικοτεχνικός εξοπλισμός των σχολείων ήταν ένας από τους παράγοντες που καθόρισαν την υλοποίηση ή μη συγκεκριμένων πειραμάτων ή παρασκευών που προτεινόταν από τις ενότητες. Επίσης, καθώς καμία από τις τρεις ενότητες δεν μπορούσε να ενταχθεί αυτούσια στα Α.Π, ο χρόνος που σε κάθε περίπτωση μπορούσε να διατεθεί σε εβδομαδιαία βάση οδήγησε σε συγκεκριμένες αλλαγές. Σε περιπτώσεις μονόωρων μαθημάτων (project) σημειώθηκε δυσκολία ολοκλήρωσης της ενότητας ή και αναδιαμόρφωση των μαθημάτων προορίζονταν για υλοποίηση σε δίωρα. Ακόμα, ο σχολικός προγραμματισμός και η ευελιξία ή μη οργάνωσης εκπαιδευτικών επισκέψεων ήταν και αυτός ένας από τους παράγοντες που επέδρασαν στην τελική μορφή των ενοτήτων. Έτσι υπήρξαν τάξεις που κατόρθωσαν να κάνουν έως και 3 επισκέψεις σε ερευνητικά κέντρα και μουσεία ενώ άλλες που αναγκάστηκαν να βρουν άλλες λύσεις με την πραγματοποίηση τηλεδιασκέψεων ή με την πρόσκληση των επιστημόνων στο σχολείο. Τέλος, το κλίμα εντός της σχολικής μονάδας και η επικοινωνία μεταξύ των εκπαιδευτικών έδωσε τη δυνατότητα για διεπιστημονικές προσεγγίσεις του εκάστοτε θέματος, όπως για παράδειγμα η συνεργασία μιας εκπαιδευτικού με την εικαστικό του σχολείου, που εξέτασαν το θέμα της δημιουργικής επαναχρησιμοποίησης πλαστικών απορριμμάτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τα ανωτέρω αποτελέσματα συμπεραίνουμε πως οι εκπαιδευτικοί αλληλεπέδρασαν σε διαφορετικό βαθμό ο καθένας με το διδακτικό υλικό που τους παρασχέθηκε. Οι πρώτες τροποποιήσεις συναποφασίστηκαν στα πλαίσια των κοινότητων μάθησης και αφορούσαν

κυρίως στην προσαρμογή των εννοιών στο γνωστικό επίπεδο μαθητών μικρότερης ηλικίας από την προτεινόμενη και στην προσθήκη στοιχείων που προωθούσαν την αλληλεπίδραση των μαθητών με ειδικούς από ερευνητικά και επιστημονικά κέντρα σχετικών με το αντικείμενο κάθε ενότητας. Μετά την έναρξη της εφαρμογής στις τάξεις προχώρησαν σε μικρότερης κλίμακας προσαρμογές, οι οποίες σχετίζονταν κυρίως με τον τρόπο που αλληλεπιδρούσαν οι μαθητές με το υλικό.

Πιο συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί προχώρησαν σε:

- *προσθήκες στοιχείων*, όπως επιπλέον πειράματα και δραστηριότητες που θεωρούσαν ότι εισήγαγαν τους μαθητές καλύτερα στο θέμα ή ότι φώτιζαν άλλες πτυχές του αντικειμένου, επισκέψεις σε ερευνητικά και επιστημονικά κέντρα για περισσότερη επαφή των μαθητών με ειδικούς, διεπιστημονικές προσεγγίσεις του αντικειμένου της ενότητας σε συνεργασία με άλλους συναδέλφους του σχολείου.
- *αντικαταστάσεις πειραμάτων* με άλλα που κατά τη γνώμη τους ήταν απλούστερα ή πιο ενδεικτικά ενός φαινομένου, προτεινόμενων δραστηριοτήτων και κειμένων με άλλα καταλληλότερα για το γνωστικό επίπεδο και τα ενδιαφέροντα των μαθητών.
- *παραλήψεις δραστηριοτήτων*, είτε λόγω έλλειψης χρόνου είτε επειδή δε θεωρούσαν ότι εξυπηρετούσαν συγκεκριμένους στόχους στην ενότητα.
- *απλουστεύσεις* ορισμένων κειμένων ή δραστηριοτήτων.

Οι ενότητες, λοιπόν, οι οποίες κατέληξαν να διδαχθούν στην τάξη, ως εξαγόμενα της παραπάνω διαδικασίας, είχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους και από τις αρχικές, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης παραγόντων που αφορούν στα χαρακτηριστικά του διδακτικού υλικού (όπως η συνάφεια με το Α.Π., η έκταση της ενότητας, η πληρότητα και η δομή του διδακτικού υλικού), των χαρακτηριστικών του εκάστοτε εκπαιδευτικού (όπως οι γνώσεις και τα ενδιαφέροντά τους, η ΠΓΠ, η εμπειρία τους και η προθυμία τους για εισαγωγή καινοτομιών) και της επίδρασης εξωτερικών παραγόντων του πλαισίου εφαρμογής (χρόνος, υποδομές).

Οι επιπτώσεις των ανωτέρω στην εισαγωγή καινοτομιών στη διδασκαλία των ΦΕ σχετίζονται κυρίως με το γεγονός ότι η διαδικασία αυτή έχει χαρακτηριστικά (ανα)δημιουργίας από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, τα οποία θα πρέπει να ενισχύονται τόσο από το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται, όσο και από την υποστήριξη που λαμβάνουν κατά τη διαδικασία αυτή. Το εκπαιδευτικό υλικό οφείλει να είναι σαφές, καλά δομημένο και να προσφέρει στους εκπαιδευτικούς υπόβαθρο τόσο σε επιστημονικό όσο και σε διδακτικό επίπεδο, αλλά να τους παρέχει και περιθώρια ευελιξίας ώστε να μπορούν να εκφράσουν μέσα από αυτό τα προσωπικά τους χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά των μαθητών τους, προσαρμόζοντάς το κατάλληλα στους εκάστοτε εξωτερικούς παράγοντες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Beyer, C., & Davis, E. A. (2009). Supporting preservice elementary teachers' critique and adaptation of science lesson plans using educative curriculum materials. *Journal of Science Teacher Education*, 20(6), 517-536.

- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, CO: BSCS*, 5, 88-98.
- Davis, E. A., Janssen, F. J., & Van Driel, J. H. (2016). Teachers and science curriculum materials: where we are and where we need to go. *Studies in Science Education*, 1-34.
- Fogleman, J., McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2011). Examining the effect of teachers' adaptations of a middle school science inquiry-oriented curriculum unit on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), 149-169.
- Hofstein, A., Eilks, I., & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education—A pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6), 1459-1483.
- Kähkönen, A. L. (2016). Models of inquiry and the IRRESISTIBLE 6E model. Ανακτήθηκε από <http://www.irresistible-project.eu/index.php/tr/blog-tr/168-models-of-inquiry-and-the-irresistible-6e-model> στις 10-6-2016.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science education*, 85(3), 291-310.
- Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201- 1224.
- Marks, R. & Eilks, I. (2009). Promoting scientific literacy using a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry teaching: Concept, examples, experiences. *International Journal of Science and Environmental Education*, 4(3), 231–245.
- Mayring, P. (2015). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (pp. 365-380). Springer Netherlands.
- Pintó, R. (2005). Introducing curriculum innovations in science: Identifying teachers' transformations and the design of related teacher education. *Science Education*, 89(1), 1-12.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education and citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Buckingham, UK: Open University Press.
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246.
- Sadler, T. D., Amirshokohi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353-376.
- Zeidler, D.L. & Kahn S. (2014). *It's debatable! : using socioscientific issues to develop scientific literacy, K-12*. Arlington, VA: National Science Teachers Association press.

Μελλοντικοί εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν και αναπτύσσουν μικροταινίες vines ως εκπαιδευτικό υλικό για τις φυσικές επιστήμες

Ελένη Γέντζη¹ & Φανή Σέρογλου²

Ερευνητική Ομάδα ΑΤΛΑΣ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,
Παιδαγωγική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
<http://atlaswiki.wikifoundry.com>

Vine: atlasvines, <https://vine.co/atlasvines>

¹ Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, [gentzieleni@eled.auth.gr](mailto:genzieleni@eled.auth.gr)

² Μόνιμη επίκουρη καθηγήτρια, seroglou@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας που σκοπό έχει το σχεδιασμό και την αξιολόγηση ενός διαδικτυακού καναλιού vine για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στη συγκεκριμένη εργασία αναλύεται η διαδικασία δημιουργίας vine στο εργαστήριο, με το ερευνητικό μοντέλο GNOSIS, και παρουσιάζονται οι απόψεις 237 τριτοετών φοιτητών και φοιτητριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., που συμμετείχαν σε εργαστηριακό μάθημα για την αξιοποίηση των vines στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης της διαδικασίας δημιουργίας vine στο εργαστήριο με το ερευνητικό μοντέλο GNOSIS, δείχνουν ότι η συγκεκριμένη διαδικασία αναδεικνύει διαφορετικές όψεις της φύσης των φυσικών επιστημών. Επιπλέον, από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν από τους/τις συμμετέχοντες προκύπτει ότι τα vines αποτελούν ένα δυναμικό και ενδιαφέρον εργαλείο στα χέρια των εκπαιδευτικών, το οποίο θα χρησιμοποιούσαν μελλοντικά στη δική τους τάξη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Web 2.0, vine, ερευνητικό μοντέλο GNOSIS, διδασκαλία φυσικών επιστημών, φύση των φυσικών επιστημών

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ

Ο όρος Web 2.0, που επινοήθηκε το 1999 από την DiNucci, αναφέρεται στην τεχνολογία του διαδικτύου που επιτρέπει στους χρήστες τη διάδραση και τη δημιουργία περιεχομένου σε εικονικές κοινότητες, κάτι το οποίο αναπαριστά μια διαφοροποίηση από τους στατικούς ιστότοπους που επιτρέπουν στους χρήστες μόνο έναν παθητικό ρόλο ως καταναλωτές της πληροφορίας (Pagoto et al., 2016). Σύμφωνα με τους Kulakli & Mahony (2014), ο Tim Berners-Lee (1999) ονόμασε το καινούριο όρο του Web ως ένα

«συνεργατικό μέσο» (“a collaborative medium”) που επιτρέπει στα άτομα να γίνουν μέρος του διαδικτύου (Web) πιο εντατικά. Η εμφάνιση των τεχνολογιών του Web 2.0 παρέχει νέες ευκαιρίες για δημιουργία και κοινοποίηση περιεχομένου και για αλληλεπίδραση με άλλους/ες. Οι Pagoto et al. (2016) σημειώνουν ότι τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης αποτελούν ένα ευρύ/διαδεδομένο (broad) παράδειγμα του Web 2.0 και αναφέρονται σε ιστοσελίδες διαδικτυακής κοινωνικής δικτύωσης όπως το Facebook, το Twitter, το Reddit, το Pinterest και το Instagram, καθώς επίσης και τα blogs και πίνακες μηνυμάτων (message boards), όλα εκ των οποίων είναι εργαλεία που επιτρέπουν στους χρήστες την αλληλεπίδραση με άλλα άτομα και τη δημιουργία δικού τους περιεχομένου.

Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ VINE

Οι Zhang et al. (2014) ορίζουν το Vine ως μια πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης για κινητά που δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες της να δημιουργήσουν πολύ μικρά βίντεο, να τα κοινοποιήσουν και να τα μοιραστούν με τους ακόλουθούς τους. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές υπηρεσίες κοινωνικής δικτύωσης, το Vine εστιάζει αποκλειστικά στους χρήστες κινητών (που έχουν πια το ρόλο υπολογιστών παλάμης), και δεν έχει κάτι αντίστοιχο στον υπολογιστή. Όπως αναφέρεται στην επίσημη ιστοσελίδα του, το Vine έχει προσελκύσει πάνω από 40 εκατομμύρια εγγεγραμμένους χρήστες από την αρχική του έκδοση τον Φεβρουάριο του 2013 σε πλατφόρμες της iOS. Παρόλο που το Vine αρχικά ήταν διαθέσιμο μόνο για συσκευές iOS, στη συνέχεια εμφανίστηκε στις περισσότερες πλατφόρμες: σε Android (3 Ιουνίου 2013) για συσκευές με Android OS έκδοσης 4.0 και πάνω, σε Windows Phone 8 και στα Windows 8 (η εφαρμογή Vine κατά τη διάρκεια του συνεδρίου της Microsoft 2013 Build Conference). Ο Pogue (2013) συγκαταλέγει τα vines ως ένα παράδειγμα μικροταινίας (Micro Movie), μαζί με άλλα δύο, τα κινούμενα σχέδια GIF και το Motion Snapshot. Υποστηρίζει ότι ένας από τους λόγους που έχουν αναδειχθεί αυτού του είδους τα βίντεο είναι οι τεχνικοί περιορισμοί των βίντεο μεγαλύτερης διάρκειας. Πιο συγκεκριμένα, τα μεγάλα και όμορφα βίντεο έχουν μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο κοστίζει χρήματα στο σχεδιασμό των κινητών τηλεφώνων ενώ η φόρτωση σε άλλες συσκευές παίρνει χρόνο. Αντίθετα, τα μικρά βίντεο, περνούν το μήνυμα και φορτώνουν σχεδόν στιγμιαία, δεν κοστίζουν και δεν σπαταλούν χρόνο. Ένας άλλος λόγος για την ανάδειξη αυτών των βίντεο αποτελεί το γεγονός ότι οι περιορισμοί που έχουν προάγουν τη δημιουργικότητα. Στην περίπτωση των Vine, η συμπίεση αποτελεί το κλειδί για την επιτυχία τους. Μπορεί να φαίνεται εύκολη η λήψη ενός βίντεο έξι δευτερολέπτων, ωστόσο, ο Pogue (2013) επισημαίνει ότι η διαδικασία αυτή απαιτεί σκέψη, δημιουργικότητα και εφευρετικότητα για να αφηγηθεί κανείς μια ιστορία σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα.

Ειδικότερα για τις φυσικές επιστήμες, οι μικροταινίες vine δίνουν τη δυνατότητα αναπλαισίωσης της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, αφού ζωντανεύουν τις έννοιες, τα φαινόμενα και τις θεωρίες των φυσικών επιστημών. Επιπλέον, αποφεύγοντας τους τεχνικούς περιορισμούς των βίντεο μεγαλύτερης διάρκειας, συμβάλλουν στην κατανόηση αφηρημένων εννοιών των φυσικών επιστημών, αφού οι εικόνες αποκτούν εικόνα και ήχο (Houghton & Willows 1987; Newby, 2009). Τα άτομα που συμμετέχουν στη διαδικασία

παραγωγής ταινιών vine εργάζονται ομαδικά, συζητούν για τις φυσικές έννοιες και μαθαίνουν με έναν ευχάριστο και αποτελεσματικό τρόπο (Ramey-Gassert, 1997; Kress et al., 2001; Gerber, Cavallo & Marek, 2001; Seroglou et al., 2008).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο πληθυσμός της έρευνας

Στην έρευνα συμμετείχαν φοιτητές και φοιτήτριες που παρακολουθούν το μάθημα «Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Φυσικές Επιστήμες για την Εκπαίδευση του Πολίτη» που προσφέρεται στο 3^ο έτος των σπουδών τους στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Θεσσαλονίκης, κατά το εαρινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2015-2016. Πιο συγκεκριμένα, τα υποκείμενα της έρευνας είναι 237 φοιτητές και φοιτήτριες εκ των οποίων οι 212 είναι φοιτήτριες και οι 25 φοιτητές.

Η διαδικασία

Οι φοιτητές/τριες, χωρισμένοι σε 12 τμήματα, συμμετείχαν σε ένα δίωρο εργαστήριο στο οποίο έγινε εισαγωγή στα vine, παρουσίαση του διαδικτυακού καναλιού “atlasvines” για τις φυσικές επιστήμες και εν συνεχεία δημιούργησαν τα δικά τους vine για θέματα που αφορούν τις φυσικές επιστήμες. Κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου καταγράψαμε αποσπάσματα από τη διαδικασία δημιουργίας vine για τις φυσικές επιστήμες. Η καταγραφή αφορά εργασίες ομάδων που δέχτηκαν να συμμετέχουν σε αυτήν τη διαδικασία. Μία εβδομάδα μετά τη συγκεκριμένη παρέμβαση, το σύνολο των συμμετεχόντων συμπλήρωσε ερωτηματολόγια με ανοιχτού τύπου κυρίως ερωτήσεις, τα οποία σχετίζονταν με τη γνώμη τους για τη δημιουργία διαδικτυακού καναλιού vine για τις φυσικές επιστήμες και την αξιοποίηση των vines, γενικότερα, στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

ΑΝΑΛΥΟΝΤΑΣ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ VINE ΜΕ ΤΟ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ GNOSIS

Τα αποσπάσματα από τη διαδικασία δημιουργίας vine για τις φυσικές επιστήμες ήταν συνολικά 18 και αφορούσαν θέματα όπως βαρύτητα (π.χ. πτώση των σωμάτων), δυνάμεις (π.χ. συμβολική αναπαράσταση δυνάμεων κατά την επαφή), άνωση (π.χ. ρίψη αντικειμένων στο νερό), φως (π.χ. ανάκλαση), περιβάλλον (π.χ. ουράνιο τόξο), υδροστατική πίεση (π.χ. κατασκευή κλέφτης νερού), ηλεκτρισμό (π.χ. στύλο και μικρά χαρτάκια για ανάδειξη στατικού ηλεκτρισμού), και ατμοσφαιρική πίεση (π.χ. πώς ρουφάμε με ένα καλαμάκι) (Πίνακας 1).

Η ανάλυση των αποσπασμάτων έγινε χρησιμοποιώντας το ερευνητικό μοντέλο *GNOSIS* (Guidelines for Nature Of Science Introduction in Scientific literacy) που παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Με το μοντέλο *GNOSIS* διερευνώνται οι διαστάσεις της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και οι όψεις της φύσης των φυσικών επιστημών που εμπεριέχονται στη διδασκαλία και εκδηλώνονται στα λόγια και τις δράσεις των παιδιών και των εκπαιδευτικών (Seroglou & Adúriz-Bravo 2007, Piliouras et al., 2011):

Πίνακας 1: Τα θέματα των vines που δημιουργήθηκαν από στο εργαστήριο

Γενικό θέμα	Συγκεκριμένο θέμα	Γενικό θέμα	Συγκεκριμένο θέμα
Βαρύτητα	πτώση αντικειμένων (στυλό & χαρτί)	Περιβάλλον	μέλισσα - γύρη
	παχνίδι σχοινάκι		δύση ηλίου
Δυνάμεις	συμβολική αναπαράσταση τους κατά την επαφή		ουράνιο τόξο
	διελκυστίνα (δράση αντίδραση)		εποχές
	περπάτημα (τριβή και αντίσταση)	φαινόμενο πεταλούδας	
Άνοση	ρίψη πέτρας σε νερό	Υδροστατική πίεση	απλό πείραμα
	ρίψη πέτρας και φύλλου σε νερό		κλέφτης νερού
Φως	ανάκλαση	Άλλα	στατικός ηλεκτρισμός
	σκιάς - ήλιος		ατμοσφαιρική πίεση

Πίνακας 2: Το ερευνητικό μοντέλο *GNOSIS*

ΜΟΝΤΕΛΟ «ΓΝΩΣΗ» (GNOSIS) Guidelines for Nature of Science Introduction in Scientific literacy		
ΔΙΑΣΤΑΣΗ	ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ	ΜΕΤΑ-ΕΠΙΣΤΗΜΗ
ΓΝΩΣΤΙΚΗ	G1: Η φύση του περιεχομένου των φυσικών επιστημών G2: Η φύση του περιβάλλοντος των φυσικών επιστημών	Ιστορία των φυσικών επιστημών
ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΗ	G3: Η συνθετική φύση των φυσικών επιστημών ως νοητικού προϊόντος G4: Η φύση της εξέλιξης και των μεθοδολογιών των φυσικών επιστημών G5: Η φύση των αλληλεπιδράσεων των φυσικών επιστημών με την κοινωνία	Φιλοσοφία των φυσικών επιστημών
ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗ	G6: Φύση των στάσεων που εκφράζονται από τις φυσικές επιστήμες G7: Φύση των αξιών που καλλιεργούνται από τις φυσικές επιστήμες	Κοινωνιολογία των φυσικών επιστημών

1. Η γνωστική διάσταση της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών που αφορά α) τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών ως ένα σύνολο μοντέλων που αφορούν τον κόσμο γύρω μας, δηλαδή τη φύση του περιεχομένου των φυσικών επιστημών (G1) και β) τη διδασκαλία για το ευρύτερο κοινωνικό πλαίσιο μέσα στο οποίο οι επιστημονικές ιδέες αναπτύχθηκαν και διαμορφώθηκαν, δηλαδή, τη φύση του περιβάλλοντος των φυσικών επιστημών (G2).

2. Η μεταγνωστική διάσταση της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών που αφορά: α) το τι είναι οι φυσικές επιστήμες εστιάζοντας στη συνθετική φύση των φυσικών

επιστημών ως νοητικού προϊόντος (G3), β) το πως αλλάζουν οι φυσικές επιστήμες στην ιστορία αναδεικνύοντας τη φύση της εξέλιξης των φυσικών επιστημών και των μεθοδολογιών των φυσικών επιστημών (G4) και γ) τον τρόπο που οι φυσικές επιστήμες αλληλεπιδρούν με την κοινωνία και τον πολιτισμό και τη φύση των αλληλεπιδράσεων των φυσικών επιστημών με την κοινωνία (G5), όπου αναδεικνύεται το «πολιτισμικό αποτύπωμα των φυσικών επιστημών».

3. Η συναισθηματική διάσταση της διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών που αφορά τις στάσεις (G6) που εκφράζονται και τις αξίες (G7) που καλλιεργούνται από τις φυσικές επιστήμες. Αυτές οι στάσεις και αξίες είναι θεμελιώδεις στην λειτουργία των φυσικών επιστημών και είναι σημαντικές και επιθυμητές στην εκπαίδευση εγγράμματων πολιτών στις φυσικές επιστήμες. Σε κάθε διάσταση του μοντέλου συμβάλλει και μια διαφορετική μετα-επιστήμη: η ιστορία, η φιλοσοφία και η κοινωνιολογία των φυσικών επιστημών.

Από την ανάλυση των αποσπασμάτων προέκυψαν τα παρακάτω γραφήματα που απεικονίζουν την εμφάνιση των όψεων της φύσης της επιστήμης στο σύνολο των αποσπασμάτων από τη δημιουργία vine στο εργαστήριο (Γράφημα 1) αλλά και αθροιστικά το ποσοστό εμφάνισης των διαστάσεων μάθησης (Γράφημα 2).

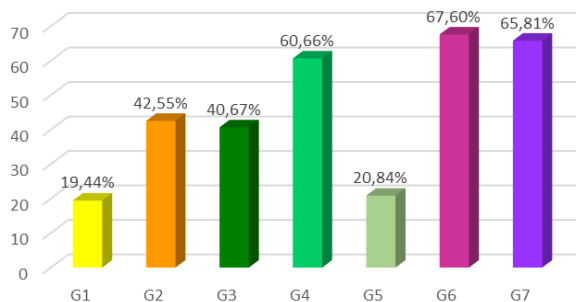
Τρεις όψεις της φύσης των φυσικών επιστημών εμφανίζονται στο ίδιο περίπου ποσοστό. Πιο συγκεκριμένα, η φύση των στάσεων που εκφράζονται από τις φυσικών επιστημών (G6) εμφανίζεται στο 67,60% του συνόλου των αποσπασμάτων, με ενδεικτικές στάσεις την προθυμία για επανάληψη μιας διαδικασίας και τον προβληματισμό για κάποιο θέμα. Η φύση των αξιών που καλλιεργούνται από τις φυσικών επιστημών (G7) εμφανίζεται στο 65,81%, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τη συνεργασία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας και τη δημιουργικότητα. Η φύση της εξέλιξης και των μεθοδολογιών των φυσικών επιστημών (G4), στην οποία περιλαμβάνονται συμβάντα πραγματοποίησης μιας διαδικασίας ή ενός πειράματος, εμφανίζεται στο 60,66% των αποσπασμάτων.

Η φύση του περιβάλλοντος των φυσικών επιστημών (G2) ενεργοποιείται στο 42,55% του συνόλου των αποσπασμάτων με παράδειγμα την πλαισίωση των εννοιών με κάποια ιστορία ή τον προσανατολισμό κάποιου αντικειμένου για την επιτυχία ενός πειράματος. Στο ίδιο περίπου ποσοστό (40,67%) εμφανίζεται και η συνθετική φύση των φυσικών επιστημών ως νοητικού προϊόντος (G3) με συμβάντα που αναδεικνύουν, για παράδειγμα, τον αναγκαίο συντονισμό πραγματοποίησης ενός πειράματος και εγγραφής vine.

Η φύση των αλληλεπιδράσεων των φυσικών επιστημών με την κοινωνία (G5) εμφανίζεται στο 20,84% του συνόλου των αποσπασμάτων, με ενδεικτικό παράδειγμα συμβάντα που γίνεται λόγος για προσθήκη μουσικής στο vine που να εκφράζει και να συνδέει την απεικόνιση στο vine των εννοιών και φαινόμενων των φυσικών επιστημών. Σε μικρή απόκλιση βρίσκεται η φύση του περιεχομένου των φυσικών επιστημών (G1) με ποσοστό 19,44% και συμβάντα στα οποία γίνεται λόγος για το περιεχόμενο του vine, όπως δυνάμεις, βαρύτητα κλπ.

Γράφημα 1: Επί τοις εκατό εμφάνιση των επιμέρους όψεων της φύσης των φυσικών επιστημών στο σύνολο των αποσπασμάτων.

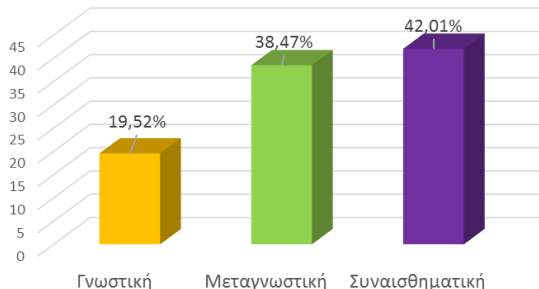
Επί μέρους διαστάσεις (επί τοις εκατό)



Από τα παραπάνω προκύπτει η σχεδόν ισοδύναμη εμφάνιση της συναισθηματικής και της μεταγνωστικής διάστασης της μάθησης (42,01% και 38,47%, αντίστοιχα). Η γνωστική διάσταση εμφανίζεται στο 19,52% του συνόλου των αποσπασμάτων (Γράφημα 2).

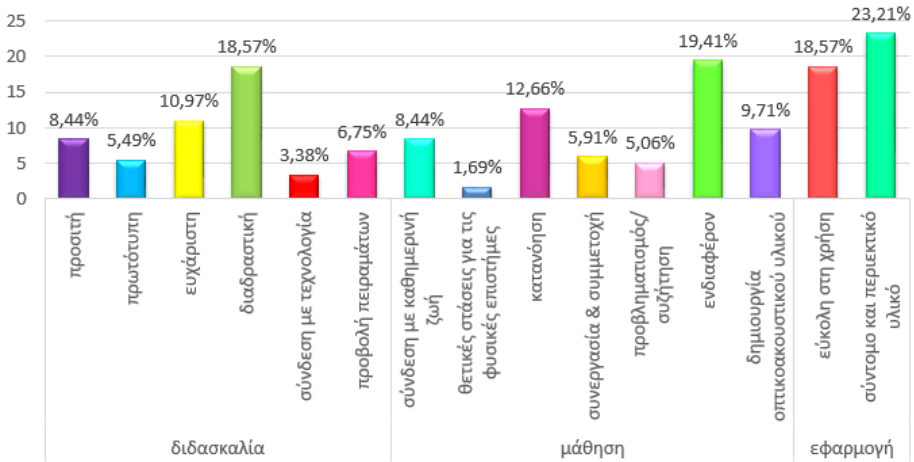
Γράφημα 2: Επί τοις εκατό εμφάνιση των διαστάσεων μάθησης στο σύνολο των αποσπασμάτων.

Διαστάσεις μάθησης (επί τοις εκατό)



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ

Η επεξεργασία των ερωτηματολογίων έφερε στην επιφάνεια τις απόψεις των φοιτητών/τριών σχετικά με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης vlnε στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Γράφημα 3: Πλεονεκτήματα χρήσης vine στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Πλεονεκτήματα χρήσης vine στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Σχετικά με τα πλεονεκτήματα της χρήσης των vine στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, οι συμμετέχοντες/ουσες στην έρευνα αναφέρθηκαν σε πλεονεκτήματα που αφορούν τη διδασκαλία, τη μάθηση και την εφαρμογή vine (ως εφαρμογή και ως περιεχόμενο) όπως φαίνεται στο Γράφημα 3. Τα ποσοστά αναφέρονται στο σύνολο των συμμετεχόντων/ουσών στην έρευνα. Το 12,66% δεν έδωσε κάποια απάντηση σχετικά με τα πλεονεκτήματα της χρήσης vine στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Το πλεονέκτημα που ανέφεραν σε μεγαλύτερο ποσοστό οι φοιτητές/τριες είναι ότι τα vines αποτελούν σύντομο και περιεκτικό υλικό (23,21%), το οποίο εξαιτίας αυτών των χαρακτηριστικών του δεν κουράζει τα παιδιά. Οι φοιτητές και οι φοιτήτριες ανέφεραν σε ποσοστό 19,41% ότι αυτό το υλικό προσελκύει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις φυσικές επιστήμες και για το μάθημα γενικότερα, ενώ το 18,57% αναφέρθηκε στο γεγονός ότι τα vines δίνουν διαδραστικό χαρακτήρα στη διδασκαλία εννοώντας με αυτό ότι δίνουν εικόνα και ήχο σε αφηρημένες έννοιες των φυσικών επιστημών που υπάρχουν μέσα στα βιβλία. Το ίδιο ποσοστό (18,57%) αναφέρθηκε στην ευκολία χρήσης της εφαρμογής vine, που δίνει τη δυνατότητα ακόμα και σε μικρά παιδιά είτε να αναζητήσουν και να δουν κάποιο vine με ευκολία είτε να δημιουργήσουν ένα vine. Ακολούθως, οι συμμετέχοντες/ουσες έκαναν λόγο για την κατανόηση (12,66%) η οποία συντελείται μέσα από την αναπαράσταση εννοιών και κάνουν τη διδασκαλία αποτελεσματικότερη, κατά τα λεγόμενα των συμμετεχόντων/ουσών.

Άλλα πλεονεκτήματα της χρήσης vine στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι ότι δίνει έναν ευχάριστο χαρακτήρα στο μάθημα (10,97%) και το κάνει πιο προσιτό και άμεσο στα παιδιά (8,44%). Δίνεται, επίσης, η δυνατότητα δημιουργίας οπτικοακουστικού υλικού από τον/ την εκπαιδευτικό αλλά και από τα ίδια τα παιδιά (9,71%) και γίνεται σύνδεση της καθημερινότητας των παιδιών με τις φυσικές επιστήμες

(8,44%) μώνοντας τα παιδιά στην παρατήρηση του περιβάλλοντός τους. Επιπλέον, οι φοιτητές/τριες ανέφεραν ότι με τη χρήση *vine* δίνεται η δυνατότητα προβολής πειραμάτων/ φαινομένων κλπ που δεν μπορούν να προβληθούν στην τάξη (6,75%), κάτι το οποίο αποτελεί μια βοήθεια για τον/την εκπαιδευτικό.

Οι φοιτητές/τριες ανέφεραν ως πλεονέκτημα της χρήσης *vine* στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών τη συμμετοχή των παιδιών στο μάθημα και τη συνεργασία (5,91%), η οποία αναπτύσσεται τόσο μεταξύ των παιδιών όσο και ανάμεσα στα παιδιά και στον/στην εκπαιδευτικό. Το 5,49% ανέφερε ως πλεονέκτημα ότι η διδασκαλία διαφορετική από την παραδοσιακή και παίρνει έναν πρωτότυπο χαρακτήρα, ενώ το 5,06% θεώρησε πλεονέκτημα ότι η προβολή ή η χρήση *vine* στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών αποτελεί ένα ερέθισμα για συζήτηση μεταξύ των παιδιών και προβληματισμό πάνω σε μια έννοια. Τέλος, οι συμμετέχοντες/ουσες αναφέρθηκαν στην αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδασκαλία (3,38%) αλλά και στην ανάπτυξη θετικών στάσεων προς τις φυσικές επιστήμες (1,69%), όπως την απομυθοποίηση της δυσκολίας τους και την αγάπη προς αυτές.

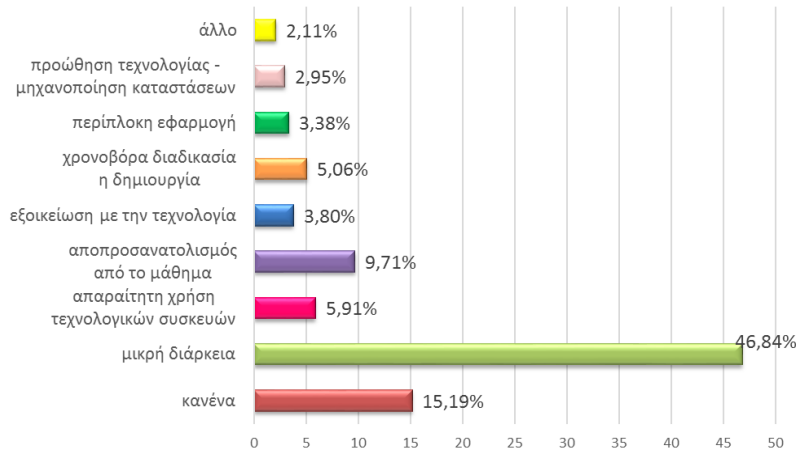
Μειονεκτήματα χρήσης *vine* στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Αναφορικά με τα μειονεκτήματα της χρήσης των *vine* στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Γράφημα 4), σχεδόν οι μισοί/ές συμμετέχοντες/ουσες (46,84%) δήλωσαν ως μειονέκτημα τη μικρή διάρκεια των *vines*, καθώς σε αυτό το μικρό χρονικό διάστημα είναι αμφίβολη η επιτυχής επεξήγηση μιας έννοιας ή ενός φαινομένου και υπάρχει ο κίνδυνος της σύγχυσης των μαθητών/τριών ή/και της δημιουργίας λανθασμένων ιδεών. Επόμενη δημοφιλέστερη απάντηση είναι ότι δεν υπάρχει κάποιο μειονέκτημα (15,19%). Ακολουθεί η δήλωση των φοιτητών/τριών ότι η χρήση των *vines* στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών θα αποπροσανατολίσει τα παιδιά από το μάθημα (9,71%), καθώς μπορεί να δοθεί έμφαση στη δημιουργία *video* και όχι στην ουσία των φυσικών επιστημών. Ένας άλλος παράγοντας που ενδεχομένως να αποπροσανατολίσει τα παιδιά από το μάθημα είναι το διαδίκτυο, το οποίο ενέχει διάφορους κινδύνους για τα παιδιά και, σύμφωνα με τους/τις συμμετέχοντες/ουσες στην έρευνα, ο/η εκπαιδευτικός θα πρέπει να είναι πολύ προσεκτικός κατά τη χρήση της εφαρμογής από τα παιδιά.

Ένα άλλο μειονέκτημα που επεσήμαναν οι φοιτητές και οι φοιτήτριες είναι ότι η χρήση των *vine* στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών απαιτεί τη χρήση τεχνολογικών συσκευών (5,91%), όπως κινητό με κάμερα υψηλής ανάλυσης, που πιθανόν να μην είναι διαθέσιμες από το σχολείο ή να μην διαθέτει αντίστοιχες συσκευές ο/η εκπαιδευτικός. Επιπλέον, το 5,06% των φοιτητών/τριών δήλωσε ότι θεωρεί μειονέκτημα το γεγονός ότι η διαδικασία δημιουργίας ενός *vine* είναι χρονοβόρα. Το 3,80% μίλησε για ενδεχόμενη έλλειψη εξοικείωσης με την τεχνολογία είτε του/της εκπαιδευτικού είτε των παιδιών, κάτι το οποίο θα δυσχέραινε τη διδασκαλία. Το 3,38% χαρακτήρισε μειονέκτημα την πολυπλοκότητα της εφαρμογής *vine*, όπως για παράδειγμα ότι υπάρχουν πολλά *vine* στην εφαρμογή στα οποία μπορεί να χαθούν τα παιδιά ή ότι είναι περίπλοκη η διαδικασία δημιουργίας και κοινοποίησης *vine* μέσω της εφαρμογής. Ένα μικρό ποσοστό (2,95%) δήλωσε ότι η χρήση *vine* στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών προωθεί τη διαρκή

αξιοποίηση της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική πρακτική και μηχανοποιεί καταστάσεις, κάτι το οποίο θεωρήθηκε μειονέκτημα. Τέλος, στην κατηγορία «άλλο» περιλαμβάνονται μειονεκτήματα όπως ότι τα vines παίζουν αυτόματα (loops), είναι απαραίτητη η σύνδεση στο διαδίκτυο και δεν υπάρχει δυνατότητα δωρεάν επιπλέον επεξεργασίας τους από την εφαρμογή. Ένα ποσοστό της τάξης του 10,97% των συμμετεχόντων δεν έδωσε απάντηση σχετικά με τα μειονεκτήματα χρήσης των vine στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Γράφημα 4: Μειονεκτήματα χρήσης vine στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι φοιτητές και οι φοιτήτριες που συμμετείχαν στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη μικροταινιών vines για τις φυσικές επιστήμες διασκέδασαν φτιάχνοντας τις ταινίες τους, προβληματίστηκαν πάνω σε μια σειρά από θέματα φυσικών επιστημών εμβαθύνοντας στη μελέτη τους, αλλά και επιμελήθηκαν με σχολαστικότητα τον τρόπο που οι έννοιες και τα φαινόμενα πρέπει να προβληθούν στο διαδίκτυο σύντομα, κατανοητά, σε σύνδεση με την κοινωνία και τον πολιτισμό, αναδεικνύοντας τη φύση των φυσικών επιστημών και εστιάζοντας σε στάσεις και αξίες που οι διδασκαλία των φυσικών επιστημών μπορεί να καλλιεργεί και να ενθαρρύνει. Τα vines είναι ένα κομμάτι από τη ζωή των νέων και των παιδιών. Μ' αυτά γελούν, σχολιάζουν την επικαιρότητα και επικοινωνούν. Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε η προσπάθεια το μέσο αυτό κοινωνικής δικτύωσης να λειτουργήσει ως διδακτικό εργαλείο και να βοηθήσει να αναπτυχθεί διδακτικό υλικό από μη-ειδικούς για μη ειδικούς στις φυσικές επιστήμες που να είναι άμεσο, σύγχρονο, επίκαιρο, φιλικό και πολυτροπικό. Οι μικροταινίες που δημιουργήθηκαν πρόκειται στη συνέχεια να αναλυθούν και να ανεβούν και να προβάλλονται στο atlasvines, το κανάλι vine που παράλληλα αναπτύσσουμε αυτόν τον καιρό. Η ανάλυση των μικροταινιών και της λειτουργίας του καναλιού περιμένουμε να μας δώσει στο μέλλον περισσότερη

πληροφορία για το πώς να μετασχηματίσουμε τον χώρο των vine σε έναν πλούσιο διδακτικά τόπο για τη διδασκαλία και μάθηση στις φυσικές επιστήμες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Berners-Lee, T. (1999). 'Anniversary of the Web', LCS 35th Anniversary celebrations, Cambridge Massachusetts, 1999/April/14 <http://www.w3.org/1999/04/13-tbl.html> [Retrieved 10/07/2013].
- DiNucci, D. (1999). 'Fragmented future'. http://darcy.com/fragmented_future.pdf [Retrieved 10/07/2013]
- Gerber, B.L., A.M.L. Cavallo, and E.A. Marek. (2001). *Relationship among informal learning environments, teaching procedures, and scientific reasoning abilities*. International Journal of Science Education 23(5): 535–549.
- Houghton, H. A., & Willows, D. M. (Eds.). (1987). *The psychology of illustration*. vol 2, instructional issues. New York: Springer.
- Kress, G., Jewitt, C., & Ogborn, J. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London, New York: Continuum International.
- Kulakli, A., & Mahony, S. (2014). *Knowledge creation and sharing with Web 2.0 tools for teaching and learning roles in so-called University 2.0*. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 150, 648-657.
- Newby, T. J., Stepich, D. A., Lehman, J. D. & Russell J. D (2009). *Εκπαιδευτική Τεχνολογία για Διδασκαλία και Μάθηση*. Επίκεντρο: Θεσσαλονίκη.
- Pagoto, S., Waring, M. E., May, C. N., Ding, E. Y., Kunz, W. H., Hayes, R., & Oleski, J. L. (2016). *Adapting Behavioral Interventions for Social Media Delivery*. Journal of medical Internet research, 18(1).
- Piliouras, P., Siakas, S., & Seroglou, F., (2011). *Pupils Produce Their Own Narratives Inspired by the History of Science: Animation Movies Concerning the Geocentric-Heliocentric Debate*. Science and Education, 20(7-8), 761-795.
- Pogue, D. (2013). *The Strange Magic of Micro Movies*. Scientific American, 308(5), 34-34.
- Ramey, Gassert, L. (1997). *Learning Science beyond the classroom*. The Elementary School Journal, 97 (4), 433-451.
- Seroglou, F., & Aduriz-Bravo, A. (2007). *Designing and evaluating nature-of-science activities for teacher education*. Paper presented at the 9th international history, philosophy and science teaching conference, June 24–28, 2007. Calgary, Canada.
- Seroglou, F., Koulountzos, V., Papadopoulos, P. & Knavas, O. (2008). *Restructuring science stories in films & role-playing: Teaching science concepts in their social and cultural context*. Invited paper presented at the second international conference in science teaching, July 14–18, 2008. Munich, Germany: Deutsches Museum.
- Zhang, L., Wang, F., & Liu, J. (2014, March). *Understand Instant Video Clip Sharing on Mobile Platforms: Twitter's Vine as a Case Study*. In *Proceedings of Network and Operating System Support on Digital Audio and Video Workshop* (p. 85). ACM.

Ποσοτικά πειράματα Φυσικής με τη χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων και τάμπλετς: επιμόρφωση εκπαιδευτικών στη χρήση τους σε μία παιδική χαρά

Θεόδωρος Πιερράτος¹ & Γεώργιος Πριμεράκης²

¹ Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου, pierratos@gmail.com

² 3ο Δημοτικό Σχολείο Χαλάστρας, gprim@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πραγματοποίηση πειραμάτων Φυσικής με τη χρήση συστημάτων συγχρονικής λήψης και απεικόνισης προκαλεί συνήθως εντονότερα το ενδιαφέρον των μαθητών σε σχέση με πειράματα που γίνονται με τον παραδοσιακό τρόπο. Ο εξοπλισμός όμως που απαιτείται είναι ακριβός και συχνά δύσχρηστος. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μία επιμορφωτική δράση στην οποία αξιοποιούνται έξυπνα κινητά και τάμπλετς, καθώς αυτά, με κατάλληλα δωρεάν λογισμικά, επιτρέπουν την υλοποίηση πληθώρας ποσοτικών πειραμάτων Φυσικής τόσο μέσα στη σχολική αίθουσα και το σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών όσο και σε φυσικό περιβάλλον. Η δράση εφαρμόστηκε πιλοτικά για την πραγματοποίηση ποσοτικών πειραμάτων σε μία παιδική χαρά στο πλαίσιο επιμορφωτικής συνάντησης εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από ένα Ε.Κ.Φ.Ε. και αποτιμήθηκε θετικά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Έξυπνα τηλέφωνα, τάμπλετς, ποσοτικά πειράματα Φυσικής, επιμόρφωση εκπαιδευτικών.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Φυσική, ως πειραματική επιστήμη, χρησιμοποιεί έννοιες-προϊόντα αφαίρεσης οι οποίες έχουν εισαχθεί για να περιγράψουν πειραματικές παρατηρήσεις. Για διάφορους λόγους, ωστόσο, η διδασκαλία της Φυσικής στα σχολεία της χώρας μας γίνεται συνήθως καθ' έδρας στερώντας από τους μαθητές τη δυνατότητα να στήσουν πειραματικές διατάξεις, να κάνουν μετρήσεις, να οδηγηθούν σε συμπεράσματα, να αντιληφθούν την ανάγκη εισαγωγής των φυσικών εννοιών. Στο πλαίσιο αυτό που έχει διαμορφωθεί δεν προκαλεί έκπληξη η μείωση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και τη Φυσική ειδικότερα (ΟΟΣΑ, 2006 και 2012).

Τα συστήματα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης επιτρέπουν τη διενέργεια πειραματικών μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο εμπλεκοντας και ενεργοποιώντας τους μαθητές. Τέτοια συστήματα υπάρχουν στα εργαστήρια πολλών Γενικών Λυκείων όμως λόγω του υψηλού κόστους κτήσης υπάρχει ένα μόνο τέτοιο σύστημα σε κάθε σχολείο που

χρησιμοποιείται κυρίως για πειράματα επίδειξης. Λύση στο υψηλό κόστος κτήσης αυτών των συστημάτων μπορεί να δώσει η αξιοποίηση των έξυπνων κινητών και των τάμπλετς που κατέχει το σύνολο σχεδόν των μαθητών.

Με την κατάλληλη δωρεάν εφαρμογή-λογισμικό το έξυπνο κινητό και το τάμπλετ μπορούν να υποκαταστήσουν ακριβό ή μη διαθέσιμο εργαστηριακό εξοπλισμό ή όργανα και να διευρύνει το περιεχόμενο και τους σκοπούς της σχολικής Φυσικής (Strawson, 2013). Χάρη στη φορητότητα αυτών των συσκευών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να πραγματοποιηθούν πειράματα και σε χώρους εκτός σχολείου στο πλαίσιο της μη τυπικής εκπαίδευσης, όπως είναι για παράδειγμα μία οργανωμένη εκδρομή σε λόυνα παρκ ή σε μια παιδική χαρά. Επιπλέον, οι συσκευές αυτές ως αντικείμενα της καθημερινής ζωής των μαθητών τοποθετούν στο επίκεντρο της μελέτης των μαθητών το φυσικό φαινόμενο και όχι το όργανο, ενώ μπορούν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Φυσική και να διαμορφώσουν θετική στάση απέναντί της, με αποτέλεσμα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Κουμαράς, 2006).

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΜΠΛΕΤΣ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Τα έξυπνα κινητά και τάμπλετς έχουν ενσωματωμένους διάφορους αισθητήρες οι οποίοι μπορούν να αξιοποιηθούν για μετρήσεις φυσικών μεγεθών. Πολύ διαδεδομένοι είναι οι εξής αισθητήρες: μέτρησης επιτάχυνσης (επιταχυνσιόμετρα), μέτρησης έντασης μαγνητικού πεδίου (μαγνητόμετρα), μέτρησης γωνιακής ταχύτητας περιστροφής (γυροσκόπια), αισθητήρες φωτός (κάμερα) και ήχου (μικρόφωνο). Αντίστοιχα έχει αναπτυχθεί πληθώρα λογισμικών-εφαρμογών τα οποία είναι ελεύθερα διαθέσιμα. Μερικά από τα πιο διαδεδομένα για λειτουργικό Android είναι τα εξής: GlobiLab, Lablet – Physics Sensor Lab, Physics Toolbox Accelerometer, Physics Toolbox Sensor Suite, Science Journal, Sensor Kinetics.

Τα τελευταία χρόνια, με την εξάπλωση των έξυπνων κινητών και των τάμπλετς σε όλο τον κόσμο, έχει επιχειρηθεί αξιοποίησή τους στην εκπαίδευση και ειδικά για μετρήσεις στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Οι Castro-Palacio et al (2013) χρησιμοποίησαν τους αισθητήρες μέτρησης επιτάχυνσης (επιταχυνσιόμετρα) για τη μελέτη των συζευγμένων ταλαντώσεων. Η Briggles (2013) χρησιμοποίησε ένα κινητό τηλέφωνο για τη μελέτη της κίνησης ενός εκκρεμούς. Οι Cabeza et al (2014) μελέτησαν φαινόμενα σχετικά με ρευστά σε ένα υδάτινο πάρκο. Ο Trantham (2015) μελέτησε φαινόμενα συμβολής φωτός με τη βοήθεια της κάμερας κινητού τηλεφώνου. Οι Parolin & Pezzi (2015) μελέτησαν στάσιμα ηχητικά κύματα σε σωλήνα Kundt. Οι Kodejška et al (2015) μελέτησαν ηχητικά διακροτήματα, την ελεύθερη πτώση και φαινόμενα τριβής. Ο Πριμεράκης (2015) πρότεινε πειράματα μαγνητισμού, φωτός και ελεύθερης πτώσης. Οι Yavuz & Temiz (2016) μέτρησαν την ταχύτητα του ήχου στον αέρα, ενώ οι ίδιοι ερευνητές (Temiz & Yavuz, 2016) μελέτησαν φαινόμενα ευθύγραμμης κίνησης αξιοποιώντας τον αισθητήρα μέτρησης μαγνητικού πεδίου (μαγνητόμετρο) κινητού τηλεφώνου. Οι Gonzalez & Gonzalez (2016) μέτρησαν ακουστικές και μηχανικές

ιδιότητες ταλαντευόμενων ράβδων. Οι Bülbül et al (2016) και οι Μαΐδου και Πολάτογλου (2016) πρότειναν μετρήσεις με κινητά τηλέφωνα για τυφλούς μαθητές.

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας προτείνουμε την αξιοποίηση έξυπνων κινητών και τάμπλετ για μετρήσεις επιτάχυνσης και εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν κινήσεις σε κεκλιμένα επίπεδα (κίνηση με σταθερή επιτάχυνση), περιστροφική κίνηση και σε ταλαντώσεις. Μολονότι τέτοιου τύπου μετρήσεις μπορούν να γίνουν εύκολα και με χαμηλό κόστος με συσκευές όπως χειριστήρια παιχνιδιομηχανών (Πριμεράκης, 2008; Πιερράτος κ.ά, 2010) η χρήση τηλεφώνων και τάμπλετ πλεονεκτεί επειδή στην πράξη τα διαθέτουν ήδη οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί και μαθητές επιτρέποντας την πραγματοποίηση των πειραμάτων από κάθε ένα μαθητή/εκπαιδευτικό ξεχωριστά. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η μαθητοκεντρική διδακτική προσέγγιση, ο ελεύθερος πειραματισμός και η διερεύνηση σε αντιδιαστολή με την επίδειξη πειραμάτων που καθιστά παθητικούς δέκτες τους εκπαιδευόμενους.

Η εφαρμογή που περιγράφεται σε αυτή την εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο των επιμορφωτικών συναντήσεων που διοργανώνουν τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.). Σε μία τέτοια τρίωρης διάρκειας συνάντηση επιχειρήθηκε η εξοικείωση εκπαιδευτικών του κλάδου ΠΕ04 Φυσικών με τη διαδικασία μετρήσεων και επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων που λαμβάνονται με έξυπνα κινητά και τάμπλετς.

Για τη συλλογή των δεδομένων αξιοποιήθηκε το λογισμικό Physics Toolbox Accelerometer v.1.4.2. Η εφαρμογή αυτή καταγράφει τις τιμές των επιταχύνσεων σε τρεις άξονες, x, y, z, σε μονάδες g (επιτάχυνση της βαρύτητας), τις αναπαριστά σε πραγματικό χρόνο υπό μορφή διαγραμμάτων επιτάχυνσης-χρόνου στην οθόνη της αντίστοιχης συσκευής και δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής αρχείου τύπου .csv για περαιτέρω επεξεργασία. Ο χειριστής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει το ρυθμό καταγραφής δεδομένων. Σε ό,τι ακολουθεί τα δεδομένα συλλέχθηκαν έχοντας επιλέξει το μέγιστο δυνατό ρυθμό καταγραφής που επιτρέπει η εκάστοτε συσκευή. Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε, αμέσως μετά τη συλλογή των δεδομένων, σε υπολογιστικά φύλλα.

Η ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

Αρχικά ζητήθηκε από τους 12 συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς να μεταφορτώσουν την εφαρμογή Physics Toolbox Accelerometer είτε στο έξυπνο κινητό είτε στο τάμπλετ τους, τα οποία τους είχε ζητηθεί να έχουν μαζί τους. Έγινε μία σύντομη περιγραφή των χαρακτηριστικών του λογισμικού και ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να προτείνουν πειράματα σχετικά με το αναλυτικό πρόγραμμα της Φυσικής στο Λύκειο που θα μπορούσαν να αξιοποιήσουν τις δυνατότητές του. Μολονότι υπήρχε η δυνατότητα πραγματοποίησης όλων των πειραμάτων που προτάθηκαν στο χώρο του οργανωμένου εργαστηρίου του Ε.Κ.Φ.Ε. αποφασίστηκε η επίσκεψη σε παιδική χαρά πολύ κοντά στους χώρους του Ε.Κ.Φ.Ε. ώστε να πραγματοποιηθούν εκεί κάποια από τα προτεινόμενα πειράματα. Η επιλογή αυτή έγινε για: α. να δειχθεί στην πράξη η ευκολία πραγματοποίησης μετρήσεων με τη συγκεκριμένη τεχνολογία, β. να δοθεί το μήνυμα ότι

οι Φυσικές Επιστήμες (μπορεί να) είναι διασκεδαστικές, γ. να καταδειχθεί ότι οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής ζωής, δ. να αναδειχθεί ο βιωματικός χαρακτήρας της μάθησης και της διδασκαλίας.

Οι εκπαιδευτικοί χωρίστηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες των τεσσάρων ατόμων και αποφάσισαν να εκτελέσουν, κάθε ομάδα αντίστοιχα, πειράματα α. ταλαντώσεων στην κούνια, β. επιταχυνόμενης κίνησης σε κεκλιμένο επίπεδο σε δύο τσουλήθρες, γ. κυκλικής κίνησης και στροφορμής σε περιστρεφόμενη πλατφόρμα. Αφού συλλέχθηκαν δεδομένα με τις συσκευές όλων των εκπαιδευτικών κάθε ομάδας, ακολούθησε η επεξεργασία τους στο εξοπλισμένο με ηλεκτρονικούς υπολογιστές εργαστήριο του Ε.Κ.Φ.Ε.. Ενδεικτικά παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους μερικά αποτελέσματα που προέκυψαν.

Μελέτη ταλαντώσεων

Στην Εικόνα 1 φαίνεται η κούνια πάνω στην οποία τοποθετήθηκαν κινητά τηλέφωνα και τάμπλετς. Καθώς η κούνια εκτρέπεται από τη θέση ισορροπίας της και αφήνεται ελεύθερη να κινηθεί, εκτελεί δύο (φθίνουσες) αρμονικές ταλαντώσεις: μία στην οριζόντια διεύθυνση y και μία στην κατακόρυφη διεύθυνση z .

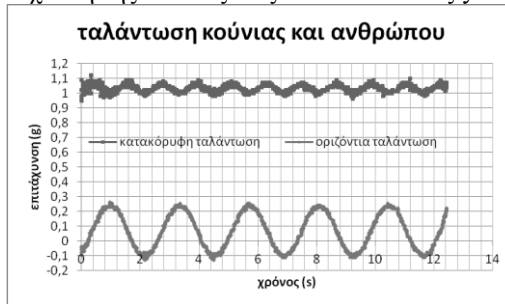
Οι εκπαιδευτικοί διερεύνησαν διάφορα χαρακτηριστικά της αρμονικής ταλάντωσης. Έτσι, επιβεβαίωσαν ότι η περίοδος ταλάντωσης είναι ανεξάρτητη από το πλάτος ταλάντωσης, τουλάχιστον για τις γωνίες αρχικής εκτροπής που μπορούσαν να επιτευχθούν στη συγκεκριμένη κούνια, ενώ υπολόγισαν τη σχέση των περιόδων ταλάντωσης στις δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.

Εικόνα 1: Η κούνια και οι δύο διευθύνσεις ταλάντωσης.



Στο Διάγραμμα 1 αναπαριστώνται οι τιμές που καταγράφηκαν από το επιταχυνσιόμετρο έξυπνου κινητού στις δύο διευθύνσεις ταλάντωσης. Η επιτάχυνση στην οριζόντια διεύθυνση y είναι θετική όταν η κούνια επιταχύνεται προς τα δεξιά της Εικόνας 1 και αρνητική όταν επιταχύνεται προς τα αριστερά. Αντίστοιχα, η επιτάχυνση στην κατακόρυφη διεύθυνση z είναι θετική όταν η κούνια επιταχύνεται προς τα κάτω και αρνητική όταν επιταχύνεται προς τα πάνω. Από το διάγραμμα προκύπτει, όπως αναμένεται, ότι η περίοδος ταλάντωσης στην κατακόρυφη διεύθυνση είναι ίση με το μισό της περιόδου ταλάντωσης στην οριζόντια διεύθυνση.

Διάγραμμα 1: Η επιτάχυνση της κούνιας στις δύο διευθύνσεις y και z.



Μελέτη περιστροφικής κίνησης

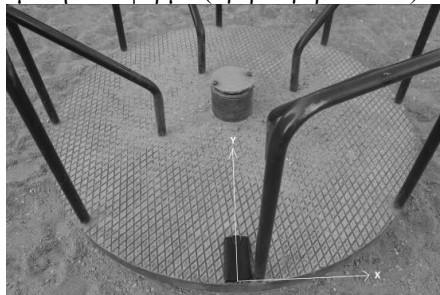
Στην Εικόνα 2 φαίνεται η περιστρεφόμενη πλατφόρμα στην περιφέρεια της οποίας είναι τοποθετημένο ένα κινητό τηλέφωνο με τον άξονά του στην ακτινική διεύθυνση. Με αυτή τη διάταξη, στην οποία το επιταχυνσιόμετρο του τηλεφώνου στην y διεύθυνση μετράει την κεντρομόλο επιτάχυνση και το επιταχυνσιόμετρο στη x διεύθυνση μετράει την επιτροχία επιτάχυνση, επιχειρήθηκαν διάφορες μετρήσεις:

α. Μέτρηση της επιτάχυνσης στην ακτινική διεύθυνση y για σημεία της περιφέρειας της πλατφόρμας και σημεία με μικρότερη ακτίνα περιστροφής επιβεβαιώνοντας τη σχέση που συνδέει την κεντρομόλο επιτάχυνση με την ακτίνα περιστροφής ($a_c = \omega \cdot R$).

β. Μέτρηση της επιτάχυνσης στην εφαπτομενική διεύθυνση x και συσχέτιση της επιτροχίας με την κεντρομόλο επιτάχυνση.

γ. Επιβεβαίωση της αρχής διατήρησης της στροφορμής.

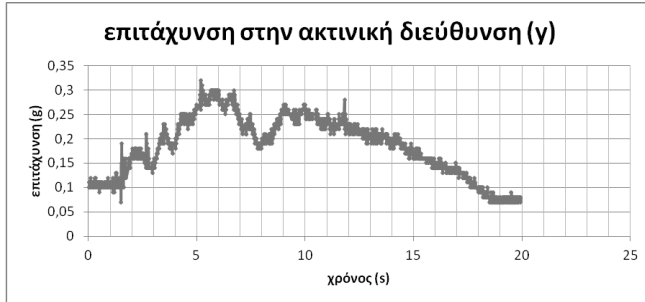
Εικόνα 2: Η περιστρεφόμενη πλατφόρμα (“γύρω-γύρω όλοι”).



Στο Διάγραμμα 2 απεικονίζεται η εξέλιξη με το χρόνο της κεντρομόλου επιτάχυνσης (επιτάχυνση στη διεύθυνση y). Στα πρώτα 6 s ένας εκπαιδευτικός, έχοντας το ένα του πόδι στην περιφέρεια της πλατφόρμας, έσπρωχνε με το άλλο πόδι του το έδαφος επιταχύνοντας την πλατφόρμα. Στο χρονικό διάστημα 6-8 s η πλατφόρμα άρχισε

να επιβραδύνεται λόγω τριβών. Τη στιγμή 8 s ο εκπαιδευτικός μετακινήθηκε τοποθετώντας τα πόδια του πολύ κοντά στον άξονα περιστροφής της πλατφόρμας. Η κίνηση αυτή οδήγησε σε μείωση της ροπής αδράνειας του συστήματος πλατφόρμα-άνθρωπος και επομένως, λόγω της αρχής διατήρησης της στροφορμής, στην αύξηση της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής και άρα της κεντρομόλου επιτάχυνσης. Στη συνέχεια η κεντρομόλος επιτάχυνση φθίνει με σχεδόν σταθερό ρυθμό λόγω τριβών.

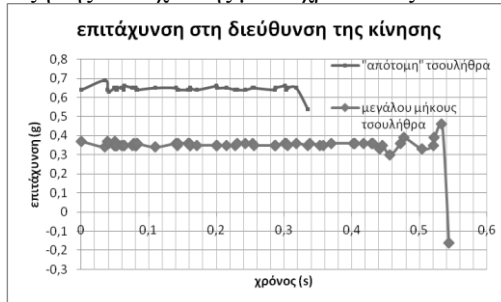
Διάγραμμα 2: Η εξέλιξη της κεντρομόλου επιτάχυνσης με το χρόνο στην περιστρεφόμενη πλατφόρμα.



Κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο

Στο Διάγραμμα 3 δίνονται οι καταγεγραμμένες τιμές της επιτάχυνσης στη διεύθυνση κίνησης όπως καταγράφηκαν στις δύο τσουλήθρες.

Διάγραμμα 3: Η εξέλιξη της επιτάχυνσης με το χρόνο στις δύο τσουλήθρες.



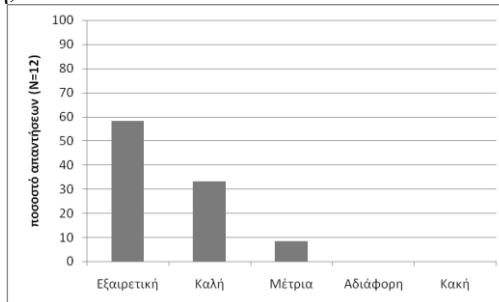
Η μεγαλύτερης κλίσης τσουλήθρα οδηγεί ένα έξυπνο κινητό να κινηθεί με σχεδόν σταθερή επιτάχυνση με μέση τιμή 0,64 g. Αντίστοιχα, στην μικρότερης κλίσης και μεγαλύτερου μήκους τσουλήθρα η κίνηση ενός έξυπνου τηλεφώνου ή ενός τάμπλετ γίνεται με σχεδόν σταθερή επιτάχυνση 0,35 g. Και οι δύο τιμές βρίσκονται σε εξαιρετική συμφωνία με ό,τι αναμένεται θεωρητικά με βάση τη γωνία κλίσης των δύο τσουληθρών που μέτρησαν οι εκπαιδευτικοί.

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

Μετά το τέλος της επιμορφωτικής συνάντησης οι 12 εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να συμπληρώσουν σύντομο ανώνυμο ερωτηματολόγιο, με δύο ερωτήσεις κλειστού και δύο ανοικτού τύπου, για να αποτιμήσουν αντίστοιχα την επιμορφωτική εμπειρία τους και τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

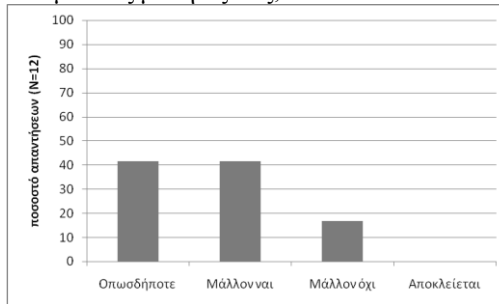
Οι απαντήσεις στην κλειστού τύπου ερώτηση «Πώς θα χαρακτηρίζατε τη σημερινή επιμορφωτική δράση», δίνονται στο Διάγραμμα 4. Όπως προκύπτει, 11 εκπαιδευτικοί θεώρησαν την επιμορφωτική δράση ως «καλή» ή «εξαιρετική». Μπορεί επομένως να υποθεθεί, στο πλαίσιο των περιορισμών που θέτει το μικρό δείγμα εκπαιδευτικών, ότι τέτοιου τύπου επιμορφωτικές δραστηριότητες που αξιοποιούν τη συγκεκριμένη τεχνολογία και εμπλέκουν ενεργά τους συναδέλφους σε δράσεις ακόμη και εκτός σχολικού εργαστηρίου, είναι καταρχήν αποδεκτές εκ μέρους τους και μπορούν ενδεχομένως να διασφαλίσουν την αβίαστη συμμετοχή τους σε αντίστοιχες μελλοντικές. Κάτι τέτοιο θεωρείται σημαντικό καθώς διάφορες έρευνες έχουν καταγράψει τη δυσανεμία των εκπαιδευτικών για το επίπεδο των επιμορφώσεων που συνήθως συμμετέχουν (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2010), η οποία οδηγεί στην ταπείνωση των κινήτρων συμμετοχής τους ή και στη ματαίωσή της.

Διάγραμμα 4: Απαντήσεις στην ερώτηση «Πώς θα χαρακτηρίζατε τη σημερινή επιμορφωτική δράση;»



Οι απαντήσεις στην κλειστού τύπου ερώτηση «Θα επιχειρήσετε να επαναλάβετε τη σημερινή εκπαιδευτική διαδικασία με τους μαθητές σας;», δίνονται στο Διάγραμμα 5. Όπως προκύπτει, 10 εκπαιδευτικοί απαντούν ότι «οπωσδήποτε» ή «μάλλον ναι» θα μεταφέρουν σε κάποια μορφή τη διαδικασία στην οποία συμμετείχαν μέσα στην τάξη τους. Με την επιφύλαξη ότι η στάση τους αυτή θα πρέπει να αποτυπωθεί τελικά και στη σχολική πραγματικότητα, το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται θετικό καταρχήν, λαμβάνοντας υπόψη ότι τελικός αποδέκτης των προϊόντων όλων των επιμορφωτικών δράσεων των εκπαιδευτικών είναι ο μαθητικός πληθυσμός.

Διάγραμμα 5: Απαντήσεις στην ερώτηση «Θα επιχειρήσετε να επαναλάβετε τη σημερινή εκπαιδευτική διαδικασία με τους μαθητές σας;»



Στην ανοικτού τύπου ερώτηση «Ποιο είναι κατά τη γνώμη σας το πιο θετικό στοιχείο της αξιοποίησης έξυπνων κινητών και τάμπλετς για την πραγματοποίηση ποσοτικών μετρήσεων σε πειράματα Φυσικής; Γιατί;» οι δύο πιο δημοφιλείς απαντήσεις ήταν:

α. Η πολύ καλή ακρίβεια των μετρήσεων (6 από τους 12 εκπαιδευτικούς). Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί επικαλέστηκαν την αξία αξιόπιστων ποσοτικών δεδομένων στην προσπάθεια διερεύνησης ενός φυσικού φαινομένου. Επιπλέον, τόνισαν την ευκολία συλλογής των μετρήσεων γεγονός που ευνοεί, κατά τη γνώμη τους, την πειραματική διδασκαλία σε αντιδιαστολή: α. με πεπαλαιωμένα συστήματα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης, όπως το Multilog, που υπάρχουν σε αρκετά εξοπλισμένα εργαστήρια Λυκείων αλλά η δυσκολία χρήσης τους θέτει διδακτικά προσχώματα, β. με πλατφόρμες όπως το Arduino που εισχωρούν όλο και περισσότερο στα σχολικά εργαστήρια αλλά απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις ηλεκτρονικών και προγραμματισμού.

β. Η διαφανιόμηνη εμπλοκή όλων των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία (3 από τους 12 εκπαιδευτικούς). Κάποιοι από τους εκπαιδευτικούς τόνισαν ιδιαίτερα την παιδαγωγική αξία της διαφανιόμηνης ενεργούς εμπλοκής όλων των μαθητών, αποδίδοντάς την στη χρήση των τάμπλετς και των έξυπνων κινητών τηλεφώνων που αποτελούν μέρος της καθημερινής τους ζωής.

Άλλες απαντήσεις που δόθηκαν ήταν οι εξής: πραγματοποίηση πειραμάτων που δεν μπορούν να γίνουν υπό άλλες συνθήκες στο σχολείο, δυνατότητα διεξαγωγής πολλών μετρήσεων και επαναλήψεων των πειραμάτων, γραφική αναπαράσταση των δεδομένων στην οθόνη του έξυπνου κινητού/τάμπλετ σε πραγματικό χρόνο.

Στην ανοικτού τύπου ερώτηση «Ποιο είναι κατά τη γνώμη σας το πιο αρνητικό στοιχείο της αξιοποίησης έξυπνων κινητών και τάμπλετς για την πραγματοποίηση ποσοτικών μετρήσεων σε πειράματα Φυσικής;» οι πιο δημοφιλείς απαντήσεις ήταν:

α. Προϋποθέτει μία μάλλον σύνθετη διαδικασία συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων που απαιτεί αρκετό διδακτικό χρόνο οποίος ειδικά στο Λύκειο δεν είναι εύκολα διαθέσιμος (5 από τους 12 εκπαιδευτικούς).

β. Η επεξεργασία των μετρήσεων απαιτεί χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών οι οποίοι δεν είναι διαθέσιμοι στα σχολικά εργαστήρια Φ.Ε. (3 από τους 12 εκπαιδευτικούς).

γ. Απαιτείται τεχνογνωσία την οποία ενδέχεται να κατέχουν οι μαθητές σε μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί (3 από τους 12 εκπαιδευτικούς).

Επίσης, διατυπώθηκε προβληματισμός που αφορά τον τρόπο με τον οποίο θα επιτραπεί η χρήση των έξυπνων τηλεφώνων από τους μαθητές στο σχολείο με δεδομένη τη σχετική απαγόρευση που ισχύει.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση έξυπνων κινητών και τάμπλετς και των κατάλληλων εφαρμογών μπορεί να υποκαταστήσει με αποδεκτή ακρίβεια επιστημονικά όργανα και να υποστηρίξει τη διδασκαλία της Φυσικής με πειράματα. Εξαιτίας της φορητότητας των συσκευών αυτών οποιοσδήποτε χώρος μπορεί λειτουργήσει ως εργαστήριο ενεργοποιώντας το σύνολο των μαθητών και αυξάνοντας το ενδιαφέρον τους για τις Φ.Ε. και τη Φυσική ειδικότερα. Αν και δραστηριότητες όπως αυτές που περιγράφηκαν σε αυτή την εργασία απαιτούν επένδυση χρόνου, όπως άλλωστε και όλες οι εργαστηριακές ασκήσεις Φ.Ε., τα οφέλη που μπορεί να αποκομίσουν οι μαθητές τόσο σε γνωστικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο δεξιοτήτων και στάσεων καθιστούν επωφελή αυτή την επένδυση.

Η αποτίμηση εκ μέρους των επιμορφούμενων εκπαιδευτικών της πιλοτικής εφαρμογής κρίνεται ενθαρρυντική. Σε ό,τι αφορά την ίδια την επιμορφωτική δράση ως διαδικασία, η πλειονότητά τους την έκρινε θετικά γεγονός που καταγράφηκε, πέρα από τις απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο, και σε άτυπη συζήτηση που πραγματοποιήθηκε μετά το πέρας της δράσης.

Σε ό,τι αφορά την αποτίμηση της χρήσης της τεχνολογίας οι κρίσεις ήταν επίσης θετικές μολονότι διαπιστώθηκαν οι δυσκολίες που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί, στη συζήτηση που ακολούθησε της δράσης, πρότειναν κάποιες λύσεις. Αντιμετωπίζοντας τους χρονικούς περιορισμούς, για παράδειγμα, προτάθηκε η επίσκεψη των μαθητών στην παιδική χαρά και η συλλογή των δεδομένων να γίνει, ακολουθώντας οδηγίες, εκτός σχολικού ωραρίου, αποφεύγοντας ταυτόχρονα το εμπόδιο της χρήσης των έξυπνων τηλεφώνων μέσα στο σχολείο. Επίσης, η επεξεργασία των δεδομένων, με κατάλληλα φύλλα εργασίας και οδηγίες, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί ως δραστηριότητα στο σπίτι ώστε να αποφευχθεί το εμπόδιο που θέτει η έλλειψη ηλεκτρονικών υπολογιστών στα σχολικά εργαστήρια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Briggle, J. (2013). Analysis of pendulum period with an iPod touch/iPhone. *Phys. Educ.* 48(3), 285-288.
- Castro-Palacio, J. C., Velazquez-Abad, L., Gimenez, F. & Monsoriu, J. A. (2013). A quantitative analysis of coupled oscillations using mobile accelerometer sensors. *Eur. J. Phys.* 34, 737-744.
- Fischer, H. & Horstendahl, M. (1997). Motivation and Learning Physics. *Research and Science Education*, 27(3), 411-424.

- González, M. Á. & González, M. Á. (2016). Smartphones as experimental tools to measure acoustical and mechanical properties of vibrating rods. *Eur. J. Phys.* 37 (2016) 045701 (13pp).
- Kodejška, Č., De Nunzio, G., Kubínek, R. & Říha, J. (2015). Low cost alternatives to commercial lab kits for physics experiments. *Phys. Educ.* 50(5), 597-607
- Parolin, S. O. & Pezzi, G. (2015). Kundt's tube experiment using smartphones. *Phys. Educ.* 50(4), 443-447.
- Strawson, R. (2013). Map and apps widen the scope of school physics. *Phys. Educ.* 48, 409-410.
- Temiz, B. K. & Yavuz, A. (2016). Magnetogate: using an iPhone magnetometer for measuring kinematic variables. *Phys. Educ.* 51 (2016) 015004 (5pp).
- Trantham, K. (2015). Interference phenomenon with mobile displays. *Phys. Educ.* 50(4), 475-481.
- Yavuz, A. & Temiz, B. K. (2016). Detecting interferences with iOS applications to measure speed of sound. *Phys. Educ.* 51(2016) 015009 (6pp).
- Κουμαράς, Π. (2006). Είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ενδιαφέρον στους μαθητές για την Φυσική;. *Πρακτικά 3^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, σελ. 30-39.
- ΟΟΣΑ (2006). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://www.pisa.oecd.org>.
- ΟΟΣΑ (2012). *PISA 2012 Results in Focus: What 15-year-olds know and what they can do with what they know*. Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://www.pisa.oecd.org>.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2010). *Η συμβολή της διερεύνησης επιμορφωτικών αναγκών στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών: Συγκριτική Έρμηνεία Αποτελεσμάτων*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: http://www.epimorfosi.edu.gr/images/stories/e-books/ap_anagk/pdf/6_sygkritiki.pdf.
- Πιερράτος, Θ., Κολτσάκης, Ε., Σκουλίδης, Ν., Τσακμάκη, Π., & Πολάτογλου, Χ. (2010). Διερεύνηση των δυνατοτήτων αξιοποίησης του Wiimote και του Motion plus σε εργαστηριακές δραστηριότητες Φυσικής. *Πρακτικά 13^ο Πανελληνίου Συνεδρίου ΕΕΦ*. Πάτρα: Ένωση Ελλήνων Φυσικών.
- Πριμεράκης, Γ. (2008). Μετατρέποντας το χώρο παιχνιδιού σε Εργαστήριο Φυσικής Υψηλής Τεχνολογίας. Πειράματα Φυσικής με ποσοτικές μετρήσεις στο Λούνα Παρκ-Παιδική Χαρά. *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ε.ΔΙ.ΦΕ. Θεσσαλονίκη 9-11 Μαΐου 2008*, 375-382.
- Πριμεράκης, Γ. (2015). Πειράματα Φυσικής με τη βοήθεια smartphone ή tablet. Τόμος Περιλήψεων του 9^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ. Θεσσαλονίκη 8-10/5/2016.

Οι συνθετικές ομαδικές εργασίες σε ένα πρότυπο γυμνάσιο: η περίπτωση της πυρηνικής ενέργειας

Γεώργιος Τσαπαρλής,¹ Βασιλική Βλάχα,² Κωνσταντίνα Μαλάμου,²
Ιωάννα Νείλα ² & Χριστίνα Παντούλα ²

¹ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, gtseper@cc.uoi.gr

² Πρότυπο Γυμνάσιο Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων, vasovla61@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Περιγράφουμε την εμπειρία μας από την υλοποίηση συνθετικών ομαδικών εργασιών τύπου πρότζεκτ, με θέμα την πυρηνική ενέργεια, από 14 μαθητές και μαθήτριες της γ' τάξης του Πρότυπου Γυμνασίου της Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων, καθώς και την αξιολόγηση μέσω ενός γραπτού ερωτηματολογίου γνώμης που συμπλήρωσαν οι μαθητές έπειτα από την ολοκλήρωση του συνολικού πρότζεκτ. Όλοι οι μαθητές έμειναν ικανοποιημένοι από την εμπειρία τους. Η προετοιμασία και οργάνωση από τα μέλη της ομάδας, η συνεργασία και οι συζητήσεις με τον/την συνεργάτη και η παρουσίαση κατά την ημερίδα θεωρήθηκαν ως οι πιο σημαντικές φάσεις του πρότζεκτ, ενώ η προετοιμασία και οργάνωση, η άσκηση στη δημόσια παρουσίαση της εργασίας, το κίνητρο για μάθηση και η κριτική σκέψη είναι οι σπουδαιότερες ικανότητες-δεξιότητες που αναπτύχθηκαν. Οι μαθητές ωφελήθηκαν από την εξοικείωσή τους με την αναζήτηση και αξιολόγηση πληροφοριών και ήταν θετικοί για την επαφή τους με επιστήμονες-ερευνητές, καθώς και τη χρήση τεχνολογίας. Τέλος, 10 μαθητές απάντησαν ότι η εμπειρία τους έκανε θετικότερη την εικόνα που είχαν για τις φυσικές επιστήμες. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τον ρόλο της αλληλεπίδρασης μεταξύ του σύγχρονου σχολείου, των επιστημονικών και ερευνητικών ιδρυμάτων και της κοινωνίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: πρότυπα γυμνάσια, συνθετικές εργασίες / μέθοδος πρότζεκτ, ομαδική εργασία, πυρηνική ενέργεια

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τελευταίο χρονικό διάστημα απασχολεί έντονα ειδικούς, πολιτικούς και την κοινωνία ο θεσμός των πρότυπων και των πειραματικών σχολείων. Στα τελευταία, η επιλογή των προς φοίτηση μαθητών γίνεται με κλήρωση, ενώ στα πρότυπα σχολεία γίνονται εξετάσεις. Συνέπεια των τρόπων επιλογής είναι ότι στα πρότυπα σχολεία έχουμε κατά κανόνα πολύ καλούς μαθητές και κατά μέσο όρο καλύτερους από τους μαθητές των απλών πειραματικών σχολείων (παρόλον ότι και στα τελευταία οι υποβάλλοντες αίτηση συμμετοχής στην κλήρωση ήταν και είναι κατά κανόνα καλοί μαθητές). Να σημειώσουμε ότι εκ παραδόσεως στην Ελλάδα αυτοί που αποκαλούμε καλούς μαθητές έχουν πολύ

συχνά υψηλές επιδόσεις τόσο στα φιλολογικά όσο και στα φυσικομαθηματικά μαθήματα, και ταυτόχρονα επιδεικνύουν μια κλίση και προτίμηση προς τις θετικές επιστήμες και τα θετικά επαγγέλματα (γιατρού, μηχανικού, φυσικομαθηματικού κ.λπ.) Να σημειώσουμε ακόμη ότι τόσο στα πειραματικά σχολεία όσο και στα πρότυπα οι εκπαιδευτικοί ήταν και είναι αυξημένων προσόντων. Οι καθηγητές αυτών των σχολείων αξιολογήθηκαν το 2013 και τοποθετήθηκαν στα σχολεία με πενταετή θητεία, με αποτέλεσμα να παράγεται αξιόλογο εκπαιδευτικό έργο και να προάγεται η εκπαιδευτική καινοτομία.

Στην εργασία αυτή περιγράφουμε την εμπειρία και αξιολόγηση από την υλοποίηση από μαθητές και μαθήτριες της γ' τάξης του *Πρότυπου Γυμνασίου της Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων* συνθετικών ομαδικών εργασιών τύπου πρότζεκτ, με θέμα την πυρηνική ενέργεια.

Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΥΠΟΥ ΠΡΟΤΖΕΚΤ

Η αποκαλούμενη *μέθοδος πρότζεκτ* συνίσταται στην ανάθεση στους μαθητές συνθετικών εργασιών που βασίζονται στη μάθηση με σχέδια εργασίας και στη διερεύνηση πληροφορίας και δεδομένων (Βαϊνά 1996, Κουλαϊδής κ.ά. 2001, Φαντάκη 2014). Αν και τέτοιες εργασίες μπορεί να ανατεθούν μεμονωμένα σε μαθητές, συνηθίζεται στην πράξη να ακολουθείται μια ομαδική διαδικασία μάθησης, όπου συμμετέχει ενεργά, ρυθμιστικά και αποφασιστικά όλη η ομάδα (Frey 1980, σ. 9). Στο διδακτικό αυτό μοντέλο, η έμφαση επομένως είναι στην ομαδική εργασία με μαθητοκεντρικά χαρακτηριστικά: οι μαθητές διατυπώνουν τα ερωτήματα που θα ήθελαν να απαντηθούν γύρω από το θέμα και καθορίζουν, με τη συνεργασία και τις συμβουλές του καθηγητή, τους στόχους και το επιθυμητό τελικό προϊόν. Σημαντική θεωρείται επίσης η συνεργασία με εξωσχολικούς φορείς σχετικούς με το θέμα της διερεύνησης, καθώς και η ενημέρωση των γονέων των μαθητών. Τα μαθήματα των φυσικών επιστημών προσφέρονται κατεξοχήν για την ανάθεση τέτοιων συνθετικών εργασιών.

Ανάμεσα στους στόχους των συνθετικών εργασιών είναι (Φαντάκη 2014): η ανάπτυξη συνθετικής και δημιουργικής ικανότητας, η καλλιέργεια πνεύματος αναζήτησης και έρευνας, η προώθηση ειδικών κλίσεων και ενδιαφερόντων, ο εθισμός στη συστηματική και υπεύθυνη εργασία, η ανάπτυξη της ικανότητας του μαθητή να μαθαίνει μόνος του. Δύο επιπλέον στόχοι είναι αφενός η αμεσότερη σύνδεση των μαθητών με την επιστήμη με τη βοήθεια και άμεση εμπλοκή επιστημονικών φορέων, και αφετέρου η *διάχυση των επιτευγμάτων των επιστημών, μέσω του σχολείου, στην κοινωνία.* ^{H παιδαγωγική αξία} της εισαγωγής των συνθετικών εργασιών στη μαθησιακή διαδικασία βρίσκεται στο γεγονός ότι οι μαθητές *αναπτύσσουν πλήθος ικανοτήτων και δεξιοτήτων και επιτυγχάνουν ωφέλιμα αποτελέσματα* (βλ. παρακάτω).

Αναπόσπαστο μέρος ενός πρότζεκτ είναι η διαμορφωτική και ανακεφαλαιωτική αξιολόγησή του με την οποία αποβλέπουμε να εξετάσουμε κατά πόσο οι γνώσεις και οι εμπειρίες που αποκτήθηκαν διαμόρφωσαν καινούργιες αξίες και συμπεριφορές στους μαθητές (αλλά και στους εκπαιδευτικούς), που συνιστούν την ουσία της πραγματικής μάθησης. Σύμφωνα με τον Frey (1980), ακόμη και αν δεν επιτευχθούν ολοκληρωτικά οι

τεθέντες στόχοι, ιδιαίτερη παιδαγωγική αξία έχουν τόσο η ποιότητα των ενεργειών, όσο και η συλλογική προσπάθεια.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΖΕΚΤ

Το πρότζεκτ στο οποίο αναφερόμαστε στην εργασία αυτή υλοποιήθηκε από επιλεγμένους μαθητές και μαθήτριες της γ' τάξης του *Πρότυπου Γυμνασίου Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων*, υπό την επίβλεψη των τεσσάρων καθηγητριών συσσυγγραφέων της εργασίας, με ειδικότητες μαθηματικού, χημικού, βιολόγου και φυσικού αντιστοίχως. Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στο κοινό της πόλης των Ιωαννίνων, σε ημερίδα που πραγματοποιήθηκε, στις 11 Μαΐου 2016, στο αμφιθέατρο της Κεντρικής Βιβλιοθήκης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, με τίτλο: «*Πυρηνική ενέργεια: διερευνώντας μύθους και πραγματικότητες*». Η ημερίδα πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με την *ΕΛΜΕ Προτύπων και Πειραματικών Σχολείων* και το *Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος»* (Γραφείο Εκπαίδευσης). Το σχολείο έλαβε πρόσκληση για τη διοργάνωση της ημερίδας από τους παραπάνω φορείς, με αφορμή την συμπλήρωση 30 χρόνων από το πυρηνικό ατύχημα στο Chernobyl. Η σημασία των γνώσεων για τις ειρηνικές και πολεμικές χρήσεις της πυρηνικής ενέργειας είναι αναμφισβήτητη ως μέρος του *πρακτικού επιστημονικού εγγραμματισμού* των πολιτών. Γνωστό όμως είναι και το έλλειμμα των σχετικών γνώσεων και εμπειριών που προσφέρει το σχολείο στους μαθητές, τόσο στην Ελλάδα όσο και σε άλλες χώρες (Χαρτζάβαλος & Τσαπαρλής 2007, 2011, Tsaparlis, Hartzavalos, & Nakiboğlu 2013).

Σε μια πρώτη συνάντηση, τον Μάρτιο του 2016, οι τέσσερις καθηγήτριες επέλεξαν από κοινού μαθητές και μαθήτριες που, σύμφωνα με τις εμπειρίες τους, είχαν αγάπη στις θετικές επιστήμες και αναμενόταν να έδειχναν ενδιαφέρον να ασχοληθούν με το θέμα. Τελικά επελέγησαν 14 μαθητές και μαθήτριες. Ο πίνακας 1 παρέχει τις επιδόσεις των μαθητών αυτών στην γ' τάξη στα μαθηματικά, τη φυσική τη χημεία, τη βιολογία, καθώς και τον τελικό συνολικό βαθμό τους για το σχολικό έτος 2015-16. Παρατηρούμε πολύ υψηλές επιδόσεις τόσο στα φυσικομαθηματικά μαθήματα όσο και στον τελικό βαθμό, επομένως επιβεβαιώνεται η παρατήρηση που κάναμε στην εισαγωγή ότι στα πρότυπα σχολεία έχουμε πολύ καλούς μαθητές.

Πίνακας 1. Οι επιδόσεις των 14 μαθητών στα μαθηματικά, τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία, καθώς και ο τελικός συνολικός βαθμός τους στην γ' τάξη

	Μαθ. Γρ.	Μαθ. Συν.	Φυσ. Γρ.	Φυσ. Συν.	Χημ. Γρ.	Χημ. Συν.	Βιολ. Γρ.	Βιολ. Συν.	Τελ. Βαθμ.
Μέγ.	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Ελάχ.	13	17	12	16	17	17	19	18	18,23
Μ.Ο.	17,79	19	16,93	18,64	18,86	18,93	19,50	19,64	19,06
Τ.Α.	1,97	0,926	3,17	1,39	1,12	1,22	0,500	0,610	0,565
Δ/Μ	18	19	18	19	19	19	19,5	20	18,85

Μ.Ο.: Μέσος όρος, Τ.Α.: τυπική απόκλιση, Δ/Μ: διάμεσος, Γρ.: Γραπτός βαθμός Ιονίου, Συν.: συνολικός βαθμός μαθήματος.

Ακολούθησε συνάντηση των καθηγητριών με τους μαθητές, κατά την οποία επιβεβαιώθηκε η επιθυμία και συμφωνία των μαθητών να εργαστούν για την υλοποίηση της εργασίας. Σε αυτή τη συνάντηση έγινε συζήτηση για τους στόχους της εργασίας και την επιλογή των θεμάτων που θα δούλευαν οι μαθητές, μέσα από μια γκάμα θεμάτων που είχαν προταθεί από το ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος». Στην ίδια συνάντηση δημιουργήθηκαν και οι ομάδες των μαθητών, καθώς οι μαθητές ταυτόχρονα με την επιλογή του θέματος δήλωναν και τη θέλησή τους να συνεργαστούν με όσους επέλεξαν το ίδιο θέμα. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν γραμμική, δηλαδή επιλεγόταν ένα θέμα και κάποιος μαθητής ή μαθήτρια δήλωνε το ενδιαφέρον του/της γι' αυτό και αμέσως μετά εμφανιζόταν και ο/η συμμαθητής/συνεργάτης. Δεν εμφανίστηκε καμιά εμπλοκή κατά την υλοποίηση αυτής της διαδικασίας, δηλαδή οι μαθητές αποδέχονταν μια πραγματοποιούμενη επιλογή και αμέσως προχωρούσαμε με το επόμενο θέμα. Για κάθε θέμα/ομάδα μαθητών ορίστηκε μια υπεύθυνη καθηγήτρια, ανάλογα με την ειδικότητά της και τη γνώση του θέματος, ώστε να μπορεί να ενθαρρύνει υπεύθυνα και εξειδικευμένα και να υποστηρίξει τους μαθητές με βιβλιογραφία-δικτυογραφία. Ακολούθησαν συναντήσεις της κάθε ομάδας με την υπεύθυνη καθηγήτρια τόσο στον χώρο του σχολείου (στα διαλείμματα, στα κενά των μαθητών και στο τέλος του ημερήσιου προγράμματος) όσο και διαδικτυακά, με το μοίρασμα συνεργατικών αρχείων μέσω Google Drive. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές πήραν την απαραίτητη βιβλιογραφία-δικτυογραφία και σκιαγράφησαν την πορεία της ομαδικής τους έρευνας.

Στο σημείο αυτό σκεφθήκαμε να απευθυνθούμε για επιστημονική συνδρομή και συνεργασία σε ειδικούς επιστήμονες του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, κι έτσι προέκυψε η συνεργασία με τον καθηγητή της ιατρικής φυσικής στο Τμήμα Ιατρικής κ. *Τζών Καλέφ-Εζρά*, ο οποίος μας πρότεινε να πραγματοποιήσουμε μαζί με τους μαθητές επίσκεψη στο εργαστήριο της Ιατρικής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο. Οι μαθητές δέχτηκαν την πρόταση με μεγάλο ενθουσιασμό. Τελικά, οι μαθητές αποφάσισαν ότι ήταν προτιμότερο να επισκεφτούν το πανεπιστημιακό εργαστήριο αφού πρώτα ολοκληρώσουν τις εργασίες τους, έτσι ώστε να υποβάλουν ερωτήσεις στον καθηγητή και να κατανοήσουν καλύτερα τα σχετικά θέματα.

Στις επόμενες συναντήσεις, οι μαθητές κάθε ομάδας παρουσίαζαν την πορεία της εργασίας τους σε όλες τις άλλες ομάδες, ενώ γινόταν συζήτηση και διορθώσεις όπου ήταν απαραίτητο. Το μέλημα των μαθητών ήταν να παρουσιάσουν στο κοινό το επιστημονικό θέμα τους με απλό και κατανοητό τρόπο. Οι καθηγήτριες ενθάρρυναν τους μαθητές να απαντούν με σαφήνεια στα ερωτήματα που προέκυπταν από τη μελέτη τους και να εμπλουτίζουν την εργασία τους με σχετικές εικόνες και με βίντεο.

Η επίσκεψη στο εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής ήταν «αξέχαστη εμπειρία» για τους μαθητές. Μετά την επίσκεψη, οι μαθητές δούλεψαν με μεγαλύτερο κέφι και ήθελαν να παρουσιάσουν την εμπειρία τους αυτή στην ημερίδα. Έτσι προέκυψε μία επιπλέον εργασία, αυτή της παρουσίασης της επίσκεψης στο πανεπιστημιακό εργαστήριο με τον

τρόπο που τη βίωσαν οι μαθητές. Η περιγραφή που ακολουθεί είναι απόσπασμα από την εισήγηση της μαθήτριας που παρουσίασε το θέμα κατά την ημερίδα.

Ο καθηγητής κ. Τζων Καλέφ-Εζρά μās μήσε σε στοιχειώδεις γνώσεις για την πυρηνική ενέργεια και τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Μιλήσαμε για την εσωτερική και εξωτερική ακτινοβόληση, τις διάφορες πηγές ακτινοβόλησης, φυσικές και ανθρωπογενείς, και ενημερωθήκαμε για τα ποσά ακτινοβολίας που δεχόμαστε καθημερινά. Όλοι μας αποκτήσαμε καινούριες γνώσεις και υποθέτω ότι οι περισσότεροι από εμάς είδαμε με άλλο μάτι τη ραδιενέργεια, μια έννοια που για την πλειονότητα των ανθρώπων κρύβει μέσα της την απειλή. Αφού, ήρθαμε σε επαφή με τις βασικές επιστημονικές έννοιες, είχαμε την ευκαιρία να πειραματιστούμε και οι ίδιοι, κάνοντας μετρήσεις και ανακαλύπτοντας βιωματικά τα διαφορετικά είδη ραδιενέργειας. Γνωρίσαμε (ακόμη) την αρχή λειτουργίας ενός από τους μεγαλύτερους παγκοσμίως (εκτός της Βόρειας Αμερικής) μετρητές ολόσωμης ραδιενέργειας, ο οποίος μάλιστα συναρμολογήθηκε αποκλειστικά από τους καθηγητές του εργαστηρίου. Ένα παιχνίδι ανίχνευσης ραδιενεργών υλικών μās ευχαρίστησε ιδιαίτερα, (ενώ) πραγματοποιήσαμε και μετρήσεις σε διαφορετικά σημεία του εδάφους του προαύλιου χώρου.

Από τη συνεργασία με την *ΕΛΜΕ Προτύπων και Πειραματικών Σχολείων* και με το *ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»* προέκυψε και η πρόταση να προσκαλέσουμε στην ημερίδα έναν Έλληνα ερευνητή από το *Ευρωπαϊκό Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών CERN*, τον κ. *Αντώνη Παπανέστη*. Οι μαθητές ενθουσιάστηκαν με την πρόταση και ανυπομονούσαν για τη στιγμή που θα μπορούσαν να συνομιλήσουν μαζί του. Στην πορεία της διαδικασίας, ήρθαμε σε τηλεφωνική επαφή και με την κ. Ελένη Φλώρου, υπεύθυνη του *Εργαστηρίου Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος* του *ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»*, η οποία μας εφοδίασε με επιπλέον υλικό για τις εργασίες μας. Η ίδια δήλωσε την πρόθεση να συμβάλει στην ημερίδα, ερχόμενη στα Γιάννενα για να μιλήσει, αλλά λόγω άλλων ανηλειμμένων υποχρεώσεών της, αυτό δεν κατέστη εφικτό, γι' αυτό αρκεστήκαμε στο να μιλήσει και να απαντήσει σε ερωτήσεις κατά την ημερίδα, μέσω Σκάιπ, πράγμα που πραγματοποιήθηκε με επιτυχία.

ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΖΕΚΤ

Η τελική αξιολόγηση του πρότζεκτ έγινε μέσω της απάντησης των μαθητών σε δύο γραπτά ερωτηματολόγια: ένα (1^ο) ερωτηματολόγιο γνώμης και ένα (2^ο) ερωτηματολόγιο γνώσεων πυρηνικής επιστήμης. Στην εργασία αυτή θα αναφερθούμε στις εμπειρίες και γνώμες των μαθητών, όπως αυτές προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στο 1ο ερωτηματολόγιο (στο εξής θα το αναφέρουμε απλώς ως 'το ερωτηματολόγιο'). Λόγω περιορισμού χώρου, θα αναφερθούμε εδώ μόνο επιγραμματικά σε κάποια ευρήματα, ενώ θα παραλείψουμε αναφορά σε κάποια άλλα, που, ενώ δεν στερούνται ενδιαφέροντος, δεν είναι κεντρικά στην αξιολόγηση του πρότζεκτ.

Το ερωτηματολόγιο συντάχθηκε με βάση ένα ερωτηματολόγιο που είχε συνταχθεί και χρησιμοποιηθεί παλιότερα στο πλαίσιο εκπόνησης μεταπτυχιακής διατριβής ειδικευσης (Tsaparlis & Gorezi 2007 και σχετικές παραπομπές). Πολλές ερωτήσεις ήταν τύπου Likert, ενώ αρκετές ζητούσαν από τους μαθητές να δικαιολογήσουν τις επιλογές τους ή να διατυπώσουν την προσωπική τους άποψη. Το

ερωτηματολόγιο τέθηκε υπόψη των τεσσάρων καθηγητριών, οι οποίες αφενός συμφώνησαν με το περιεχόμενο, αφετέρου έκαναν διάφορες προτάσεις για διορθώσεις και βελτιώσεις, οι οποίες ελήφθησαν όλες υπόψη στην τελική μορφή.

Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από τέσσερα μέρη. Το 1^ο μέρος περιείχε 6 γενικές ερωτήσεις: ποια μαθήματα, τα φιλολογικά ή τα φυσικομαθηματικά, αρέσουν περισσότερο στους μαθητές / τα χαρακτηριστικά και η χρησιμότητα των μαθημάτων των φυσικών επιστημών / η πειραματική διδασκαλία αυτών των μαθημάτων. Το 2^ο μέρος περιείχε επίσης 6 ερωτήσεις σχετικές με την ομαδική εργασία στο πρότζεκτ. Το 3^ο μέρος αποτελούνταν από 7 ερωτήσεις σχετικές με τα πρότζεκτ των μαθητών (π.χ. αν τους ικανοποίησε το πρότζεκτ τους, ποιο από τα πρότζεκτ των συμμαθητών τους τους άρεσε περισσότερο και γιατί) και τις ικανότητες-δεξιότητες που καλλιεργήθηκαν με αυτά. Τέλος, το 4^ο μέρος είχε δύο τελικές ερωτήσεις για τη συνολική εντύπωση του μαθητή από την εκτέλεση του πρότζεκτ και για το αν η εμπειρία του από το πρότζεκτ άλλαξε την εικόνα που είχε για τις φυσικές επιστήμες. Η επεξεργασία των απαντημένων ερωτηματολογίων έγινε χωριστά από δύο από τους συγγραφείς (ΓΤ και ΒΒ), οι οποίοι, έπειτα από επανηλεξιμένες συνεργασίες και εκτεταμένες συζητήσεις, συμφώνησαν τελικά τόσο στα αριθμητικά δεδομένα, όσο και στην ομαδοποίηση/κατηγοροποίηση των ανοικτών απαντήσεων.

Για τη συμμετοχή των μαθητών στη γραπτή αξιολόγηση των πρότζεκτ ακολουθήθηκαν όλοι οι κανόνες δεοντολογίας/ορθής ηθικής συμπεριφοράς για την εκτέλεση μιας κοινωνικής έρευνας με μαθητές (Taber 2014). Καταρχάς ελήφθη η έγκριση από το *Επιστημονικό Εποπτικό Συμβούλιο* (ΕΠΕΣ) του σχολείου (στο οποίο συμμετέχει και ο διευθυντής του σχολείου). Επίσης ενημερώθηκαν από τις τέσσερις καθηγήτριες οι γονείς των μαθητών, με προσωπική επιστολή που τους απεστάλη, μέσω των παιδιών τους, για τον ερευνητικό χαρακτήρα και το περιεχόμενο και τον τρόπο της γραπτής αξιολόγησης. Οι γονείς όλων των παιδιών που πήραν μέρος στην υλοποίηση του πρότζεκτ έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεσή τους να συμμετάσχουν τα παιδιά τους στην αξιολόγηση.

Λόγω της χρονικής συγκυρίας (λήξη της διδασκαλίας των μαθημάτων και λίγο πριν από τις τελικές γραπτές ανακεφαλαιωτικές εξετάσεις του Ιουνίου), η απάντηση των παιδιών στα δύο ερωτηματολόγια έγινε στο σχολείο αντιστοίχως σε ημέρες που επιλέχθηκαν να είναι έπειτα από την εξέταση σε μαθήματα που προσφέρονταν καλύτερα για τον σκοπό της έρευνας, ώστε τα παιδιά να είναι όσο γίνεται πιο ξεκούραστα. Να σημειωθεί ότι η πάροδος ενός σχετικά σύντομου χρόνου (25 ημέρες) δεν θα επηρέαζε καθ' οιονδήποτε τρόπο τις απαντήσεις των παιδιών στο (1^ο) ερωτηματολόγιο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Παρατηρήσεις για την παρουσίαση των συνθετικών εργασιών κατά την ημερίδα

Όπως αναφέραμε ήδη, η ημερίδα ήταν ανοικτή για το κοινό της πόλης των Ιωαννίνων. Το ακροατήριο ήταν ικανοποιητικό σε αριθμό και αποτελούνταν από μαθητές, γονείς μαθητών, καθηγητές πανεπιστημίου και μέσης εκπαίδευσης, σχολικούς συμβούλους, φοιτητές και απλούς πολίτες. Κατά γενική ομολογία, η ημερίδα στέφθηκε από επιτυχία, οι μαθητές εισέπραξαν συγχαρητήρια κι έτσι τονώθηκε η αυτοπεποίθησή τους. Όλες οι

παρουσιάσεις έγιναν με πάουερ-πόιντ που ετοίμασαν οι μαθητές, ενώ όλες παρέθεταν στο τέλος τη χρησιμοποιηθείσα βιβλιογραφία/δικτυογραφία. Όπως είναι αναμενόμενο, η ποιότητα των παρουσιάσεων ήταν ποικίλη και σίγουρα κάποιες παρουσιάσεις υπερέχουν σε σχέση με κάποιες άλλες, τόσο ως προς το καθεαυτό περιεχόμενό τους όσο και ως προς τον τρόπο παρουσίασης (με ελεύθερο λόγο, αντί ανάγνωσης ενός γραπτού κειμένου ή των διαφανειών του πάουερ-πόιντ και/ή με τη χρήση πλουσίως εικονογραφημένου υλικού και σε μερικές περιπτώσεις και βίντεο με πολλά εφέ που έκαναν μόνοι τους οι μαθητές με χρήση τεχνολογίας).

Ικανοποίηση των μαθητών από το πρότζεκτ τους

Οι μαθητές κλήθηκαν να δηλώσουν αν έμειναν ικανοποιημένοι από το πρότζεκτ τους. Πολύ ικανοποιημένοι έμειναν 11 μαθητές, και μάλλον ικανοποιημένοι οι υπόλοιποι 3. Ως προς τους λόγους: 8 μαθητές βρήκαν ικανοποιητικό το αποτέλεσμα, 4 έμαθαν και 2 λόγω καλής παρουσίασης («Κάναμε μια εκπληκτική παρουσίαση και οι συμμαθητές μας μάς κατάλαβαν»). Ακόμη, ανά 1 μαθητής αναφέρθηκαν σε: επαρκή κάλυψη, αναζήτηση πληροφοριών, σοβαρότητα συμμαθητών, «Το κοινό έδειξε ενδιαφέρον» και «Είχε πλάκα». Από την άλλη ένας μαθητής/-τρια (με προτίμηση στα φιλολογικά μαθήματα) σημείωσε «Όχι ό,τι περίμενα».

Προτίμηση των μαθητών για τα πρότζεκτ των συμμαθητών τους

Οι μαθητές κλήθηκαν να δηλώσουν ποιο ή ποια από τα υπόλοιπα πρότζεκτ (εκτός από το δικό τους) τους άρεσε περισσότερο (μπορούσαν να επιλέξουν μέχρι 2 από τα 7-1=6 πρότζεκτ). Ο πίνακας 2 δείχνει τα θέματα/τίτλους των επτά ανατεθεισών συνθετικών εργασιών και τα αποτελέσματα ως προς τις προτιμήσεις. Το πρότζεκτ με θέμα την πυρηνική σχάση και την πυρηνική σύντηξη συγκέντρωσε μακράν τις περισσότερες προτιμήσεις, ενώ ακολούθησε το θέμα για τους πυρηνικούς αντιδραστήρες σχάσης και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μάθηση καινούργιων πραγμάτων αναφέρθηκε συχνά ως ο λόγος, ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι πολλοί χρησιμοποίησαν ως κριτήριο την καλή παρουσίαση, για την οποία χρησιμοποίησαν ποικίλους επιθετικούς προσδιορισμούς: περιεκτική, σύντομη, με καλή δομή, κατανοητή, διαδραστική, όμορφη, σύντομη, ενημερωτική, ενδιαφέρουσα, όχι βαρετή. Σημαντικό θεωρήθηκε και το ότι έμαθαν πράγματα που δεν ήξεραν ή δεν γνώριζαν καλά: «Έμαθα πράγματα που δεν γνώριζα καλά», «Πάντα αναρωτιόμουν πώς μπορεί να παραχθεί ενέργεια από το ουράνιο».

Βαθμός σπουδαιότητας των φάσεων του πρότζεκτ

Βλ. πίνακα 3. Παρατηρούμε ότι πιο σημαντικές ήταν η προετοιμασία και οργάνωση από τα μέλη της ομάδας, η συνεργασία και οι συζητήσεις με τον/την συνεργάτη και η παρουσίαση κατά την ημερίδα, ενώ λιγότερο σημαντικές κρίθηκαν η γνωριμία με τη ραδιενέργεια στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων και η συγγραφή επιστημονικού κειμένου. Η τοποθέτηση χαμηλά της σημασίας της επίσκεψης στο πανεπιστημιακό εργαστήριο έρχεται καταρχήν σε αντίθεση με τη θετική ως πολύ θετική γνώμη που διατύπωσαν οι μαθητές, απαντώντας σε ξεχωριστή σχετική ερώτηση (βλ. παρακάτω). Μια εξήγηση γι' αυτό ίσως

είναι ότι οι περισσότερες άλλες φάσεις του πρότζεκτ έπαιξαν πιο καθοριστικό ρόλο στην υλοποίησή του, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι υποτιμάται η χρησιμότητα της επίσκεψης στο πανεπιστημιακό εργαστήριο.

Δυσκολίες κατά την εκτέλεση των πρότζεκτ

Βλ. πίνακα 4. Παρατηρούμε ότι όλα τα σχετικά θέματα παρουσίασαν πολύ μικρή δυσκολία, με πιο εύκολη τη μελέτη της ξενόγλωσσης βιβλιογραφίας (προφανώς λόγω του γεγονότος ότι οι μαθητές είχαν πολύ καλή γνώση της Αγγλικής γλώσσας) και πιο απαιτητική την παρουσίαση.

Ικανότητες-δεξιότητες που αποκόμισαν οι μαθητές στα πρότζεκτ

Βλ. πίνακα 5. Εδώ προηγούνται η προετοιμασία, η οργάνωση, και η άσκηση στη δημόσια παρουσίαση της εργασίας (στους συμμαθητές και στο κοινό), έπονται το κίνητρο για μάθηση και η κριτική σκέψη, ενώ στο τέλος βρίσκονται η διατύπωση στόχων, η προσωπική αυτοεκτίμηση και η εξοικείωση με την ξένη βιβλιογραφία.

Πίνακας 2: Τα θέματα/τίτλοι των συνθετικών εργασιών* και προτίμηση των μαθητών για τα υπόλοιπα πρότζεκτ

<i>Θέμα και αριθμός προτιμήσεων</i>	<i>Λόγος/λόγοι για την προτίμηση</i>
Η πρόσφατη γνωριμία με τη ραδιενέργεια στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων: 1	—Μάθηση καινούριων πραγμάτων
Πυρηνική σχάση – Πυρηνική σύντηξη: 9**	—Καλή παρουσίαση: 4 —Καινούργια και χρήσιμη γνώση: 4 —Έμαθα πράγματα που δεν γνώριζα καλά: 3 —Ενδιαφέρουσα: 3
Πυρηνικοί αντιδραστήρες σχάσης – Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας: 5	—Καλή παρουσίαση: 4 —Εξήγηση καινούργιας γνώσης —Ενδιαφέρουσα και κατανοητή
Ραδιενεργός επιβάρυνση σε συνθήκες πραγματικής λειτουργίας: 1	—Κατανοητή παρουσίαση και ενδιαφέρον θέμα
Επιπτώσεις της ραδιενέργειας στον ανθρώπινο οργανισμό – Προβλήματα υγείας, προστασία: 3	—Σημαντικές πληροφορίες —Καλή παρουσίαση
Είναι η ραδιενέργεια πάντοτε βλαβερή; - Λίγη ραδιενέργεια κάνει καλό: 3	—Έμαθα πράγματα που δεν γνώριζα καλά —Καλή παρουσίαση
Πυρηνικά ατυχήματα: 1	—Καλή παρουσίαση

*Η σειρά των εργασιών είναι σε συμφωνία με τη σειρά των προφορικών παρουσιάσεων κατά την ημερίδα. **4 μαθητές επέλεξαν το πρότζεκτ #2 ως μοναδική επιλογή

Πίνακας 3. Βαθμός σπουδαιότητας της κάθε φάσης του πρότζεκτ σε κλίμακα 0-4*

		Μ.Ο.	Διάμεσος
1	Προετοιμασία-οργάνωση από τα μέλη της ομάδας	3,57	4
2	Συνεργασία-συζητήσεις με τον/την συνεργάτη	3,50	3,5
3	Παρουσίαση κατά την ημερίδα	3,43	3,5
4	Προσωπική σχετική μελέτη**	3,23	3
5	Προετοιμασία του πάουερ-πόντ	3,21	3
6	Διδασκαλία των καθηγητριών μας	3,00	3
7	Αναζήτηση σχετικής βιβλιογραφίας	2,93	3
8	Καθοδήγησή μας από τις καθηγήτριές μας	2,79	3
9	Γνωριμία με τη ραδιενέργεια στο Πανεπιστήμιο	2,57	3
10	Συγγραφή επιστημονικού κειμένου	2,43	2,5

*0: *ασήμαντη φάση*, 4: *πολύ σημαντική φάση* **Ένας μαθητής δεν απάντησε

Πίνακας 4. Βαθμός δυσκολίας κατά την εκτέλεση των πρότζεκτ σε κλίμακα 0-4*

		Μέσος όρος	Διάμεσος
1	Παρουσίαση	1,21	1
2α	Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία	1,14	1
2β	Κατανόηση βασικών θεωρητικών αρχών	1,14	1
4	Συνεργασία με τα μέλη της ομάδας	1,00	1
5	Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	0,93	1

*0: *καθόλου δυσκολία*, 4: *πολλές δυσκολίες*

Πίνακας 5. Ικανότητες-δεξιότητες που αποκόμισαν οι μαθητές με τη συμμετοχή τους στην εκτέλεση του πρότζεκτ. Κλίμακα από 0-4*

		Μ.Ο.	Διάμεσος
1	Προετοιμασία – οργάνωση	3,29	4
2	Άσκηση στη δημόσια παρουσίαση της εργασίας	3,21	3,5
3α	Κίνητρο για μάθηση	3,14	3
3β	Κριτική σκέψη	3,14	3
5	Συνεργατικότητα	2,93	3
6α	Αφομοίωση θεωρίας σχετικής με το πρότζεκτ μου	2,86	3
6β	Συσχέτιση θεωρίας – πράξης (εφαρμογών)	2,86	3
8	Σύνδεση επιστήμης με τη ζωή	2,79	3
9α	Αναζήτηση βιβλιογραφικών πηγών	2,71	3
9β	Κατανομή διαθέσιμου χρόνου	2,71	3
9γ	Συγγραφή επιστημονικού κειμένου	2,71	3
12α	Ανάπτυξη πρωτοβουλιών	2,57	3
12β	Συσχέτιση νέων εννοιών με προηγούμενες γνώσεις	2,57	3
14	Διατύπωση στόχων	2,43	2,5
15	Προσωπική αυτοεκτίμηση	2,36	2,5
16	Εξοικείωση με την ξένη βιβλιογραφία	2,07	2,5

*0: *δεν αποκόμισα καμία σχετική ικανότητα/δεξιότητα*, 4: *αποκόμισα σε μεγάλο βαθμό την αντίστοιχη ικανότητα/ δεξιότητα*).

Άλλα ευρήματα

12 από τους 14 μαθητές δήλωσαν ότι τους αρέσουν περισσότερο τα φυσικομαθηματικά μαθήματα (μαθηματικά, φυσική, χημεία, βιολογία), 1 μαθητής/-τρια δήλωσε τα φιλολογικά (γλώσσα, ιστορία, λογοτεχνία) και 1 μαθητής/-τρια δήλωσε την ιστορία και τη βιολογία. Με την εξαίρεση ενός μαθητή/-τριας που εξέφρασε αρνητική γνώμη, όλοι οι άλλοι ήταν θετικοί για την ομαδική εργασία: 9 μαθητές τη βρίσκουν πολύ χρήσιμη και αποτελεσματική και 4 αρκετά.

Σχεδόν όλοι οι μαθητές (13, 6 πάρα πολύ και 6 πολύ) βρήκαν χρήσιμη τη γνωριμία τους με τη ραδιενέργεια στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ενώ 11 μαθητές έκριναν θετικά τις ομιλίες κατά την ημερίδα των τριών ειδικών επιστημόνων, 2 είχαν ουδέτερη και 1 μάλλον αρνητική άποψη.

Και οι 14 μαθητές δήλωσαν θετική εντύπωση και εμπειρία από την εκτέλεση του πρότζεκτ (12 πολύ θετική και 2 μάλλον θετική). Εξάλλου, στην ερώτηση αν η εμπειρία τους από το πρότζεκτ άλλαξε την εικόνα που είχαν για τις φυσικές επιστήμες (φυσική-χημεία-βιολογία), οι 10 μαθητές απάντησαν ότι την έκανε θετικότερη (6: πολύ θετικότερη και 4: μάλλον θετικότερη), ενώ σε 4 μαθητές δεν τους άλλαξε τη γνώμη. (Το τελευταίο μπορεί και να σημαίνει ότι όλοι ή κάποιοι από τους 4 αυτούς μαθητές είχαν ήδη θετική γνώμη, οπότε το πρότζεκτ δεν την άλλαξε για να την κάνει θετικότερη.)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εξοικείωση των μαθητών με την έρευνα (αναζήτηση, αξιολόγηση, ταξινόμηση και παρουσίαση πληροφορίας), η επαφή τους με τους επιστήμονες-ερευνητές, η συνεργασία μεταξύ τους, η εμπειρία της παρουσίας μπροστά σε κοινό και όχι μόνο σε μαθητές, καθώς και η χρήση τεχνολογίας ήταν, χωρίς αμφιβολία, μερικά από τα οφέλη των μαθητών από αυτή την εργασία. Ένα σημείο που πρέπει να προσεχθεί είναι κατά την ημερίδα να ενθαρρύνεται η μεγαλύτερη συμμετοχή των μαθητών με ερωτήσεις προς τους ειδικούς, από αυτήν που σημειώθηκε στη συγκεκριμένη ημερίδα, όπου τις ερωτήσεις και τη συζήτηση σχεδόν μονοπώλησαν ενήλικα μέλη του ακροατηρίου (χωρίς το τελευταίο να ήταν καθεαυτό κακό για τους μαθητές, αντιθέτως τους έδωσε παράδειγμα τού πώς διεξάγονται οι επιστημονικές συζητήσεις).

Πολύ θετική αποδείχθηκε και η αξιολόγηση του πρότζεκτ όπως προέκυψε από τις απαντήσεις και γνώμες των μαθητών στο ερωτηματολόγιο. Όλοι οι μαθητές έμειναν ικανοποιημένοι από την εμπειρία τους, πολλοί βρήκαν ικανοποιητικό το αποτέλεσμα και έμαθαν καινούργια πράγματα. Η προετοιμασία και οργάνωση από τα μέλη της ομάδας, η συνεργασία και οι συζητήσεις με τον/την συνεργάτη και η παρουσίαση κατά την ημερίδα θεωρήθηκαν ως οι πιο σημαντικές φάσεις του πρότζεκτ. Οι σπουδαιότερες ικανότητες-δεξιότητες που αποκόμισαν οι μαθητές ήταν η προετοιμασία και οργάνωση, και η άσκηση στη δημόσια παρουσίαση της εργασίας, το κίνητρο για μάθηση και η κριτική σκέψη. Σχεδόν όλοι οι μαθητές ήταν θετικοί για την ομαδική εργασία και εξέφρασαν θετική γνώμη τόσο για τη γνωριμία τους με τη ραδιενέργεια στο πανεπιστημιακό εργαστήριο, όσο και για τις ομιλίες των τριών επιστημόνων κατά την ημερίδα. Αξιοσημείωτο είναι ότι 12 από τους 14 μαθητές δήλωσαν ότι τους αρέσουν περισσότερο

τα φυσικομαθηματικά μαθήματα, ότι και οι 14 μαθητές δήλωσαν θετική εντύπωση και εμπειρία από την εκτέλεση του πρότζεκτ, ενώ 10 μαθητές απάντησαν ότι η εμπειρία τους από το πρότζεκτ έκανε θετικότερη την εικόνα που είχαν για τις φυσικές επιστήμες.

Πρόσφατα (Αύγουστος 2016) ολοκληρώθηκε η αξιολόγηση και του 2^{ου} ερωτηματολογίου (ερωτηματολόγιο γνώσεων), από την οποία προέκυψαν εν γένει θετικά αποτελέσματα υπέρ των μαθητών της παρούσας μελέτης σε σύγκριση με τα αποτελέσματα φοιτητών σε προηγούμενη μελέτη (Χαρτζάβαλος & Τσαπαρλής 2007, 2011, Tsaparlis, Hartzavalos, & Nakiboğlu 2013). Ειδικότερα, υπήρξε μικρός σχετικά αριθμός «μη αποδεκτών» απαντήσεων, ενώ πολύ καλύτερες απαντήσεις σε σύγκριση με τις απαντήσεις των φοιτητών βρέθηκαν π.χ. στις περιπτώσεις της πυρηνικής σχάσης, του χρόνου ημιζωής και της σχέσης της πυρηνικής σύντηξης με τον ήλιο. Τα αναλυτικά ευρήματα από το ερωτηματολόγιο γνώσεων θα παρουσιαστούν σε επόμενη ανακοίνωση.

Τέλος θα πρέπει να τονίσουμε ότι παρόλη την αναφορά σε ένα μόνο σχολείο και παρόλο τον πολύ μικρό αριθμό μαθητών, το γεγονός ότι έχουμε να κάνουμε με ένα πρότυπο σχολείο, με μαθητές με αυξημένο ενδιαφέρον και προτίμηση, κλίση και πολύ καλές επιδόσεις στα φυσικομαθηματικά μαθήματα, σε συνδυασμό με τα πολύ θετικά ευρήματα από την αξιολόγηση με βάση τις γνώμες των μαθητών, μας κάνει να πιστεύουμε ότι τα ευρήματα της έρευνας αυτής μπορεί να γενικευθούν, οπωσδήποτε με μια επιβαλλόμενη επιφύλαξη. Επιπλέον η υλοποίηση αυτού του πρότζεκτ αναδεικνύει τον ρόλο της σύνδεσης του σύγχρονου σχολείου με επιστημονικά και ερευνητικά ιδρύματα, τόσο για την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων από πλευράς των μαθητών, όσο και για τη διάχυση των επιστημονικών επιτευγμάτων, μέσω των μαθητών, στον απλό πολίτη, που ενδεχομένως αγνοεί ή δεν είναι επαρκώς και υπεύθυνα ενημερωμένος για το σχετικό επιστημονικό θέμα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε πρώτα-πρώτα τους μαθητές που συμμετέσχαν στο πρότζεκτ, καθώς και τους γονείς τους που συγκατατέθηκαν στη συμμετοχή των παιδιών τους στην έρευνα αυτή. Ευχαριστούμε ακόμη τον καθηγητή κ. *Τζων Καλέφ-Εζρά*, τον ερευνητή του C.E.R.N., κ. *Αντώνη Παπανέστη* και την κ. *Ελένη Φλώρου* του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» για τη συμβολή τους στην ημερίδα και στην καλύτερη πραγματοποίηση του όλου πρότζεκτ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαϊνά Μ. (1996) Μέθοδος project: Μια πρόκληση για το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. *Νέα Παιδεία*, τεύχος 80, 77-87.
- Κουλαϊδής Β., Τσατσαρώνη Α., Χατζηνικήτα Β., Αποστόλου Α. (2001). Μελέτη των όρων εισαγωγής project στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο: Π. Κόκοτας & Ι. Βλάχος (επιμ.), *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα. Προβλήματα και προοπτικές*, σσ. 55-66. Αθήνα: Εκδόσεις Μ. Π. Γρηγόρη.
- Φαντάκη Γ. (2014). Καινοτόμες προσεγγίσεις στο μάθημα της χημείας – η μέθοδος πρότζεκτ. Στο: *Φυσικές Επιστήμες – Οδηγός για τον εκπαιδευτικό – Χημεία Β, Γ Γυμνασίου* (προσαρμοσμένο σύμφωνα με τα συμπεράσματα της Πιλοτικής

- Εφαρμογής), σσ. 34-45. Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Εκπαίδευση και διαβίου μάθηση». «Νέο Σχολείο (Σχολείο 21ου αιώνα) – Νέο πρόγραμμα σπουδών»
- Χαρτζάβαλος Σ., Τσαπαρλής Γ. (2009). Επιστημονικός αλφαριθμητισμός των αποφοίτων λυκείου και, πυρηνική φυσική – γνώση βασικών εννοιών από πρωτοετείς φοιτητές φυσικής, με προεκτάσεις και σε θέματα ειρήνης και αειφόρου ανάπτυξης. *Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου “Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση”*, σσ. 913-921. (Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2009).
- Χαρτζάβαλος Σ., Τσαπαρλής Γ. (2011). Μερικές παρανοήσεις φοιτητών σε θέματα που σχετίζονται με την πυρηνική φυσική και την κοινωνία. *Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου “Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση”*, σσ. 391-398. (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013)
- Frey, K. (1980) *Η μέθοδος Project. Μια μορφή συλλογικής εργασίας στο σχολείο ως θεωρία και πράξη*. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.
- Taber, K. S. (2014). Ethical considerations of chemistry education research involving ‘human subjects’ . *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 109-113
- Tsaparlis G. & Gorezi, M. (2007). Addition of a project-based component to the expository physical chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 84, 668-670 (plus the full paper in JCE Software).
- Tsaparlis G., Hartzavalos S., & Nakiboğlu C. (2013). Students' knowledge of nuclear science and its connection with civic scientific literacy in two European contexts: the case of newspaper articles. *Science & Education*, 22, 1963-1991.

Χημικές εξισώσεις στο γυμνάσιο με σύμβολα και με προσομοιώματα

Γιαννούλα Πανταζή¹ & Γεώργιος Τσαπαρλής²

¹Εκπαιδευτικός, υπεύθυνη Ε.Κ.Φ.Ε. Πρέβεζας, liannapantazi@in.gr

²Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας gtseper@cc.uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών χημείας της β' γυμνασίου, γίνεται πρώτα η μακροσκοπική εισαγωγή στη μελέτη των χημικών αντιδράσεων και ακολουθεί η απεικόνιση των αντιδράσεων με χημικές εξισώσεις με σύμβολα και με προσομοιώματα, έπειτα από την εισαγωγή των εννοιών του ατόμου και του μορίου. Στην εργασία αυτή διερευνούμε κατά πόσο οι μαθητές της β' τάξης γυμνασίου εξοικειώνονται με τα άτομα, τα μόρια, τα χημικά σύμβολα και τα προσομοιώματά τους, ενώ εξετάζουμε και την επίδραση διδακτικής παρέμβασης με την οποία οι χημικές αντιδράσεις διδάχθηκαν μετά την εισαγωγή των εννοιών των μορίων και των ατόμων και των συμβολισμών τους. Στο σύνολο των μαθητών, και ανεξάρτητα από την πραγματοποίηση της διδακτικής παρέμβασης, βρέθηκε ότι οι μαθητές μεταβαίνουν με μεγαλύτερη ευκολία (και περισσότερο οι μαθητές ενδιάμεσης επίδοσης) από τα σύμβολα στα προσομοιώματα παρά το αντίστροφο. Από την εξέταση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο σύνολο των μαθητών, ενώ ανάμεσα σε τέσσερις ομάδες χαμηλής, μέτριας, καλής και υψηλής επίδοσης, βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο υπέρ της πειραματικής ομάδας καλής επίδοσης ($13 \leq M.O. < 16$, με άριστα το 20).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: χημεία γυμνασίου, απλό ατομικό και μοριακό μοντέλο, χημική αντίδραση, χημική εξίσωση, χημικά σύμβολα, προσομοιώματα ατόμων και μορίων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών χημείας της β' γυμνασίου, η σειρά που πρέπει να ακολουθηθεί στη διδασκαλία είναι να προηγηθούν οι μακροσκοπικές έννοιες όπως π.χ. η έννοια της χημικής αντίδρασης και μετά να εισαχθούν οι έννοιες του ατόμου και του μορίου. Οι μαθητές και οι μαθήτριες* μπορεί εύκολα να δέχονται την ύπαρξη των σωματιδίων, αλλά είναι δύσκολο να τις αφομοιώσουν και να εξηγήσουν τη συμπεριφορά της ύλης με αυτές, γι' αυτό η διδασκαλία τους έπεται. Επίσης είναι γνωστό ότι η πλειονότητα των μαθητών του γυμνασίου και του λυκείου έχουν πολλές παρανοήσεις

* Στο εξής, όπου χρησιμοποιείται η λέξη «μαθητές», εννοούνται μαθητές και μαθήτριες.

σχετικά με τα άτομα και τα μόρια και δεν χρησιμοποιούν τη σωματιδιακή φύση της ύλης για να εξηγήσουν χημικές έννοιες και χημικές μεταβολές.

Σε άρθρο τους, οι Smith, Wisser, Anderson και Krajcik (2006), ενώ παραδέχονται ότι η ατομική-μοριακή θεωρία είναι από τα δυσκολότερα πράγματα για να μάθει κανείς, υποστηρίζουν ότι οι δυσκολίες των μαθητών μπορεί να έχουν να κάνουν λιγότερο με τη θεωρία καθεαυτήν και περισσότερο με την ασυμβατότητα μεταξύ του ατομικού μοντέλου και των ιδεών των μαθητών σχετικά με την ύλη και τη συμπεριφορά της στο μακροσκοπικό και το υπομικροσκοπικό επίπεδο. Προς τούτοις, οι Wisser και Smith (2008) επισημαίνουν ότι η κατανόηση των χημικών εννοιών: χημική ουσία, χημικό στοιχείο, μείγμα, διάλυμα και χημική αντίδραση δεν μπορεί να είναι αποτελεσματική χωρίς τη χρήση σωματιδιακών μοντέλων. Κατά συνέπεια, τα άτομα και τα μόρια θα πρέπει να εισαχθούν σχετικά νωρίς στο πρόγραμμα σπουδών, στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού ή στις αρχικές του γυμνασίου, καθώς οι έννοιες αυτές αλληλεπιδρούν με την κατανόηση της ύλης σε μακροσκοπικό επίπεδο.

Ο Papageorgiou (2013) έχει επίσης εξετάσει το κατά πόσον τα απλά σωματιδιακά μοντέλα μπορεί να υποστηρίξουν ικανοποιητικές εξηγήσεις των χημικών μεταβολών για μικρούς μαθητές. Για τον σκοπό αυτό, έχει κατατάξει τα μοντέλα αυτά σε τρία γενικά επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο θεωρεί το «μοντέλο του ατόμου» ως ένα σημαντικό είδος σωματιδίου και το «μοντέλο του χημικού δεσμού» ως τον τρόπο που συγκρατεί τα άτομα μεταξύ τους στα μόρια. Το «μοντέλο του Bohr» και το «μοντέλο των ατομικών και των μοριακών τροχιακών» συνιστούν το δεύτερο και τρίτο επίπεδο αντιστοίχως. Από παιδαγωγική άποψη, το πρώτο επίπεδο είναι ίσως το πιο σημαντικό, καθώς αφορά την πρώτη συνάντηση των μαθητών με την έννοια της χημικής μεταβολής, άρα συνιστά το θεμέλιο για τα επόμενα δύο επίπεδα.

Είναι γεγονός ότι οι μαθητές έρχονται στο σχολείο έχοντας ήδη αναπτύξει την έννοια της ύλης σε στενή συνέργεια με τις έννοιες του βάρους, του όγκου, της πυκνότητας, της μάζας και του είδους των υλικών, ενώ ελάχιστοι μαθητές έχουν ασχοληθεί με τις έννοιες του ατόμου και του μορίου. Ως εκ τούτου, η εκμάθηση της ατομικής θεωρίας δεν είναι θέμα αναθεώρησης μιας προϋπάρχουσας έννοιας ή των πεποιθήσεών τους για τα άτομα και τα μόρια, αλλά αντίθετα η διδασκαλία της γίνεται για πρώτη φορά, σύμφωνα με τις επιστημονικές απόψεις και επομένως, κατά τους Wisser και Smith (2008), θα μπορούσε να γίνει κατανοητή χωρίς μεγάλες εννοιολογικές δυσκολίες.

Τίθεται επομένως το ερώτημα μήπως μακροσκοπικές έννοιες, όπως αυτές που αναφέραμε παραπάνω, μπορεί να γίνουν καλύτερα κατανοητές σε συνδυασμό με την κατανόηση των ατόμων και των μορίων; Μήπως δηλαδή η «πρωτόστερη» εισαγωγή της διδασκαλίας των ατόμων και των μορίων μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση των μαθητών; Με αφορμή τον προβληματισμό αυτόν, αποφασίσαμε να διερευνήσουμε αν διαφοροποιείται η κατανόηση των μαθητών για την έννοια της χημικής αντίδρασης όταν προηγηθεί η διδασκαλία της ατομικής θεωρίας.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

Όπως έχουν καταδείξει πολυάριθμες μελέτες και υποστηρίζει διάφορες θεωρίες στη διδακτική των φυσικών επιστημών (από τη δεκαετία του 1970), η σωματιδιακή φύση και η ατομική και μοριακή δομή της ύλης προκαλούν μεγάλες εννοιολογικές δυσκολίες στους μαθητές, οδηγώντας σε φτωχή κατανόηση (Tsaparlis 1997, Τσαπαρλής 2011). Για παράδειγμα, σύμφωνα με τη θεωρία του Piaget, η σωματιδιακή φύση της ύλης απαιτεί για την κατανόησή της ικανότητες τυπικής συλλογιστικής (Τσαπαρλής 1991). Εξάλλου, έρευνα του Τσαπαρλή (1984α) επιβεβαίωσε ότι οι μαθητές γυμνασίου δυσκολεύονταν περισσότερο στο να κατανοήσουν τη στοιχειομετρία, τον ιοντικό και ομοιοπολικό δεσμό, τη δομή και τους ηλεκτρονικούς τύπους των ομοιοπολικών ενώσεων, τα ιόντα και τις αντιδράσεις. Περαιτέρω, ο Τσαπαρλής (1984β, 1991, 2001, Κολιούλης & Τσαπαρλής 2007) έχει κάνει προτάσεις για την αναθεώρηση του προγράμματος σπουδών της γυμνασιακής χημείας, δίδοντας έμφαση στη μακροσκοπική μελέτη διαφόρων θεμάτων, ενώ διατήρησε μεν τις έννοιες του μορίου, του ατόμου, του χημικού συμβολισμού και ελάχιστης στοιχειομετρίας, χωρίς όμως την ατομική δομή και τους χημικούς δεσμούς. Αντίστοιχη μεταβολή σημειώθηκε και στα αναλυτικά προγράμματα και βιβλία χημείας του 1997-98 (Γεωργιάδου και συν. 2004). Τέλος, ιδιαίτερη προσοχή στον τρόπο εισαγωγής του ατομικού μοντέλου (όπως και των χημικών αντιδράσεων) δίδεται στα πρόσφατα προγράμματα σπουδών γυμνασιακής χημείας («Νέο Σχολείο») (Τσαπαρλής κ. συν. 2015, 2016).

Ο Johnstone (2007) τόνισε ότι οι σχεδιαστές προγραμμάτων σπουδών και οι συγγραφείς σχολικών βιβλίων πρέπει να σκεφτούν για «μια σημαντική εισαγωγική περίοδο κατά την οποία οι μαθητές πρέπει να εξοικειώνονται με το να σκέφτονται με επιστημονικό τρόπο μόνο μέσω της χρήσης του μακροεπίπεδου και απτών εμπειριών. Μια τέτοια προσέγγιση είναι σύμφωνη με τον εποικοδομισμό και ακολουθεί την αρχή της επαγωγής με τη μετάβαση από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο». Οι Γεωργιάδου και Τσαπαρλής (1999) (βλ. επίσης Georgiadou & Tsaparlis 2000) πρότειναν και δοκίμασαν για τη γυμνασιακή χημεία μια μέθοδο τριών κύκλων, η οποία πραγματεύεται χωριστά το μακροσκοπικό, το συμβολικό και το υπομικροσκοπικό επίπεδο. Σημειώνουμε ότι η χημική τριάδα του Johnstone έχει χρησιμεύσει τόσο ως θεωρητικό πλαίσιο που καθοδηγεί την έρευνα στη διδακτική της χημείας, όσο και ως μια κεντρική ιδέα σε ποικίλα προγράμματα σπουδών (Talanquer 2011).

Ανεξάρτητα από την παραπάνω συλλογιστική, είναι γεγονός ότι η ατομική θεωρία θεωρείται ως μία από τις σημαντικότερες σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες, ενώ, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εκμάθησή της δεν είναι θέμα αναθεώρησης προϋπαρχουσών εννοιών των μαθητών (Wiser & Smith 2008). Η ατομική θεωρία προσφέρει εξηγήσεις για το τι είναι αυτό που διακρίνει μια χημική ουσία από ένα μείγμα χημικών ουσιών, τι κάνει διαφορετική μία ουσία από μία άλλη, γιατί και πώς αλλάζει φυσική κατάσταση μια ουσία, γιατί και πώς συμβαίνουν οι χημικές αντιδράσεις. Ως εκ τούτου, οι μαθητές θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με αυτήν. Αν, λοιπόν, οι μαθητές γνωρίζουν καλά την ατομική θεωρία, τότε ίσως τη χρησιμοποιήσουν για να εξηγήσουν

χημικές έννοιες και γενικότερα χημικές μεταβολές και πιθανώς να μπορούν να ερμηνεύουν καλύτερα τι συμβαίνει στις χημικές αντιδράσεις.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Δείγμα

Για την πραγματοποίηση της έρευνας επιλέξαμε ένα δείγμα ευκολίας αποτελούμενο από επτά γυμνάσια. Σε αυτά περιλαμβάνονταν και ένα ιδιωτικό σχολείο (το Αρ. 6). Από τα υπόλοιπα έξι δημόσια γυμνάσια, δύο ήταν σε αγροτικές περιοχές (Αρ. 1 και 9), ένα σε νησιωτική περιοχή (Αρ. 8), ένα σε αστική περιοχή (Αρ. 10), και δύο ήταν *πειραματικά γυμνάσια* σε αστικές περιοχές (Αρ. 4 και 5).*

Οι διδάσκοντες στα σχολεία αυτά ήταν: επτά χημικοί, δύο εκ των οποίων είναι κάτοχοι διδακτορικού στη διδακτική της χημείας με πολυετή διδακτική εμπειρία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τρεις με μεταπτυχιακό στη διδακτική της χημείας και αρκετή διδακτική εμπειρία και δύο μεταπτυχιακοί φοιτητές στη διδακτική της χημείας με διδακτική εμπειρία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και ειδικότερα στο γυμνάσιο. Το δείγμα αυτό ήταν βολικό για τους ερευνητές, λόγω του ότι γνώριζαν και εκτιμούσαν τους συγκεκριμένους διδάσκοντες, οι οποίοι αναμενόταν να ανταποκριθούν θετικά και να εκτελέσουν το ερευνητικό πρόγραμμα και τα σχετικά τεστ με αξιόπιστο τρόπο.

Διακρίναμε τα τμήματα των μαθητών του ίδιου σχολείου που διδάσκονταν από τον ίδιο εκπαιδευτικό, σε πειραματικό τμήμα και σε τμήμα ελέγχου. Στο τμήμα ελέγχου ακολουθήθηκε η σειρά μαθημάτων όπως ακριβώς είναι στο σχολικό βιβλίο Χημείας Β΄ Γυμνασίου, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών και με τη σχετική εισήγηση του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) (Πράξη 24/08-07-2013 και 33/30-09-2013 Δ.Σ.), ενώ στο πειραματικό τμήμα ακολουθήθηκε τροποποιημένη σειρά μαθημάτων, σύμφωνα με οδηγίες που τους δόθηκαν από εμάς για τη έρευνά μας (*να προηγηθεί δηλαδή η διδασκαλία των ατόμων και μορίων και στη συνέχεια να διδαχθεί η χημική αντίδραση*). Καμιά άλλη οδηγία, διδακτική παρέμβαση ή παρατήρηση των διδασκαλιών δεν έγινε από τους ερευνητές ούτε ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς η καταγραφή των διδακτικών μεθόδων και λεπτομερειών. Επομένως κάθε εκπαιδευτικός δίδαξε με τον συνήθη τρόπο του, (λογικά) μέσα στον προβλεπόμενο για τη σχετική ενότητα διδακτικό χρόνο.

Η εφαρμογή του προγράμματος και τα σχετικά τεστ στα οποία υποβάλαμε τους μαθητές ενέπιπταν ακριβώς στο αναλυτικό πρόγραμμα της χημείας β΄ γυμνασίου και βρίσκονταν ακριβώς στο σχολικό εγχειρίδιο. Για τον λόγο αυτόν, κρίθηκε ότι δεν απαιτούνταν καμιά ειδική άδεια από το ΙΕΠ, το σχολείο, ή τους γονείς των μαθητών. Για τον ίδιο λόγο, το τεστ στο οποίο απάντησαν οι μαθητές ήταν επώνυμο και ο βαθμός της επίδοσής τους συμμετείχε στη βαθμολογία του τριμήνου. Με τον τρόπο αυτό θελήσαμε να ενεργοποιήσουμε τους μαθητές να προσπαθήσουν όσο περισσότερο μπορούσαν για καλύτερη επίδοση και όχι απλώς να απαντήσουν σε μερικά θέματα και άλλα να τα αγνοήσουν ή να μην προσπαθήσουν αρκετά, στην περίπτωση όπου η επίδοσή

* Για λόγους που θα εξηγήσουμε παρακάτω, το σχολείο 9 θα εξαιρεθεί από την ανάλυσή μας. Ο διδάσκων σε αυτό ήταν χημικός με μεταπτυχιακό στη διδακτική της χημείας.

τους σε αυτά δεν θα λαμβανόταν υπόψη στη βαθμολογία τους και απλώς οι απαντήσεις τους στο τεστ θα αποτελούσαν το υλικό για μια εκπαιδευτική έρευνα.

Τα χρησιμοποιηθέντα τεστ

Χρησιμοποιήσαμε ένα τεστ, σε δύο μορφές (ώστε γειτονικοί μαθητές να μην απαντούν στο ίδιο τεστ) για να διαπιστώσουμε κατά πόσο οι μαθητές είχαν εξοικειωθεί με τα άτομα, τα μόρια, τα χημικά σύμβολα και τα προσομοιώματά τους και κατά πόσο απέκτησαν την ικανότητα να περνούν από το επίπεδο των προσομοιωμάτων (το υπομικροσκοπικό επίπεδο) στο επίπεδο των χημικών συμβόλων (το συμβολικό επίπεδο) και αντίστροφα.* Κάθε μορφή του τεστ αποτελούνταν από δύο διαφορετικές ισοσταθμισμένες «απεικονίσεις» χημικών αντιδράσεων με χημικές εξισώσεις. Η μία απεικόνιση ήταν σε συμβολικό επίπεδο και ζητούνταν να αναπαρασταθεί σε υπομικροσκοπικό επίπεδο με προσομοιώματα (τα προσομοιώματα ατόμων και μορίων που συμμετείχαν σε αυτή δίδονταν ονομαστικά *χωρίς τα χημικά τους σύμβολα*). Η άλλη απεικόνιση της χημικής αντίδρασης ήταν σε υπομικροσκοπικό επίπεδο με προσομοιώματα και ζητούνταν να αναπαρασταθεί σε συμβολικό επίπεδο (τα προσομοιώματα των ατόμων και των μορίων που υπεισέρχονταν στη χημική εξίσωση δίδονταν *πάλι ονομαστικά, χωρίς τα χημικά τους σύμβολα*). Στο Παράρτημα δείχνουμε τη μορφή β του τεστ. Η χρονική διάρκεια του τεστ ήταν 15 λεπτά. Στη συνέχεια, αφού συλλέχθηκαν τα απαντημένα από τους μαθητές τεστ, απαντήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς για άμεση ανατροφοδότηση των μαθητών και συζητήθηκαν οι απορίες τους.

Τα τεστ διορθώθηκαν και βαθμολογήθηκαν τόσο από τους εκπαιδευτικούς της τάξης όσο και από την ερευνήτρια. Για τη βαθμολόγησή τους χρησιμοποιήθηκε το βαθμολογικό σχήμα που τους δώσαμε, ενώ πραγματοποιήθηκε εκτενής συζήτηση με την ερευνήτρια τόσο πριν από τη βαθμολόγηση όσο και κατά την διάρκειά της.

Ερευνητικά ερωτήματα

Τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα ήταν:

1. Μπορούν οι μαθητές να περνούν από τη χημική εξίσωση με σύμβολα (συμβολικό επίπεδο) στη χημική εξίσωση με προσομοιώματα (υπομικροσκοπικό επίπεδο) και αντίστροφα (ανεξάρτητα από τη διδακτική παρέμβαση); Αυτό βέβαια προϋποθέτει την κατανόηση των δύο αυτών επιπέδων. Ειδικότερα:
 - Όταν τους δίδεται μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση σε συμβολικό επίπεδο, μπορούν να χρησιμοποιήσουν προσομοιώματα για να την απεικονίσουν σε υπομικροσκοπικό επίπεδο;
 - Όταν τους δίδεται μια ισοσταθμισμένη χημική εξίσωση σε υπομικροσκοπικό επίπεδο με προσομοιώματα, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα σύμβολα των μορίων για να την αναπαραστήσουν σε συμβολικό επίπεδο;

* Επί της ουσίας, η «απεικόνιση» των ατόμων και μορίων τόσο με γράμματα του αλφαβήτου όσο και χημικά προσομοιώματα συνιστούν χημικό συμβολισμό (τη *χημική εξίσωση*) της χημικής αντίδρασης. Εδώ όμως θεωρούμε ότι τα προσομοιώματα είναι κοντά σε μια «απεικόνιση» στο υπομικροσκοπικό επίπεδο.

2. Παίζει ρόλο η σειρά που ακολουθήθηκε στη διδασκαλία (η διδακτική παρέμβαση);

Δύο υποερωτήματα που συνδέονται με το κύριο ερώτημα (1) και στα οποία δίνει απάντηση η παρούσα έρευνα είναι:

3α. Όταν τους δίδονται χημικές ενώσεις με σύμβολα, μπορούν να απεικονίσουν σωστά τους τύπους των χημικών ενώσεων στην υπομικροσκοπική τους μορφή;

3β. Όταν τους δίδονται χημικές ενώσεις με προσομοιώματα, μπορούν να απεικονίσουν σωστά τους τύπους των χημικών ενώσεων στη συμβολική τους μορφή;

Αξιοπιστία των τεστ

Για τη μέτρηση της αξιοπιστίας των τεστ χρησιμοποιήσαμε το άλφα του Cronbach (Cronbach's alpha), οι τιμές του οποίου κυμαίνονται από 0 έως 1. Τιμές μεγαλύτερες του 0,70 σημαίνουν ότι το τεστ είναι αξιόπιστο. Στην περίπτωση μας, η τιμή του συντελεστή άλφα υπολογίστηκε με χρήση του προγράμματος SPSS και βρέθηκε ίση με: $\alpha = 0,747$.

Αξιοπιστία του βαθμολογικού σχήματος

Αρχικά από την ερευνήτρια αναγνώστηκαν όλα τα γραπτά και καταγράφηκαν όλες οι διαφορετικές απαντήσεις των μαθητών. Στη συνέχεια ταξινομήθηκαν σε ομάδες και δόθηκε το τελικό αναλυτικότερο βαθμολογικό σχήμα. Όπως όμως αναφέραμε, τα τεστ διορθώθηκαν και από τους εκπαιδευτικούς. Έτσι έγινε έλεγχος των μέσων όρων των βαθμών των βαθμών της ερευνήτριας ανά σχολείο με τους βαθμούς των εκπαιδευτικών, για τη βαθμολογία των οποίων λάβαμε γνώση. Υπήρχε σχεδόν απόλυτη ταύτιση των βαθμολογιών της ερευνήτριας και των εκπαιδευτικών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

Ερευνητικό ερώτημα 1

Για να απαντήσουμε στο ερευνητικό ερώτημα (1), συγκρίναμε τις επιδόσεις των μαθητών του κάθε γυμνασίου χωριστά για κάθε θέμα, ανεξάρτητα από τη διδακτική παρέμβαση. Ο πίνακας 1 δίνει τα αποτελέσματα περιγραφικής στατιστικής για τα θέματα 1 και 2 του τεστ, καθώς επίσης και τη συνολική τους επίδοση ανά σχολείο και συνολικά. Από τη μελέτη του πίνακα, καταλήγουμε στο συμπέρασμα, ότι τόσο στο σύνολο των μαθητών ($N_{\text{ολ1}} = 331$) όσο και για το σύνολο χωρίς το σχολείο 9 ($N_{\text{ολ2}} = 286$), οι μέσοι όροι των επιδόσεων των μαθητών στο θέμα 1 είναι μεγαλύτεροι από τους μέσους όρους των επιδόσεων στο θέμα 2, το οποίο σημαίνει ότι *με μεγαλύτερη ευκολία οι μαθητές μεταβαίνουν από το συμβολικό επίπεδο στο υπομικροσκοπικό επίπεδο*.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα* περιγραφικής στατιστικής ανά σχολείο και για α) το σύνολο των σχολείων ($N_{ολ1} = 331$) και β) για το σύνολο χωρίς το σχολείο 9 ($N_{ολ2} = 286$).

Σχολείο		1	4	5	6	7	9	10	$N_{ολ1}$	$N_{ολ2}$
	N	37	47	76	45	35	45	46	331	286
Θέμα 1	M.O.	6,36	8,43	6,84	8,42	5,41	2,22	5,75	6,30	6,94
	T.A.	4,12	2,64	3,95	3,15	4,16	3,65	3,29	4,05	3,73
Θέμα 2	M.O.	2,97	8,29	4,66	8,08	5,01	2,60	4,13	5,13	5,53
	T.A.	3,99	2,67	4,21	3,37	3,94	3,58	3,74	4,21	4,16
Συν. Τεστ	M.O.	9,34	16,71	11,51	16,50	10,43	4,82	9,88	11,43	12,47
	T.A.	6,74	4,34	6,72	4,60	7,26	6,10	5,48	7,04	6,60

*Μέγιστος βαθμός κάθε θέματος: 10, μέγιστος βαθμός στο τεστ: 20

Απόκλιση παρατηρείται μόνο στο σχολείο 9, γι' αυτό και στον πίνακα δίνουμε και τις επιδόσεις για το σύνολο των μαθητών, πλην των μαθητών του σχολείου 9.

Το σχολείο 9 παρουσιάζει επιπλέον μεγάλη διαφορά μεταξύ πειραματικού τμήματος ($N = 23$, M.O.= 7,52, T.A.=6,04) (όπου εφαρμόστηκε η διδακτική παρέμβαση) και τμήματος ελέγχου ($N = 22$, M.O. = 2,00, T.A. = 4,85), και αυτή η διαφορά επιβεβαιώθηκε τόσο από τον καθηγητή της τάξης όσο και από τις γραπτές επιδόσεις του Ιουνίου στο μάθημα της χημείας: πειραματικό τμήμα ($N = 23$, M.O.= 12,96, T.A.=4,93), τμήμα ελέγχου ($N = 23$, M.O. = 8,43, T.A. = 5,23). Για τον λόγο αυτόν, κρίνουμε προτιμότερο, για την καλύτερη ομοιογένεια και αξιοπιστία των δεδομένων μας, να αφαιρέσουμε το σχολείο 9 από την περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων και να περιοριστούμε από εδώ και πέρα στους $N_{ολ2} = (331 - 45) = 286$ μαθητές των υπόλοιπων σχολείων (βλ. και πίνακα 1). Από τις τυπικές αποκλίσεις, τα σχολεία 4 (πειραματικό) και 6 (ιδιωτικό) φαίνεται να εμφανίζουν μεγαλύτερη ομοιογένεια.

Από τον συνολικό βαθμό επίδοσης στο τεστ διαπιστώνουμε ότι τα σχολεία με το μεγαλύτερο μέσο όρο στην επίδοση των μαθητών (σύνολο μαθητών 92) είναι το 4 και το 6, με μέσους όρους αντίστοιχα 16,71 και 16,50 (στην εικοσαβάθμια κλίμακα). Οι μαθητές των σχολείων 1, 5, 7 και 10 (σύνολο μαθητών 194) εμφανίζουν μια μέση επίδοση (9,34, 11,51, 10,43 και 9,88 αντίστοιχα, με άριστα το 20). Εδώ πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι το σχολείο 5 είναι πειραματικό. Από τα επτά σχολεία, μόνο οι μαθητές τεσσάρων σχολείων (4, 5, 6 και 7, σύνολο μαθητών 203) εμφανίζουν μέση επίδοση πάνω από τη βάση, των άλλων δύο (1 και 10, σύνολο μαθητών 83) πολύ κοντά στη βάση. Θα πρέπει επίσης να παρατηρήσουμε ότι οι μαθητές των σχολείων 1 και 5 καταφέρνουν με μεγαλύτερη δυσκολία από τους μαθητές των άλλων σχολείων να μετατρέψουν σε συμβολικό επίπεδο μια χημική εξίσωση που τους δίδεται σε υπομικροσκοπικό επίπεδο.

Υπολογίσαμε (με το πρόγραμμα SPSS) τον συντελεστή συσχέτισης Spearman r_s για τους βαθμούς επίδοσης των 286 μαθητών στο 1^ο και στο 2^ο θέμα. Ο r_s είναι ίσος με +0,378, που καταδεικνύει θετική γραμμική συσχέτιση. Το r_s δεν είναι πολύ κοντά στη μονάδα, άρα δεν έχουμε συσχέτιση υψηλού βαθμού, ωστόσο, είναι στατιστικά σημαντική (τιμή $p < 0,001$).

Εν συνεχεία, ομαδοποιήσαμε τα σχολεία. Η ομαδοποίηση βασίστηκε σε ανάλυση διακύμανσης κατά ένα παράγοντα (σχολείο) (one-way ANOVA) για ανεξάρτητα δείγματα και στη μη παραμετρική ανάλυση διακύμανσης των Kruskal-Wallis, η οποία αποτελεί τη γενίκευση του ελέγχου των Mann-Whitney-Wilcoxon για τρία ή περισσότερα δείγματα. Τα σχολεία ομαδοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες:

- ΟΜΑΔΑ 1, χαμηλής μέσης βαθμολογίας: τα σχολεία 1, 5, 7 και 10 (Bonferroni, $p = 1$ μεταξύ τους ανά δύο και $p < 0,05$ μεταξύ των σχολείων 1, 5, 7 και 10 και των άλλων σχολείων ανά δύο. Tamhane $p \approx 1$ μεταξύ τους ανά δύο και $p = 0,001$ μεταξύ των σχολείων 1, 5, 7 και 10 με τα άλλα σχολεία ανά δύο). Σύνολο μαθητών 194.
- ΟΜΑΔΑ 2, σχετικά υψηλής μέσης βαθμολογίας: σχολεία 4 και 6 (Bonferroni, $p = 1$ μεταξύ τους και $p = 0,001$ μεταξύ των σχολείων 4 και 6 και των άλλων σχολείων ανά δύο. Tamhane, $p = 1$ μεταξύ τους και $p = 0,001$ με τα άλλα σχολεία ανά δύο). Σύνολο μαθητών 92.

Στον πίνακα 2 δίνονται τα αποτελέσματα σύμφωνα με την ομαδοποίηση των σχολείων. Παρατηρούμε ότι στα σχολεία χαμηλής μέσης επίδοσης (ομάδα 1), ο μέσος όρος της βαθμολογίας στο 1^ο θέμα (Μ.Ο.₁=6,23) είναι υψηλότερος από τον μέσο όρο της βαθμολογίας στο 2^ο θέμα (Μ.Ο.₂=4,27). Αντίθετα στα σχολεία σχετικά υψηλής μέσης επίδοσης (ομάδα 2), δεν υπάρχει διαφορά στους μέσους όρους (Μ.Ο.₁=8,42 και Μ.Ο.₂=8,18 αντίστοιχα). Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές χαμηλής επίδοσης μεταβαίνουν με μεγαλύτερη ευκολία από το συμβολικό επίπεδο στο υπομικροσκοπικό επίπεδο, ενώ οι μαθητές σχετικά υψηλής επίδοσης ανταποκρίνονται το ίδιο σε οποιαδήποτε μετάβαση είτε από το συμβολικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο είτε αντίστροφα.

Πίνακας 2: Αποτελέσματα σύμφωνα με την ομαδοποίηση των σχολείων (Ομάδα 1, χαμηλής μέσης βαθμολογίας, Ομάδα 2, σχετικά υψηλής μέσης βαθμολογίας) ($N = 286$)

	Ομαδοποίηση	N	$M.O.$	$T.A.$
Βαθμοί 1 ^{ου} θέματος	Ομάδα 1	194	6,23	3,88806
	Ομάδα 2	92	8,42	2,88415
Βαθμοί 2 ^{ου} θέματος	Ομάδα 1	194	4,27	4,04510
	Ομάδα 2	92	8,18	3,01982

Ερευνητικό ερώτημα 2

Για να ελέγξουμε την επίδραση της σειράς διδασκαλίας στην απόδοση των μαθητών κάναμε παραμετρικό έλεγχο με το τεστ t και απαραμετρικό έλεγχο με το τεστ Mann-Whitney U . Ο πίνακας 3 δίνει τα αποτελέσματα για το σύνολο των μαθητών $N = 286$. Από τον έλεγχο βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην απόδοση

Πίνακας 3: Επιδόσεις των τμημάτων ελέγχου και πειραματικό (N=286)

	ΤΜΗΜΑ	N	M.O.	T.A.
Τελικός βαθμός στο τεστ	Πειραματικό	157	13,00	6,42
	Ελέγχου	129	11,83	6,79

των μαθητών ανάλογα με τη σειρά διδασκαλίας που ακολουθήθηκε (τιμή στατιστικού $t = -1,490, p = 0,137$).

Εν συνεχεία εξετάζουμε τις επιδόσεις των δύο ομάδων σχολείων (όπως ομαδοποιήσαμε τα σχολεία παραπάνω): Ομάδα 1: σχολεία χαμηλής μέσης επίδοσης ($N = 194$) και Ομάδα 2: σχολεία σχετικά υψηλής μέσης επίδοσης ($N = 92$) (βλ. πίνακα 4).

Πίνακας 4: Αποτελέσματα για τα σχολεία χαμηλής μέσης επίδοσης ($N = 194$) και τα σχολεία σχετικά υψηλής μέσης επίδοσης ($N = 92$)

	ΤΜΗΜΑ	N	M.O.	T.A.
Χαμηλή μέση επίδοση / Τελικός βαθμός στο τεστ	Πειραματικό	114	11,41	6,5
	Ελέγχου	80	9,22	6,43
Σχετικά υψηλή μέση επίδοση / Τελικός βαθμός στο τεστ	Πειραματικό	43	17,20	3,69
	Ελέγχου	49	16,10	5,00

Η επίδοση των μαθητών της ομάδας 1 διαφέρει στατιστικά σημαντικώς ($t = -2,317, p = 0,022$) μεταξύ των πειραματικών τμημάτων και των τμημάτων ελέγχου, με τα πειραματικά να εμφανίζουν καλύτερη απόδοση από τα τμήματα ελέγχου. ($M.O._{τμημ. \text{ ελέγγ.}} = 9,22$ και $M.O._{πειραμ. \text{ τμημ.}} = 11,41$). Αντίθετα η επίδοση των μαθητών της ομάδας 2 δεν διαφέρει στατιστικά σημαντικώς ($t = -1,193, p = 0,236$) στα τμήματα ελέγχου και στα πειραματικά τμήματα. Τα πειραματικά όμως εμφανίζουν λίγο μεγαλύτερη επίδοση από τα τμήματα ελέγχου. ($M.O._{τμημ. \text{ ελέγγ.}} = 16,10$ και $M.O._{πειρ. \text{ τμημ.}} = 17,20$).

Για να διερευνήσουμε τέλος αν κάποιοι μαθητές ωφελήθηκαν περισσότερο από τη διαφορετική σειρά διδασκαλίας, χωρίσαμε το συνολικό δείγμα των 286 μαθητών (ανεξαρτήτως σχολείου) σε τέσσερις ομάδες, ανάλογα με την επίδοσή τους, ως εξής:

Ομάδα Χ.Ε.: $0 \leq M.O. < 8$	σύνολο μαθητών:77	Χαμηλής επίδοσης
Ομάδα Μ.Ε.: $8 \leq M.O. < 13$	σύνολο μαθητών:54	Μέτριας επίδοσης
Ομάδα Κ.Ε.: $13 \leq M.O. < 16$	σύνολο μαθητών:61	Καλής επίδοσης
Ομάδα Υ.Ε.: $16 \leq M.O. \leq 20$	σύνολο μαθητών:94	Υψηλής επίδοσης

Από τον έλεγχο τεστ t και τεστ Mann-Whitney U για τις παραπάνω ομάδες χωριστά προέκυψε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στην επίδοση των μαθητών ανάλογα με τη σειρά διδασκαλίας που ακολουθήθηκε μόνο στην ομάδα καλής επίδοσης, με τους μαθητές των πειραματικών τμημάτων να εμφανίζουν καλύτερη επίδοση από αυτών των τμημάτων ελέγχου (σύνολο μαθητών: 61): $t = -2,859, p = 0,006$.

Ερευνητικά υποερωτήματα 3α και 3β στα ομαδοποιημένα σχολεία

Εξετάσαμε την ευκολία με την οποία οι μαθητές απεικόνισαν σωστά τους τύπους των χημικών ενώσεων στην υπομικροσκοπική τους μορφή όταν τους δινόταν η χημική ένωση με σύμβολα ή αν ανταποκρίνονταν καλύτερα στην αντίστροφη διαδικασία. Για να απαντήσουμε, συγκρίναμε τις επιδόσεις των δύο ομάδων σχολείων: Ομάδα 1, χαμηλής μέσης βαθμολογίας και Ομάδα 2, σχετικά υψηλής μέσης βαθμολογίας, για την πρώτη ερώτηση και των δύο θεμάτων, οι οποίες αναφέρονται σε αναγραφή τύπων για κάθε μορφή του τεστ, ανεξάρτητα από τη διδακτική παρέμβαση.

Στην πρώτη ερώτηση του θέματος 1, οι τύποι των ουσιών δίνονταν με σύμβολα και ζητούνταν από τους μαθητές να τους μετατρέψουν σε προσομοιώματα, ενώ το αντίθετο συνέβαινε στην πρώτη ερώτηση του θέματος 2. Η κάθε ερώτηση βαθμολογήθηκε με άριστα το 3. Ο πίνακας 5 δίνει τα αποτελέσματα. Προκύπτει και πάλι το ίδιο αποτέλεσμα δηλαδή οι μαθητές ενδιάμεσης επίδοσης μεταβαίνουν με μεγαλύτερη ευκολία από το συμβολικό επίπεδο στο υπομικροσκοπικό επίπεδο, ενώ οι μαθητές υψηλής επίδοσης ανταποκρίνονται το ίδιο σε οποιαδήποτε μετάβαση είτε από το συμβολικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο είτε αντίστροφα.

Πίνακας 5: Αποτελέσματα σωστής απεικόνισης των τύπων των χημικών ενώσεων για Ομάδα 1, χαμηλής μέσης βαθμολογίας και Ομάδα 2, σχετικά υψηλής μέσης βαθμολογίας

	Ομαδοποίηση	N	M.O.	T.A.
Βαθμοί 1 ^ο θέματος (Η χημική ένωση δίδεται με σύμβολα)	Ομάδα 1	194	2,10	1,08
	Ομάδα 2	92	2,62	0,757
Βαθμοί 2 ^ο θέματος (Η χημική ένωση δίδεται με προσομοιώματα)	Ομάδα 1	194	1,48	1,08
	Ομάδα 2	92	2,61	0,81

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στο σύνολο των μαθητών, και ανεξάρτητα από την πραγματοποίηση της διδακτικής παρέμβασης, βρέθηκε ότι οι μαθητές χαμηλής επίδοσης μεταβαίνουν με μεγαλύτερη ευκολία από το συμβολικό επίπεδο στο υπομικροσκοπικό επίπεδο, ενώ οι μαθητές σχετικά υψηλής επίδοσης ανταποκρίνονται το ίδιο σε οποιαδήποτε μετάβαση είτε από το συμβολικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο είτε αντίστροφα.

2. Από την εξέταση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης, δηλαδή της διδασκαλίας των ατόμων και μορίων πριν από τη χημική αντίδραση, βρέθηκε ότι στο σύνολο των μαθητών δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στην επίδοση των μαθητών μεταξύ του πειραματικού τμήματος και του τμήματος ελέγχου (στο τελευταίο ακολούθηθηκε ακριβώς η σειρά του σχολικού βιβλίου). Από την άλλη, εξετάζοντας χωριστά τις ομάδες σχολείων χαμηλής μέσης επίδοσης και σχετικά υψηλής μέσης επίδοσης, βρήκαμε στατιστικώς σημαντική διαφορά μόνο υπέρ της πειραματικής ομάδας χαμηλής μέσης επίδοσης. Εξάλλου, χωρίζοντας το σύνολο των μαθητών (ανεξαρτήτως σχολείου) σε τέσσερις ομάδες, χαμηλής, μέτριας, καλής και υψηλής επίδοσης, εντοπίσαμε

την υπεροχή της πειραματικής ομάδας μόνο στην ομάδα καλής επίδοσης (μέσος όρος βαθμολογίας $13 \leq M.O. < 16$, με άριστα το 20).

3α και 3β. Τέλος, εξετάζοντας αν οι μαθητές απεικονίζουν σωστά τους τύπους των χημικών ενώσεων στην υπομικροσκοπική τους μορφή (με προσομοιώματα) όταν τους δίδεται η χημική ένωση με σύμβολα ή στην αντίστροφη διαδικασία, και πάλι οι μαθητές χαμηλής μέσης επίδοσης μεταβαίνουν με μεγαλύτερη ευκολία από το συμβολικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο, ενώ οι μαθητές σχετικά υψηλής μέσης επίδοσης ανταποκρίνονται το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις.

Αν από τα παραπάνω συμπεράσματα προκύπτουν προφανείς συνέπειες για τη διδακτική πράξη, πιστεύουμε ότι απαιτείται περαιτέρω εργασία με ευρύτερη θεματολογία και μεγαλύτερης έκτασης διδακτικές παρεμβάσεις που θα ενισχύσει ή θα ανατρέψει τα συμπεράσματα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε όλους τους εκπαιδευτικούς που με τη συνεργασία τους κατέστησαν δυνατή την υλοποίηση της έρευνας αυτής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γεωργιάδου, Α. & Τσαπαρλής, Γ. (1999). Διδασκαλία γυμνασιακής χημείας με μεθόδους που βασίζονται α) σε ψυχολογικές θεωρίες και β) στο μακροσκοπικό, το συμβολικό και το μικροσκοπικό επίπεδο της χημείας. *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιο Συνεδρίου "Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση"*, σσ. 65-70. Θεσσαλονίκη, Αφοί Κυριακίδη.
- Γεωργιάδου, Γ., Καφετζόπουλος, Κ., Προβής, Ν., Σπυρέλλης, Ν., & Χησιάδης, Δ. (2004). *Χημεία β' γυμνασίου*. Αθήνα, ΟΕΔΒ.
- Κολιούλης, Δ. & Τσαπαρλής, Γ. (2007). Χημεία β' γυμνασίου, με έμφαση στη μακροσκοπική-εποικοδομητική προσέγγιση και στη νοηματική εισαγωγή των εννοιών του μορίου και του ατόμου – Διδακτικό βιβλίο και προκαταρκτική αξιολόγησή του από εκπαιδευτικούς. *Πρακτικά 5^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»*, Τεύχος Β, σσ. 680-689.
- Τσαπαρλής, Γ. (1984α). Η χημεία στο γυμνάσιο Μέρος Α': Η γνώμη των διδασκόντων, *Λόγος & Πράξη*, Τεύχος 22, 78-96 (συν διορθώσεις, Τεύχος 23-24).
- Τσαπαρλής, Γ. (1984β). Η χημεία στο γυμνάσιο Μέρος Β': Συμβολή στην αναμόρφωση του αναλυτικού προγράμματος, *Λόγος & Πράξη*, Τεύχος 23-24, 138-143.
- Τσαπαρλής, Γ. (1991). *Θέματα Διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση Εκπαίδευση* Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα (1^η έκδοση, 1989).
- Τσαπαρλής, Γ. (2001). Πρώτες και δεύτερες σκέψεις για τη γυμνασιακή χημεία. στο: *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα: Προβλήματα και προοπτικές* (Π. Κόκοτας, επιμελητής εκδόσεως), σσ. 93-104. Αθήνα, Εκδόσεις Γρηγόρη.

- Τσαπαρλής, Γ. (2011). Σωματιδιακά και δομικά μοντέλα της ύλης: Όψεις και απόψεις της διδακτικής για τη μάθηση και τη διδασκαλία τους. *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, σσ. 236-245.
- Τσαπαρλής, Γ., Γεωργιάδου, Α., Καφετζόπουλος, Κ., Λευκοπούλου, Σ., & Φαντάκη, Γ. (2015). Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας Γυμνασίου και Προτεινόμενο Εκπαιδευτικό Υλικό. Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες», σελ.152-160. (Ρόδος, Οκτώβριος 2014)
- Τσαπαρλής, Γ., Γεωργιάδου, Α., Καφετζόπουλος, Κ., Λευκοπούλου, Σ., & Φαντάκη, Γ. (2016). Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας Γυμνασίου –Στόχοι, χαρακτηριστικά, μέσα, περιγραφή και σχολιασμός. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου “Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση”, υπό έκδοση. (Θεσσαλονίκη, Μάιος, 2015)
- Georgiadou, A., & Tsapalis, G. (2000). Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: a) psychological theories, b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 216-217.
- Johnstone, A. H. (2007). Science Education: We know the answers, let’s look at the problems. *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*», Τεύχος Α, σσ. 1-11.
- Papageorgiou, G. (2013). Can simple particle models support satisfying explanations of chemical changes for young students? In G. Tsapalis & H. Sevia (eds.), *Concepts of matter in science education*, pp. 319-329. Dordrecht: Springer.
- Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children’s learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and atomic-molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 14 , 1–98.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33, 179–195.
- Tsapalis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.
- Tsapalis, G., Kolioulis, D., & Pappa, E. (2010). Lower-secondary introductory chemistry course: A novel approach based on science-education theories, with emphasis on the macroscopic approach, and the delayed meaningful teaching of the concepts of molecule and atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 107-117 (plus Supplementary Information)
- Wiser, M., & Smith, C. (2008). Learning and teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced? In S. Vosniadou, (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 205-239. New York: Routledge.

ΠΑΡΤΗΜΑ: ΤΟ ΤΕΣΤ (ΜΟΡΦΗ Β)

ΘΕΜΑ 1*

Δίδεται η αναπαράσταση με χημική εξίσωση της χημικής αντίδρασης

$$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{F}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{OF}_2(\text{g})$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η παραπάνω χημική εξίσωση είναι χημικά σωστή, δηλαδή έχουν υπολογιστεί και τοποθετηθεί οι κατάλληλοι στοιχειομετρικοί συντελεστές ώστε ο αριθμός και το είδος των ατόμων να παραμένουν σταθερά στην αριστερή και στη δεξιά πλευρά του βέλους.

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται τα προσομοιώματα των ατόμων και των μορίων που συναντάμε στην παραπάνω αναπαράσταση της χημικής εξίσωσης.

Άτομο οξυγόνου:	Μόριο οξυγόνου:
Άτομο φθορίου:	Μόριο φθορίου:
	Μόριο οξειδίου του φθορίου:

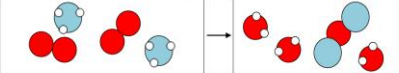
Από σένα ζητείται τώρα να αναπαραστήσεις την παραπάνω χημική αντίδραση με προσομοιώματα. Δηλαδή να ζωγραφίσεις μέσα στα παρακάτω δύο κουτάκια τα απαιτούμενα σε αριθμό προσομοιώματα μορίων για κάθε αντιδρών και για το προϊόν, ώστε το αποτέλεσμα να αντιστοιχεί ακριβώς στην παραπάνω χημική εξίσωση.

→

ΠΡΟΣΟΧΗ: ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΟΥ ΔΕΝ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΡΙΘΜΟΥΣ ΑΛΛΑ ΜΟΝΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ. ΜΠΟΡΕΙΣ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΑ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΑΠΟ ΜΙΑ ΦΟΡΕΣ.

ΘΕΜΑ 2*

Δίδεται η αναπαράσταση με προσομοιώματα μορίων μιας χημικής αντίδρασης



ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η παραπάνω αναπαράσταση της χημικής αντίδρασης είναι χημικά σωστή, δηλαδή έχουν υπολογιστεί και τοποθετηθεί ο σωστός αριθμός προσομοιωμάτων μορίων ώστε ο αριθμός και το είδος των ατόμων να παραμένουν σταθερά στην αριστερή και στη δεξιά πλευρά του βέλους.

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται τα προσομοιώματα των ατόμων και των μορίων που συναντάμε στην παραπάνω αναπαράσταση της χημικής αντίδρασης με προσομοιώματα.

Άτομο οξυγόνου:	Μόριο οξυγόνου:	Μόριο αμμωνίας:
Άτομο υδρογόνου:	Μόριο αζώτου:	Μόριο υποξειδίου του αζώτου:
Άτομο αζώτου:	Μόριο νερού:	Μόριο υδρογόνου:

(Το υποξείδιο του αζώτου είναι ένα αέριο που χρησιμοποιήθηκε ως αναοξειδωτικό)

Από σένα ζητείται τώρα να αναπαραστήσεις μέσα στο παρακάτω κουτάκι την παραπάνω χημική αντίδραση με χημική εξίσωση, δηλαδή να γράψεις τη σωστή χημική εξίσωση που αντιστοιχεί ακριβώς στην παραπάνω χημική αντίδραση.

→

Έρευνα Διαθεματικής Διδακτικής Πρότασης στο μάθημα της Άνωσης

Δρ. Στέλιος Ορφανός¹, Δρ. Ιωάννης Καραγιάννης¹, Δρ. Παναγιώτης
Μπερεδήμας¹, Έλενα Δαφνή¹ & Αικατερίνη Τριανταφύλλου¹

¹ Υπουργείο Παιδείας & Θρησκευμάτων, Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
Δωδεκανήσου.

stelios@sch.gr, iokaragi@sch.gr, beredimas2001@yahoo.gr, eleni.dafni@gmail.com,
kathtrian@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα μελετά τις δυνατότητες υλοποίησης διαθεματικών διδασκαλιών καθώς και τις απόψεις εκπαιδευτικών για τη διαθεματικότητα. Οι εκπαιδευτικοί με ειδικότητες Φυσικού και Μαθηματικού σχεδίασαν υλικό στα πλαίσια του αναλυτικού προγράμματος, στηριζόμενες στο θεωρητικό πλαίσιο της Επιμόρφωσης των Εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και εφαρμογή των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη Β' Επιπέδου. Το υλικό διαμορφώθηκε για τις ανάγκες της διαθεματικής διδασκαλίας, που υλοποιήθηκε συνεργατικά. Παρουσιάζονται οι εντυπώσεις των μαθητών σχετικά με τη διαθεματικότητα των γνωστικών αντικείμενων. Οι μαθητές εξέφρασαν τις εντυπώσεις τους πριν τη διδακτική παρέμβαση και μετά μέσω ερωτηματολογίων που περιελάμβαναν ερωτήσεις ανοικτού και κλειστού τύπου. Εκπαιδευτικοί από το σχολείο και από γειτονικά σχολεία παρατήρησαν τη διδασκαλία ως δειγματική, συμμετείχαν στη συζήτηση μετά τη διδασκαλία και κατέγραψαν τις απόψεις για συγκεκριμένους θεματικούς άξονες.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διαθεματική διδασκαλία, Εκπαιδευτικό Υλικό, Άνωση, Ανάλογα Ποσά, αλληλεπιδράσεις.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι διαθεματικές διασυνδέσεις της γνώσης συμβάλλουν στη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας και την ενίσχυση του σχολικού παιδαγωγικού περιβάλλοντος. Με τον όρο «διαθεματικότητα» ή «διαθεματική διδασκαλία» περιγράφεται μία σειρά από εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που επιχειρούν την «ενιαιοποίηση» της σχολικής γνώσης. Μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε στο πλαίσιο των διακριτών μαθημάτων του σχολικού προγράμματος ή να ενσωματωθούν σε ένα διαθεματικό, αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, (Ματσαγγούρας, 2002).

Η προσπάθεια εισαγωγής της διαθεματικότητας στην υποχρεωτική εκπαίδευση έγινε κατά τη δεκαετία του 2000 με τα νέα ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ, με την εισαγωγή της ευέλικτης ζώνης, της μεθόδου project, της Ολυμπιακής Παιδείας και τη συγγραφή των νέων διδακτικών πακέτων.

Η εισαγωγή του ΔΕΠΠΣ στα ΑΠΣ αποσκοπεί στη διαθεματική προσέγγιση της γνώσης μέσα από τη μεθοδολογία της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας και την εμπλοκή διαφόρων μαθημάτων. Η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία είναι δυνατόν να εφαρμοστεί στη σχολική τάξη με την εμπλοκή ενός, δύο ή και περισσότερων μαθημάτων του αναλυτικού προγράμματος με στόχο την ανάπτυξη της δημιουργικής και κριτικής σκέψης των μαθητών, (Καραγιάννης & Αθανασιάδης, 2006).

Σύμφωνα με τους T. Cone κ.α. (1998), η διαθεματική διδασκαλία είναι μια εκπαιδευτική διαδικασία όπου συντελείται ενοποίηση διδακτικών αντικειμένων με σκοπό την αύξηση της μάθησης σε κάθε περιοχή, (Cone et al., 1998). Στη χώρα μας, η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης λειτούργησε σε όλες τις περιπτώσεις, εκτός από τη διδασκαλία των γνωστικών αντικειμένων, καθώς μέχρι σήμερα δεν έχει εκπονηθεί ολοκληρωμένο Διαθεματικό Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών. Η διδασκαλία των γνωστικών αντικειμένων καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος του σχολικού προγράμματος.

Η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης υποστηρίζει την αρχή της συμπληρωματικότητας στην εκπαίδευση, σύμφωνα με την οποία οι οπτικές γωνίες από τις οποίες κάθε διδακτικό αντικείμενο βλέπει το ίδιο σύστημα δεν είναι εξολοκλήρου ούτε ανεξάρτητες ούτε συμβατές. Επιπλέον, όλες μαζί αποκαλύπτουν περισσότερες αλήθειες για το σύστημα απ' ό,τι η κάθε μία χωριστά, (Ψυχάρης & Γιαβρής, 2003). Στην παραδοσιακή διδασκαλία η Φυσική παρουσιάζεται με μορφή επεισοδίων, οι έννοιες στους μαθητές είναι αδύναμα δομημένες και τμηματικές χωρίς νόημα. Στην επιστημονική θεωρία, μία έννοια πάντοτε σχετίζεται με άλλες έννοιες, (Ορφανός 2010).

Οι εικαστικές τέχνες αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του πολιτισμού από τον οποίο προέρχονται, ενώ οι εικόνες ταυτόχρονα αποτελούν καθημερινό κομμάτι της ζωής των παιδιών, (Robinson, 1999). Η οπτική γλώσσα, πέρα από την προσωπική αισθητική αντίληψη που απαιτεί, μας είναι γνωστό ότι επιτρέπει την διακίνηση ιδεών, νοημάτων, πληροφοριών και συναισθημάτων με τρόπους ιδιαίτερους που δεν μπορεί να μιμηθεί κανένα άλλο σύστημα συμβόλων. Μπορεί να μεταφέρει "ποιότητες" ιδεών και εννοιών σε βαθμό που οι υπόλοιπες "γλώσσες" αδυνατούν, αφού δεν είναι τόσο κατάλληλα εξοπλισμένες, (Αναστασιάδης, 2011).

Θα μπορούσαν να οργανώνονται διαθεματικές διδασκαλίες από εκπαιδευτικούς διαφορετικών ειδικοτήτων ώστε: α) Οι διδασκόμενες έννοιες να συνδέονται με τις έννοιες, που έχουν διαχθεί οι μαθητές και στα αντίστοιχα γνωστικά αντικείμενα, να εμπλουτίζονται με αναπαραστάσεις, ώστε οργανωμένα να συμβάλλουν στην οικοδόμηση της γνώσης; β) Να αξιοποιείται η οπτική γλώσσα των εικαστικών τεχνών με τους ιδιαίτερους τρόπους διακίνησης ιδεών, νοημάτων, πληροφοριών και συναισθημάτων για την βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών;

ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Στο προηγούμενο ερώτημα που αφορά τη δυνατότητα οργάνωσης κατάλληλων διαθεματικών δραστηριοτήτων από εκπαιδευτικούς διαφόρων ειδικοτήτων, μας έχουν δώσει θετικές ενδείξεις το ενδιαφέρον και η αλλαγή στάσης των εκπαιδευτικών σε αντίστοιχη διαθεματική πρόταση, που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε εικονικά σε επιμορφωτικό σεμινάριο αναπληρωτών εκπαιδευτικών στα πλαίσια εισαγωγικής επιμόρφωσης, (Ορφανός, 2008). Στο σεμινάριο ακολουθήθηκε διαφορετική πορεία από αυτήν που παρουσιάζεται εδώ. Οι επιμορφούμενοι ξεκίνησαν με δραστηριότητες και τις σύνδεσαν με θέματα της διδακτέας ύλης.

Η παρούσα διδακτική πρόταση έχει ως αφετηρία την Άνοση, διδακτική ενότητα της Φυσικής Β' Γυμνασίου του αναλυτικού προγράμματος. Η καινοτόμος δειγματική διδασκαλία πραγματοποιήθηκε προς το τέλος της σχολικής χρονιάς σε πιλοτική μορφή σε ακριτική σχολική μονάδα: την παρακολούθησαν ο Διευθυντής του σχολείου, εκπαιδευτικοί του συλλόγου διδασκόντων καθώς και εκπαιδευτικοί από άλλες σχολικές μονάδες και σχολικοί σύμβουλοι με τις ειδικότητες Καλλιτεχνικών, Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Η θεματολογία που αναπτύχθηκε αφορούσε το μάθημα της Άνοσης-Αρχή του Αρχιμήδη σε συνδυασμό με τα ανάλογα ποσά, καθώς και έμπνευση του καλλιτεχνικού δημιουργού Bill Viola (προβολή βίντεο) βασισμένη στην Άνοση.

Οι διδάσκοντες εκπαιδευτικοί συνδέουν διαθεματικά τις διδασκόμενες έννοιες της Φυσικής με σχετικές έννοιες των μαθηματικών, που έχουν ήδη διδαχθεί. Βασικός σκοπός είναι η επιστημονική εμβάθυνση στην οικοδόμηση και σύνδεση των εννοιών και των αναπαραστάσεων τους από τους μαθητές. Ανάμεσα στους στόχους της διαθεματικής διδασκαλίας για τους μαθητές ήταν:

- να ανακαλύψουν πειραματικά τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η άνοση και να είναι σε θέση να περιγράψουν με μαθηματική σχέση την εξάρτηση αυτή,
- να συνδέσουν τις γνώσεις τους από τα Μαθηματικά, σχετικά με τα ανάλογα ποσά, με αυτές που διδάσκονται στο μάθημα Άνοση της Φυσικής (να συσχετίσουν τις ιδιότητες των αναλόγων ποσών τους πίνακες τιμών την ανεξάρτητη και εξαρτημένη μεταβλητή με τον τύπο της άνοσης).
- να αντιληφθούν την εφαρμογή στις Φυσικές Επιστήμες των θεμάτων που προσεγγίζονται από τα Μαθηματικά, καθώς και τη σύνδεσή τους με την καθημερινή ζωή.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Στη διδασκαλία συμμετείχαν εθελοντικά 14 μαθητές και μαθήτριες διαφορετικών επιδόσεων από τα δύο τμήματα της Β' Γυμνασίου του σχολείου. Η διδασκαλία έλαβε χώρα στο εργαστήριο Πληροφορικής.

Για την εισαγωγή στην έννοια της Άνοσης επιλέχθηκε έργο του σύγχρονου Πολυμεσικού Καλλιτέχνη (Video Artist) Bill Viola (γεν. 1951). Video του 2000, διάρκειας 1.50', με τίτλο: «Ascension». Ο τίτλος του έργου μεταφράζεται: Άνοδος, ή Ανύψωση αλλά και σαν «Ανάληψη»-με την θρησκευτική έννοια του όρου- που μάλλον

είναι και ο πλησιέστερος στο νόημα του έργου, αφού ο καλλιτέχνης με τα έργα της σειράς αυτής συνήθως εκφράζει το συναισθηματικό και πνευματικό ταξίδι μέσα από μεταφυσικά θέματα όπως: ζωή-θάνατος-μεταμόρφωση. Ο συντριπτικός όγκος του έργου του συγκεκριμένου καλλιτέχνη, παρουσιάζει την περιπέτεια της ανθρώπινης μορφής μέσα σε υδάτινο περιβάλλον, (Wikipedia, 2016). Στόχος ήταν, μέσω της άμεσης αισθητικής διεργασίας αλλά και της απόλαυσης, η ενεργοποίηση της συμμετοχής των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, που θα ακολουθήσει, για τη βαθύτερη και προσωπικότερη κατανόηση του φυσικού φαινομένου και των εννοιών.

Αξιοποιήθηκε η προσομοίωση με τίτλο «Άνωση» του λογισμικού του Πανεπιστημίου του Colorado (phet). Οι μαθητές εξοικειώθηκαν πρωτύτερα με την χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού phet, εργάστηκαν ομαδοσυνεργατικά με τη μέθοδο της καθοδηγούμενης ανακάλυψης: με ερωτήσεις και προβληματισμούς από τη διδάσκουσα μέσω του ειδικού λογισμικού. Οι ομάδες ήταν των δύο μαθητών ανά υπολογιστή και συμπλήρωναν φύλλο εργασίας, ενώ με την πρόοδο της διδασκαλίας γινόταν εναλλαγή στους ρόλους του χειριστή του H/Y και του γραμματέα της ομάδας, ανά δραστηριότητα.

Οι ομάδες των μαθητών εκτέλεσαν δραστηριότητες στο εικονικό περιβάλλον του λογισμικού. Στην πρώτη δραστηριότητα έγινε γνωριμία με την έννοια της άνωσης και την έννοια των αναλόγων ποσών καθώς και μια προσπάθεια ανάδειξης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών με σκοπό να έρθουν σε γνωστική σύγκρουση σε ό,τι αφορά στην εμπειρία τους σχετικά με την άνωση και τις σχέσεις που εκφράζουν ανάλογα ποσά. Στόχος είναι μέσα από τη γνωστική σύγκρουση να φθάσουν οι μαθητές στην εννοιολογική αλλαγή, (Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1999), (Κουμαράς, 2002). Συνήθεις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την άνωση είναι η εξάρτηση της από τη μάζα του βυθισμένου σώματος και από το βάθος που βρίσκεται το σώμα μέσα στο υγρό, (Γκινίδης, 2016). Διαπίστωσαν πειραματικά ότι η άνωση δεν εξαρτάται ούτε από το βάθος στο οποίο βρίσκεται το βυθισμένο αντικείμενο, ούτε από τη μάζα του βυθισμένου σώματος.

Στη συνέχεια τη σκυτάλη της διδασκαλίας και του συντονισμού των μαθητικών ομάδων αναλαμβάνει η καθηγήτρια των μαθηματικών, ώστε να συνδέσουν με το διδασκόμενο μάθημα της Άνωσης τα ανάλογα ποσά και την έννοια της συνάρτησης, που είχαν διδαχθεί στο μάθημα των μαθηματικών. Η καθηγήτρια των μαθηματικών έδωσε ένα ακόμη φύλλο εργασίας στους μαθητές. Το φύλλο τους υπενθύμιζε ορισμένες έννοιες από τα μαθηματικά τη θεωρία των αναλόγων ποσών, της ανεξάρτητης-εξαρτημένης μεταβλητής, τη συνάρτηση που συνδέει δύο ανάλογα ποσά, καθώς και εφαρμογές συμπλήρωσης πίνακα τιμών της συνάρτησης αυτής και σχεδιασμού της γραφικής της παράστασης.

Η παρέμβαση της μαθηματικού εστίασε στα σημεία, που οι μαθητές έχουν δυσκολίες. Όπως της ανεξάρτητης, εξαρτημένης μεταβλητής και στη σταθερά αναλογίας. Αξιοποίησε αναπαραστάσεις που οι μαθητές κατανοούν καλύτερα όπως τον πίνακα τιμών και τη γραφική παράσταση, (Ορφανός, 2010).

Αμέσως μετά συνέχισε η καθηγήτρια Φυσικής. Οι μαθητές οδηγήθηκαν στην ανακάλυψη της εξάρτησης της τιμής της άνωσης από τον όγκο του βυθισμένου σώματος

(εκτοπιζόμενου υγρού). Η εκπαιδευτικός οργανώνει και καθοδηγεί τις ομάδες των μαθητών και τις βοηθά στη διατύπωση του επιστημονικού συμπεράσματος και της αρχής του Αρχιμήδη και όπου αλλού κρίνεται απαραίτητο. Στις επόμενες δραστηριότητες οι μαθητές διερεύνησαν την εξάρτηση της Άνωσης από τον όγκο του και από την πυκνότητα του υγρού στο οποίο βυθίζεται αυτό. Το σενάριο της άνωσης με τα φύλλα εργασίας μαθητή και τα φύλλα για τα ανάλογα ποσά είναι διαθέσιμα στο αποθετήριο «*θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού για τις φυσικές επιστήμες*» στο σύνδεσμο: <https://goo.gl/qauG9T>

Οι μαθητές μέσω των εικονικών πειραμάτων ανακάλυψαν αρχικά την ποιοτική εξάρτηση, από ποια μεγέθη εξαρτάται η άνοψη και από ποια δεν εξαρτάται. Οι μαθητές συμπλήρωσαν πίνακες τιμών για τα μεγέθη από τα οποία εξαρτάται η άνοψη ώστε να παρατηρήσουν-ανακαλύψουν πειραματιζόμενοι και την ποσοτική εξάρτηση μέσω της αναπαράστασης των πινάκων.

ΑΠΟΦΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

Οι εκπαιδευτικοί διαφορετικών ειδικοτήτων, που παρακολούθησαν τη διδασκαλία συμμετείχαν σε διεξοδική συζήτηση με τους σχολικούς συμβούλους με συγκεκριμένη θεματολογία και συμπλήρωσαν ερωτηματολόγιο. Οι μαθητές συμπλήρωσαν ερωτηματολόγιο πριν και μετά τη διδασκαλία. Τα ερωτηματολόγια είναι διαθέσιμα στο σύνδεσμο: <https://goo.gl/RwFRG4>

Απαντήσεις μαθητών

Οι ερωτήσεις που τέθηκαν στους μαθητές είχαν στόχο να δώσουν αρχικές ενδείξεις και αρχικά αποτελέσματα της διαθεματικής διδασκαλίας. Οι ερωτήσεις εστιάζουν κυρίως στην κατανόηση των σχέσεων από την άποψη της Φυσικής και την κατανόηση της έννοιας των αναλόγων ποσών. Να δούμε αν συμβάλει η διαθεματική διδασκαλία στην κατανόηση από τους μαθητές, ότι οι τύποι που μαθαίνουν σε δύο διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα είναι κοινοί και δεν είναι στόχος της μάθησης η στείρα απομνημόνευση των τύπων. Οι απαντήσεις των μαθητών που έδωσαν αμέσως μετά τη διαθεματική διδασκαλία συγκρίνονται με αυτές που είχαν δώσει πριν και παρατηρήθηκαν τα εξής:

Στην Ερώτηση: *Με ποιο μάθημα συνδέεται περισσότερο το μάθημα της Φυσικής;* Στις απαντήσεις των μαθητών δεν παρατηρούνται αξιόλογες μεταβολές. Μετά τη διδασκαλία παρουσιάζεται επιπλέον η απάντηση «Καλλιτεχνικά», που δεν υπήρχε στις απαντήσεις πριν τη διδασκαλία.

Στην Ερώτηση: *Από τους τύπους (σχέσεις) που έχεις διδαχθεί στη Φυσική έχεις συναντήσει ίδιους ή παρόμοιους σε άλλα μαθήματα;* Προκύπτει αξιοσημείωτη διαφορά σε ό,τι αφορά στη γνώση παρόμοιων σχέσεων (τύπων) που έχουν συναντήσει. Ενώ πριν τη διδασκαλία μόνο οι μισοί μαθητές απάντησαν θετικά, στο ερωτηματολόγιο μετά σχεδόν όλοι οι μαθητές απάντησαν ότι γνωρίζουν κάποιον τύπο παρόμοιο με αυτόν που διδάχθηκαν (της Άνωσης).

Στην Ερώτηση: *Θυμάσαι κάποια σχέση από αυτές της προηγούμενης ερώτησης;* Προκύπτει αξιοσημείωτη διαφορά και στην ερώτηση αυτή μεταξύ των απαντήσεων των

μαθητών πριν και μετά. Σχεδόν όλοι οι μαθητές θυμούνται τους τύπους που διδάχθηκαν, τόσο από τη Φυσική όσο και από τα Μαθηματικά στα ανάλογα ποσά.

Απαντήσεις εκπαιδευτικών που παρακολούθησαν τη διδασκαλία

Συμπληρώθηκαν 13 ερωτηματολόγια από τους εκπαιδευτικούς διαφόρων ειδικοτήτων που παρακολούθησαν τη διδασκαλία. Τα ερωτήματα αναφέρονται σε τρεις θεματικούς άξονες. Στο εκπαιδευτικό υλικό, στη συνεργασία και σε αξιοποιήσιμα στοιχεία της διδασκαλίας.

Στην Ερώτηση: *Πως ανταποκρίθηκαν οι μαθητές στο εκπαιδευτικό υλικό που εντάχθηκε στη διδασκαλία;* Οι απαντήσεις είναι θετικά-πολύ θετικά (10 απαντήσεις) και ικανοποιητικά 3 απαντήσεις. Οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι οι μαθητές ανταποκρίθηκαν θετικά στη διαθεματική διδασκαλία, έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον και προσοχή και μάλιστα μαθητές που ανήκουν σε διαφορετικά επίπεδα επίδοσης. Ήταν μια δημιουργική διαδικασία. Οι μαθητές χρησιμοποιούσαν τις νέες τεχνολογίες και ανακάλυπταν μόνοι τους τις νέες γνώσεις ευχάριστα και αποτελεσματικά.

Στην Ερώτηση: *Πως οι μαθητές βλέπουν τις συνεργασίες των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας;* Οι απαντήσεις είναι θετικά-πολύ θετικά (13 απαντήσεις). Οι εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι οι μαθητές βλέπουν θετικά και με ενδιαφέρον τις συνεργασίες γιατί αποδεικνύεται εμπράκτως πως η συνεργασία ανοίγει νέους δρόμους διαφορετικούς στην επικοινωνία και στον τρόπο διδασκαλίας, ανακαλύπτουν τη χρησιμότητα όλων των ειδικοτήτων· η συνεργασία των εκπαιδευτικών βοηθάει και στη συνεργασία των μαθητών μεταξύ τους· τους αρέσει και λύνουν πιο εύκολα τις απορίες τους, υπάρχει σφαιρική ενημέρωση γύρω από ένα θέμα.

Στην Ερώτηση: *Υπάρχουν στοιχεία από τη διδασκαλία που θα μπορούσατε να αξιοποιήσετε και ποια;* Όλοι οι εκπαιδευτικοί απάντησαν: Ναι. Χαρακτηριστικές απαντήσεις: Τα παιδιά έχουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον και περιέργεια όταν τίθεται ένα συγκεκριμένο θέμα από διαφορετικής ειδικότητας καθηγητές. Ανταποκρίνονται στην ένταξη της τεχνολογίας με σωστή χρήση του χρόνου ώστε να μην κουράζονται τα παιδιά. (Θα αξιοποιήσω) τη χρήση των νέων τεχνολογιών και της τέχνης σε όλα τα μαθήματα (που διδάσκω). Τα συχνότερα στοιχεία της διαθεματικής διδασκαλίας που οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι θα αξιοποιήσουν είναι: Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, συνδιδασκαλία, διαδίκτυο, φύλλα εργασίας, διαθεματικότητα, ομαδικότητα, εμπλοκή των μαθητών στη διατύπωση και ανάλυση της θεωρίας, πειραματικά δεδομένα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η υλοποίηση διαθεματικών διδασκαλιών έχει να αντιμετωπίσει το πάγιο θέμα που αντιμετωπίζουν γενικά οι προσπάθειες εισαγωγής καινοτομιών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, το πρόβλημα της έλλειψης χρόνου στο ωρολόγιο πρόγραμμα. Ο χρόνος που είναι διαθέσιμος στους εκπαιδευτικούς είναι περιορισμένος και για να εξευρεθεί επιπλέον χρόνος, γιατί απαιτούνται πολλές τροποποιήσεις συναίνεση και ευελιξία του συλλόγου διδασκόντων και κυρίως του Διευθυντή της σχολικής μονάδας.

Οι διδακτικοί στόχοι της δειγματικής διδασκαλίας που τέθηκαν από τους εκπαιδευτικούς επιτεύχθηκαν με καταλυτικούς παράγοντες τη συνεργασία και τα πλεονεκτήματα της διαθεματικότητας.

Με την προβολή του καλλιτεχνικού βίντεο επιλέχθηκε ένας δυναμικός τρόπος ενεργοποίησης της προσοχής και προσωπικής διερεύνησης των βιωμάτων του μαθητή. Η ελεύθερη ενεργοποίηση μέσα από την άμεσα βιωμένη οπτική εμπειρία, διαμορφώνει με ξεχωριστό τρόπο τους αντιληπτικούς μηχανισμούς του μαθητή με την διαμεσολάβηση ενός σημαντικότερου διεθνή σύγχρονου καλλιτέχνη. Με την εφαρμογή στη Φυσική των διδασκόμενων εννοιών από τα Μαθηματικά οι μαθητές αντελήφθησαν γιατί διδάσκονται τις συγκεκριμένες έννοιες, παράλληλα με την αξιοποίηση της τέχνης στην εκπαίδευση. Σύμφωνα με το K. Robinson (1999), οι τέχνες είναι δυναμικοί τρόποι δημιουργίας και επικοινωνίας αλλά και δρόμοι τόσο σύλληψης όσο και γέννησης ιδεών, εξερεύνησης βιωμάτων και διαμόρφωσης της αντίληψης μας για αυτά σε νέες κάθε φορά μορφές, (Robinson, 1999).

Στο εικονικό περιβάλλον δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να προβληματιστούν και να εκφράσουν τις απόψεις τους συγκριτικά με τις προβλέψεις τους σε θεμελιώδη θέματα που πολλές φορές θεωρούνται προφανή και αυτονόητα. Οι ίδιοι οι μαθητές ανακαλύπτουν τι δεν έχουν κατανοήσει. Οι μαθητές έρχονται σε γνωστική σύγκρουση και ανακαλύπτουν πειραματικά τη νέα γνώση, από ποιους παράγοντες εξαρτάται και ποιους δεν εξαρτάται η άνωση. Με τα παραδοσιακά μέσα διδασκαλίας είναι δύσκολο να επιτευχθούν τα παραπάνω.

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται οι δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση των συναρτήσεων καθώς και οι επιπλέον δυσκολίες που εμφανίζουν στις Φυσικές Επιστήμες, (Harel & Kaput, 1991), (Γούδας & Σακονίδης, 2002), (Hestenes D, 1992), (Ορφανός, 2010). Επίσης έχουν καταγραφεί δυσκολίες στην επίλυση προβλημάτων με χρήση των αναλόγων ποσών καθώς και την εφαρμογή τους σε προβλήματα της καθημερινής ζωής (Καραγιάννης κ.ά, 2003). Με το διαθεματικό τρόπο προσέγγισης δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη βαθύτερη κατανόηση της σχέσης των αναλόγων ποσών στην ανεξάρτητη και εξαρτημένη μεταβλητή, στη ποσοτική κατανόηση της σχέσης αυτής, στο ρόλο της σταθεράς αναλογίας, στη γραφική παράσταση της, στις επιπλέον δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην κατανόηση των συναρτήσεων στη Φυσική όπως είναι το φυσικό περιεχόμενο των παραγόντων των τύπων, στις διαφορές στο περιεχόμενο του συμβολισμού μεταξύ φυσικής και μαθηματικών αλλά και στο περιεχόμενο των συναρτήσεων.

Η διαθεματική διδασκαλία είχε θετική αποδοχή από το σύνολο των εκπαιδευτικών, λόγω των θετικών της μαθησιακών αποτελεσμάτων σε όλες τις κατηγορίες επίδοσης μαθητών. Οι εκπαιδευτικοί, που παρακολουθούν τέτοιες παρεμβάσεις, εμπνέονται από τις συνεργασίες και αλληλεπιδράσεις, πείθονται για τα θετικά τους αποτελέσματα, ενδιαφέρονται να επιμορφωθούν για καινοτόμες πρακτικές ή να εντάξουν στη διδασκαλία νέα στοιχεία. Οι εκπαιδευτικοί που σχεδιάζουν και υλοποιούν διαθεματικές παρεμβάσεις λαμβάνουν θετική ανατροφοδότηση.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η οπτική εμπειρία αποτελεί προϋπόθεση για την πραγματιστική αντίληψη του κόσμου, την ορθότητα και την γραμμικότητα της γνώσης, που υπάρχει στην συμβατική σχολική διδασκαλία, εμπλουτίζοντάς τες με την ανάπτυξη της δημιουργικότητας, της φαντασίας και του προσωπικού τρόπου αντίληψης αλλά και έκφρασης που φυσικά αποτελούν τα βασικά γνωρίσματα ανάπτυξης του ατόμου. Η οπτική εμπειρία συμβάλλει ενεργητικά όχι μόνο στην απόκτηση νέων γνώσεων αλλά και στην ανάπτυξη, ειδικά με την χρησιμοποίηση πολυτροπικών έργων όπου συνδυάζονται διαφορετικά συστήματα πρόσληψης, επικοινωνίας και διαστάσεων, (Chapman,1993).

Η ύπαρξη μεγαλύτερης αυτονομίας στις σχολικές μονάδες αναφορικά με το ωρολόγιο πρόγραμμα σε ένα μέρος της διδακτέας ύλης και σε διοικητικά θέματα σε συνεργασία με τους υπάρχοντες τοπικούς εκπαιδευτικούς θεσμούς θα μπορούσε να συμβάλει στην ανάληψη αντίστοιχων πρωτοβουλιών για τη δοκιμή και εισαγωγή καινοτομιών στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού και καινοτόμων δραστηριοτήτων με στόχο το καλύτερο μαθησιακό αποτέλεσμα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε, τον Διευθυντή του Γυμνασίου με Λυκειακές Τάξεις Γενναδίου κ. Δημ. Καβάλλα για την άμεση αποδοχή της πρότασης και την οργάνωση της υλοποίησης της διαθεματικής διδασκαλίας στο σχολείο, καθώς και τον Διευθυντή Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Δωδεκανήσου κ. Ι. Παπαδομαρκάκη για την συναίνεση του και γενικότερα στην καλή συνεργασία, που επιτρέπει την υλοποίηση καινοτόμων δραστηριοτήτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Boix Mansilla, V., & Gardner, H. (1999). What are the qualities of understanding? In S. Wiske (Ed.), *Teaching for understanding: A practical framework* (pp. 161–196). San Francisco: Jossey-Bass. Ανασύρθηκε την 10/5/2016 από τη διεύθυνση: https://learnweb.harvard.edu/WIDE/courses/files/res_2_04112005-002310.pdf
- Cone, T. P., Werner, P., Cone, S. L., & Woods, A. M. (1998). *Interdisciplinary teaching through physical education*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V. (1999): Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών- Μια Παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών (επιμέλεια Π. Κόκκοτας, μετάφραση Μ. Χατζή), εκδ. Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Harel, G., & Kaput, J. (1991). The role of conceptual entities and their symbols in building advanced mathematical concepts, in D. Tall (ed), *Advanced Mathematical Thinking*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction *Am. J. Phys* 55(5).
- Nikitina, S., & Mansilla, V. B. (2003). Three strategies for interdisciplinary math and science teaching: A case of the Illinois Mathematics and Science Academy. Ανασύρθηκε την 2/5/2016 από τη διεύθυνση: http://www.dlsu.edu.ph/offices/avcaa/_pdf/stategies-math-science-teaching.pdf

- Robinson Ken (sir): *Οι Τέχνες στα σχολεία. Αρχές, Πρακτικές, Προβλέψεις*. Εκδ. Καστανιώτης σειρά Αισθητική Αγωγή. Αθήνα 1999.
- Wikipedia. (2016), Ανασύρθηκε την 2/4/2016 από τη διεύθυνση: https://en.wikipedia.org/wiki/Bill_Viola
- Αναστασιάδης, Π. (2011). *Βασικό Επιμορφωτικό Υλικό, τόμος Γ': Αξιοποίηση των Τεχνών στην Εκπαίδευση*, Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης, ΠΙ, Αθήνα. Ανασύρθηκε την 3/6/2016 από τη διεύθυνση: <http://www.epimorfosi.edu.gr /images/stories/ebook-epimorfotes/txnes/9.TEXNES.pdf>
- Γούδας Α., Σακονίδης Χ. (2002). Η κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης και των αναπαραστάσεών της από μαθητές γυμνασίου και λυκείου, *Πρακτικά του 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, 12-15 Οκτωβρίου, 2001, Θεσσαλονίκη.
- Γκινίδης Γ., (2016). Διδακτικό σεναριο: φυσική β' γυμνασίου: άνωση – αρχή του Αρχιμήδη. Ανασύρθηκε την 2/5/2016 από τη διεύθυνση: http://ekfe.mag.sch.gr/ANOSH_GINIDHS.pdf
- Καραγιάννης, Ι., Αθανασιάδης, Η. (2006). Διαθεματικές Τεχνολογικές Προσεγγίσεις-Εφαρμογές στο Γυμνάσιο Ιαλυσού, Ρόδος.
- Καραγιάννης, Ι., Στέφος, Ε., Συντυχάκης, Χ (2003). Διαθεματική προσέγγιση μαθηματικών και τεχνολογίας στο πλαίσιο της ευέλικτης ζώνης καινοτόμων δράσεων του γυμνασίου. *Πρακτικά 2ου πανελληνίου συνεδρίου της Ε.Μ.Ε.*. Βέροια, 2003.
- Κουμαράς Π. (2002). Πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, τεύχη 1 & 2, εκδ. Χριστοδουλίδη.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). *Διεπιστημονικότητα, Διαθεματικότητα και Ενταξιοποίηση στα νέα Προγράμματα Σπουδών: Τρόποι οργάνωσης της σχολικής γνώσης*. Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, 7, 19-36.
- Ορφανός, Σ. (2008). Αξιοποίηση των δραστηριοτήτων των προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης ως εκπαιδευτικού υλικού στη σχολική μονάδα. *Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Πανελληνίας Ένωσης Εκπαιδευτικών για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε), "Προς την Αειφόρο Ανάπτυξη: Φυσικοί Πόροι, Κοινωνία, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση"*. Ναύπλιο, 2008. Ανασύρθηκε την 3/6/2016 από τη διεύθυνση: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/peekpe4/proceedings/synedria9/orfanos.pdf>
- Ορφανός, Σ. (2010). Διάγνωση των εμποδίων στην κατανόηση των συναρτήσεων με τη βοήθεια δραστηριοτήτων μοντελοποίησης Κινηματικής. *8ο Διήμερο Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών, Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική και Σχολική Εκπαίδευση*. Αθήνα.
- Ψυχάρης, Σ., & Γιαβρής, Α. (2003). Η εκπαίδευση ως σύστημα. Στο Κ. Αγγελάκος (Επιμ.), *Διαθεματικές προσεγγίσεις της γνώσης στο Ελληνικό Σχολείο*. Αθήνα: Μεταίχιμο.

Το παιχνίδι ρόλων ως μέθοδος διδασκαλίας της βιολογίας στην αυλή του σχολείου

Μιχαήλ Χατζηνικόλας ¹ & Τσαμπίκα Γεωργιά ²

¹3^ο ΓΕ.Α. Ρόδου, mchatzinik@sch.gr

²Μεταπτυχιακή φοιτήτρια Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. Αιγαίου, mika.georga@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παιχνίδι ρόλων αποτελεί μια εναλλακτική τεχνική διδασκαλίας η οποία έχει χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς λόγους, από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα. Οι αρχαίοι Έλληνες πρώτοι κατάλαβαν την αξία των ομαδικών παιχνιδιών καθώς πίστευαν ότι με αυτά πραγματοποιείται η τελειοποίηση του ανθρώπου. Το παιχνίδι ως τεχνική διδασκαλίας εξακολουθεί και σήμερα να έχει πρωταρχικό ρόλο στη μαθησιακή διαδικασία αποτελώντας μέρος τόσο της τυπικής, όσο και της άτυπης εκπαίδευσης. Στοχεύει δε στην εκπαίδευση και στη παροχή γνώσης διά μέσου της εμπειρίας του παιχνιδιού με ψυχαγωγικό τρόπο. Τα παιχνίδια μπορούν να θεωρηθούν αξιόλογα και αποτελεσματικά ως προς τη μετάδοση της γνώσης. Το παιχνίδι ρόλων δύναται να αξιοποιηθεί στο σχολικό περιβάλλον ως εκπαιδευτικό εργαλείο, καθώς μέσω αυτού μεταδίδονται γνώσεις με απλό και ουσιαστικό τρόπο.

Στη παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια περιγραφής και αξιολόγησης μιας δραστηριότητας πρακτικής εφαρμογής της παραπάνω τεχνικής για τη διδασκαλία διδακτικής ενότητας, η οποία αναφέρεται στον ειδικό μηχανισμό άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού και η οποία εφαρμόστηκε σε μαθητές/τριες της Γ' τάξης του Γυμνασίου κατά το σχολικό έτος 2014-2015, στα πλαίσια του μαθήματος της Βιολογίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παιχνίδι ρόλων, Ανοσολογική απόκριση, Εμβόλιο, Ορός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον Maxim (1989) το παιχνίδι είναι η δραστηριότητα μέσα από την οποία οι μαθητές/τριες καλύπτουν όλες τις αναπτυξιακές τους ανάγκες, καθώς βλέπουν το παιχνίδι ως μία συναρπαστική δραστηριότητα στην οποία συμμετέχουν με ενθουσιασμό. Επιπλέον, το παιχνίδι υλοποιεί τη μάθηση μέσα από την πράξη. Ο Meckley (2002) επαναπροσδιόρισε τον ορισμό του παιχνιδιού ως μια δραστηριότητα η οποία θα πρέπει να είναι ελεύθερη επιλογή των μαθητών/τριών, να κατευθύνεται από εσωτερικά κίνητρα, να παρέχει ευχαρίστηση και ικανοποίηση, να τους εμπλέκει ενεργά και να έχει νόημα για τους συμμετέχοντες.

Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί παρατηρούν ότι οι μαθητές/τριες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού δύνανται να αποκομίσουν πολλά θετικά στοιχεία. Έρευνες έχουν αποδείξει άλλωστε, ότι η μάθηση ευνοείται από τρεις βασικούς παράγοντες, την ενεργητική συμμετοχή των μαθητών/τριών, τη συνεργασία μεταξύ τους και τη χρήση δραστηριοτήτων που έχουν νόημα (Βοσνιάδου, 2000· Walberg & Paik, 2000). Μέσα από το παιχνίδι οι μαθητές/τριες αλληλεπιδρούν ο ένας με τον άλλο, εκφράζονται, επικοινωνούν, παρατηρούν, πειραματίζονται, αναδιατυπώνουν τις σκέψεις τους, διερευνούν, προβλέπουν, σχεδιάζουν, ερμηνεύουν, διατυπώνουν υποθέσεις, κατανοούν, εκπληρώνουν στόχους και προτείνουν λύσεις προβλημάτων (Σιβροπούλου, 1998). Με άλλα λόγια, το παιχνίδι διευκολύνει τη μάθηση καθώς είναι η πραγματοποίηση της μάθησης μέσα από την πράξη (Kernan, 2007).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Μια τεχνική διδασκαλίας που συγκεντρώνει όλους τους παράγοντες που ευνοούν τη μαθησιακή διαδικασία και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών της Βιολογίας είναι το παιχνίδι ρόλων (Κανίδης, 2005). Οι μαθητές/τριες εμπλέκονται φυσικά και νοητικά σε αυτή και γίνονται ικανοί να οικοδομήσουν τη γνώση τους σε δύσκολες, αφηρημένες και σύνθετες έννοιες της Βιολογίας (Κανίδης, 2005· Taylor, 1987).

Η ιδέα για τη ανάπτυξη του παιχνιδιού ρόλων για τη διδασκαλία μιας συγκεκριμένης ενότητας του μαθήματος της Βιολογίας με τίτλο: «*Η ανοσολογική απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού μέσα από το παιχνίδι ρόλων*» προέκυψε ως ανάγκη μιας διασκεδαστικής εκστρατείας και παιχνιδιού που παρακινεί τους μαθητές/τριες να γνωρίσουν τις λειτουργίες του σώματος τους και ειδικά του αμυντικού τους συστήματος κατά των εισβολέων, μέσα από μια άλλη διάσταση. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές/τριες παίζοντας και διασκεδάζοντας, μελετούν τις πολύπλοκες διεργασίες που ενεργοποιεί ο οργανισμός τους για να αντιμετωπίσει μικροοργανισμούς και οποιοσδήποτε ξένες ουσίες που τον προσβάλλουν. Έτσι, η διδασκαλία και η προσφερόμενη προς μάθηση γνώση συνδέεται με τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών (Καραντζής, 2011).

Το συγκεκριμένο παιχνίδι ρόλων χρησιμοποιείται ως εργαλείο μετάδοσης βασικών γνώσεων γύρω από δυσνόητες έννοιες και διαδικασίες όπως η πρωτογενή και δευτερογενή ανοσοβιολογική απόκριση, η ανοσία, τα αντισώματα, τα αντιγόνα, η φαγοκυττάρωση, τα λεμφοκύτταρα, το εμβόλιο και ο ορός. Οι γνώσεις αυτές οικοδομούνται άριστα με το παιχνίδι ρόλων μέσα από την οπτικοποίηση των διαδικασιών, αναπτύσσοντας παράλληλα τις διανοητικές, ηγετικές και κοινωνικές δεξιότητες και ικανότητες.

Στο παιχνίδι ρόλων έχουν τη δυνατότητα να συμμετέχουν όλοι οι μαθητές/τριες, οι οποίοι είναι το επίκεντρο της μαθησιακής διαδικασίας, με τον εκπαιδευτικό να έχει ρόλο καθοδηγητικό. Δηλαδή, το παιχνίδι στο πλαίσιο της τεχνικής αυτής, αποκτά μια εκπαιδευτική λειτουργία καθώς η σχεδίαση και η εκτέλεσή του προσδιορίζονται από τον εκπαιδευτικό ενώ οι μαθητές/τριες εκτελούν καθορισμένες δραστηριότητες με στόχο την επίτευξη συγκεκριμένων προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων (McSarry &

Jones, 2000). Με το παιχνίδι ενισχύεται η κοινωνική τους αλληλεπίδραση, αναγνωρίζεται η δύναμη της ομαδικότητας και της συνεργασίας που στοχεύει στην επίτευξη και τη διατήρηση μιας δυναμικής ισορροπίας μεταξύ της μάθησης και του παιχνιδιού. Είναι ένα μέσο έκφρασης και επικοινωνίας, το οποίο τους βοηθά να κατασκευάσουν εικόνες για την λειτουργία του σώματος τους και να αντιληφθούν τα όρια και τις δυνατότητές του. Παράλληλα, είναι μια ουσιώδης δυναμική δραστηριότητα, η οποία προσφέρει ερεθίσματα, παρατήρηση, κατανόηση, λύση προβλημάτων, πρόβλεψη, σχεδιασμό, ερμηνεία, διατύπωση υποθέσεων και πειραματισμό, στοιχεία που καθορίζουν την νοητική ανάπτυξη και μάθηση των μαθητών/τριών (Σιβροπούλου, 1998).

Ταυτόχρονα, μέσα από το παιχνίδι ρόλων, οι μαθητές/τριες δοκιμάζουν τις προσωπικές τους δυνάμεις και τα όριά τους, τα οποία επηρεάζουν το βαθμό αυτοπεποίθησης τους. Έτσι, δεν αναπτύσσονται μόνο οι σωματικές και οι πνευματικές τους ικανότητες, αλλά ασκούνται και στη πειθαρχία, στον αλληλοσεβασμό, στη συνεργασία, στη δικαιοσύνη και στην εγκράτεια. Επιπλέον, είναι ένα μέσο εκτόνωσης και εξισορρόπησης της αρνητικής συμπεριφοράς αφού το παιχνίδι δημιουργεί ένα κλίμα ελευθερίας, μέσα από το οποίο κάθε μέλος της ομάδας είναι ελεύθερο να εκφραστεί, να δημιουργήσει, να κάνει λάθη χωρίς να κριθεί και να θυσιάσει τον εγωισμό του για το κοινό συμφέρον της ομάδας (Αντωνιάδης, 1994).

Μέσα από την διασκέδαση που προσφέρει το παιχνίδι ρόλων οι μαθητές/τριες μαθαίνουν με έναν διαφορετικό εναλλακτικό τρόπο μάθησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το παιχνίδι είναι πηγή χαράς και απόλαυσης, εμπλέκοντας έντονα τους μαθητές/τριες σε μια μορφή παράστασης. Τέλος είναι αξιοσημείωτο το γεγονός, ότι μετά από κάθε τέτοιο μάθημα, με τη χρήση της τεχνικής του παιχνιδιού ρόλων, παρατηρείται ένας ευδιάκριτος τόνος χαράς στα πρόσωπα των μαθητών/τριών, που φεύγουν ενθουσιασμένοι γυρίζοντας τις επόμενες μέρες στο σχολείο με ευχαρίστηση, η οποία εκφράζεται όχι μόνο λεκτικά, αλλά και έμπρακτα δείχνοντας ζήλο για τη μαθησιακή διαδικασία.

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Η δραστηριότητα με τίτλο: «*Η ανοσολογική απόκριση του ανθρώπινου οργανισμού μέσα από το παιχνίδι ρόλων*» σχεδιάστηκε για τη διδασκαλία της ενότητας 4.3 του σχολικού βιβλίου της Βιολογίας Γ' Γυμνασίου, η οποία αναφέρεται στον ειδικό μηχανισμό άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού. Επιπλέον, ο σχεδιασμός της ήταν τέτοιος, ώστε να είναι δυνατή η διεξαγωγή της στην αυλή του σχολείου κατά τη διάρκεια δύο διδακτικών ωρών. Κατά την πρώτη διδακτική ώρα, στα πλαίσια της συγκεκριμένης δραστηριότητας, ο εκπαιδευτικός έχει κεντρικό ρόλο συντονιστή για λόγους οικονομίας χρόνου, ενώ οι μαθητές/τριες δύνανται να έχουν πολλαπλούς ρόλους ανάλογα με τις ανάγκες αυτής. Στη δεύτερη διδακτική ώρα πραγματοποιείται συζήτηση και αξιολόγηση της δραστηριότητας, προκειμένου να ελεγχθεί η επίτευξη των μαθησιακών της στόχων.

Για τη βελτίωση της κατανόησης της ανοσολογικής απόκρισης του ανθρώπινου οργανισμού επιχειρήθηκε η διδακτική προσέγγιση μέσω μιας δραστηριότητας που χρησιμοποιεί την τεχνική του παιχνιδιού ρόλων σε μια τάξη 23 μαθητών της Γ' τάξης του Γυμνασίου Ιαλυσού το σχολικό έτος 2014-2015. Η αναπαράσταση της ανοσολογικής

απόκρισης μέσα από ένα παιχνίδι ρόλων δημιουργεί στους μαθητές/τριες ένα εικονικό μοντέλο λειτουργίας του αμυντικού μηχανισμού όπου ξεκαθαρίζονται τα διαδοχικά βήματα που ακολουθεί ο οργανισμός προκειμένου να καταστρέψει το αντιγόνο που τον προσέβαλε.

Η παραπάνω δραστηριότητα καθιστά μια μερικώς κατευθυνόμενη δραστηριότητα, έτσι ώστε η εκτέλεση της να είναι συμβατή με τους εκπαιδευτικούς στόχους που έχουν τεθεί εξ αρχής, διατηρώντας ταυτόχρονα αμείωτο και το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών που συμμετέχουν σε αυτήν (Κανίδης, 2005). Επιπλέον, πριν από την υλοποίησή της, σε πρώτο επίπεδο, ο εκπαιδευτικός-συντονιστής θέτει στους μαθητές/τριες το πλαίσιο, μέσα στο οποίο θα διεξαχθεί η δραστηριότητα καλώντας τους αν επιθυμούν να δηλώνουν συμμετοχή. Σε δεύτερο επίπεδο πραγματοποιείται η ανάθεση των πρωταγωνιστικών και δευτερευόντων ρόλων στους μαθητές/τριες με ευθύνη του εκπαιδευτικού-συντονιστή ανάλογα τις απαιτήσεις της δραστηριότητας. Στο τρίτο στάδιο κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας παρουσιάζονται τα διαδοχικά βήματα της ανοσολογικής απόκρισης ανάλογα με τον τρόπο πρόκλησής της. Το παιχνίδι ρόλων αναπαριστά τη πρωτογενή και τη δευτερογενή ανοσολογική απόκριση μετά από μόλυνση ενός οργανισμού από ένα αντιγόνο για πρώτη ή πολλοστή φορά. Επιπλέον, στο παιχνίδι παρουσιάζεται η αντίδραση ενός οργανισμού μετά από τη χορήγηση εμβολίου ή ορού. Στο τελευταίο στάδιο οι συμμετέχοντες μαθητές/τριες σχολιάζουν τις ενέργειες και τους διαλόγους που έγιναν κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας και απαντούν στο ερωτηματολόγιο. Ο εκπαιδευτικός-συντονιστής βοηθά στη διαδικασία με συγκεκριμένες ερωτήσεις, έτσι ώστε οι μαθητές/τριες να μπορούν να συνοψίζουν τις ενέργειες που παρατήρησαν και να είναι ικανοί να κάνουν πρόβλεψη των πιθανών αποτελεσμάτων των ενεργειών αυτών.

Σκοπός της δραστηριότητας είναι οι μαθητές/τριες να κατανοήσουν το μηχανισμό ενεργοποίησης και δράσης της ανοσολογικής απόκρισης ενός οργανισμού μετά από τη μόλυνση του από ένα αντιγόνο. Ποιο συγκεκριμένα, η δραστηριότητα στοχεύει να βοηθήσει του μαθητές/τριες:

- Να κατανοήσουν δυσνόητες έννοιες και διαδικασίες του αμυντικού συστήματος,
- Να αναγνωρίσουν ότι οι αμυντικοί μηχανισμοί του ανθρώπινου οργανισμού δρουν ως σύστημα και όχι μεμονωμένα,
- Να οπτικοποιήσουν τις διαδικασίες λειτουργίας του αμυντικού τους συστήματος,
- Να διακρίνουν τις διαφορές και την αλληλεπίδραση μεταξύ αντιγόνων και αντισωμάτων,
- Να ξεχωρίσουν τις διαφορές μεταξύ των διαδικασιών με τις οποίες ένας άνθρωπος αποκτά ανοσία,
- Να ασκηθούν στην πειθαρχία, στον αλληλοσεβασμό, στη συνεργασία, στην δικαιοσύνη και στην εγκράτεια,
- Να εμπλακούν σε μια μορφή παράστασης που θα τους παρέχει κίνητρα μάθησης,
- Να εκτονώσουν και να εξισορροπήσουν την αρνητική συμπεριφοράς τους.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Πρωτογενής ανοσολογική απόκριση

Με την έναρξη του μαθήματος ο εκπαιδευτικός οδηγεί τους μαθητές/τριες στον αύλειο χώρο του σχολείου και τους ζητά να σχηματίσουν όρθιοι ένα κύκλο που αναπαριστά τον οργανισμό τους, κρατώντας ο ένας το χέρι του άλλου. Ο συντονιστής-εκπαιδευτικός βρίσκεται μέσα στον κύκλο τους αναλύει την έννοια του αντιγόνου και τους ζητά να αναφέρουν τις πιθανές πύλες από τις οποίες μπορούν να εισέλθουν τα αντιγόνα στο σώμα τους. Επιλέγεται ένας από τους μαθητές/τριες με εκτομορφικό σωματότυπο να υποδυθεί το ρόλο του αντιγόνου και ενημερώνεται από τον εκπαιδευτικό-συντονιστή ότι έχει στη διάθεση του ένα λεπτό για να καταφέρει να εισέλθει στο κύκλο. Ο μαθητής/τρια-αντιγόνο γυρίζει γύρω-γύρω από τον κύκλο και επιτίθεται στον οργανισμό με στόχο να καταφέρει να σπάσει τον κλοιό και να εισέλθει στο εσωτερικό του. Αν τα καταφέρει του ζητείται να αναφέρει από ποια πύλη επέλεξε να εισέλθει στον οργανισμό, αν όχι τη θέση του παίρνει ένας άλλος μαθητής/τρια.

Στη συνέχεια επιλέγεται από τον συντονιστή-εκπαιδευτικό ένας μαθητής με μεσομορφικό σωματότυπο για να υποδυθεί ένα σημαντικό κύτταρο του αμυντικού μηχανισμού, το μακροφάγο. Ο ρόλος του μαθητή-μακροφάγου είναι να κνηγήσει μέσα στον οργανισμό τον μαθητή/τρια-αντιγόνο και μετά από μικρή πάλη ο μαθητής/τρια-αντιγόνο να δηλώσει την ήττα του. Στη συνέχεια ο μαθητής-μακροφάγο μετά τη σύλληψη του μαθητή/τρια-αντιγόνου, τον μεταφέρει στην πλάτη του, προκειμένου να τον παρουσιάσει στα ειδικά κύτταρα της άμυνας. Σε αυτό το σημείο εισέρχεται στον κύκλο ο μαθητής/τρια-επικεφαλής Τ-Λεμφοκύτταρο με σκοπό να ανακρίνει το μαθητή/τρια-αντιγόνο, ώστε να ομολογήσει ποιος είναι και να αναφέρει την πύλη από την οποία εισήλθε στον οργανισμό.

Εν συνεχεία το επικεφαλής Τ-Λεμφοκύτταρο ενεργοποιεί τα Β-Λεμφοκύτταρα, τα οποία μετασχηματίζονται σε πλασματοκύτταρα με σκοπό να παράγουν τα εξειδικευμένα αντισώματα που θα δράσουν κατά του αντιγόνου το οποίο προκάλεσε την παραγωγή τους και τα κύτταρα μνήμης τα οποία θα ενεργοποιηθούν μετά τη δεύτερη ή πολλοστή φορά που θα προσβάλει τον οργανισμό το ίδιο αντιγόνο. Σε αυτό το σημείο στον κύκλο εισέρχεται ο μαθητής/τρια-Β-Λεμφοκύτταρο και παράλληλα μαζί με αυτό ο μαθητής/τρια-πλασματοκύτταρο και ο μαθητής/τρια-μνήμη. Ο μαθητής/τρια-πλασματοκύτταρο επιλέγει πέντε μαθητές/τριες για να υποδυθούν τα αντισώματα. Οι μαθητές/τριες-αντισώματα εισέρχονται στον κύκλο και κνηγούν το μαθητή/τρια-αντιγόνο, συνδέονται με αυτόν όπως το κλειδί με την κλειδαριά και τον πετούν έξω από τον κύκλο. Ο μαθητής/τρια-μνήμη θα έχει τη δυνατότητα να θυμάται το μαθητή/τρια-αντιγόνο που προσέβαλε τον οργανισμό σε περίπτωση που μολύνει εκ νέου τον οργανισμό στο μέλλον.

Στο τέλος ο συντονιστής-εκπαιδευτικός εξηγεί ότι όλη η διαδικασία που παρουσιάστηκε μέχρι την παραγωγή αντισωμάτων διαρκεί περίπου τρεις μέρες, χρόνος ικανός, για τα αντιγόνα να πολλαπλασιαστούν και να προκαλέσουν τα συμπτώματα της ασθένειας. Ο οργανισμός μπορεί να ασθένησε αλλά για το συγκεκριμένο αντιγόνο θα έχει ανοσία εφόσον διαθέτει πλέον κύτταρα μνήμης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται με

άλλους πρωταγωνιστές προκειμένου να εμπεδώσουν όλοι οι μαθητές/τριες τα βήματα που ακολουθήθηκαν.

Δευτερογενής ανοσολογική απόκριση

Οι μαθητές/τριες σχηματίζουν όρθιοι εκ νέου ένα κύκλο, μέσα στον οποίο ο ευρισκόμενος συντονιστής-εκπαιδευτικός επιλέγει έναν από τους μαθητές/τριες που προγενέστερα είχαν υποδυθεί το ρόλο του αντιγόνου και είχαν μολύνει τον οργανισμό. Ο μαθητής/τρια-αντιγόνο γυρίζει γύρω-γύρω από τον κύκλο και επιτίθεται στον οργανισμό καταφέροντας μέσα σε ένα λεπτό να σπάσει τον κλοιό και να εισέλθει και πάλι στο εσωτερικό του οργανισμού για δεύτερη φορά.

Στη συνέχεια ο μαθητής/τρια-μνήμη βρισκόμενος ήδη μέσα στον κύκλο αναγνωρίζει το μαθητή-αντιγόνο που είχε προσβάλει τον οργανισμό στο παρελθόν και προκαλεί την παραγωγή πολλών αντισωμάτων που εξουδετερώνουν το αντιγόνο στο χρόνο επώασης του πριν αυτό προλάβει να προκαλέσει τα συμπτώματα της ασθένειας. Πέντε μαθητές/τριες-αντισώματα εισέρχονται στον κύκλο και κυνηγούν το μαθητή/τρια-αντιγόνο, συνδέονται με αυτόν όπως το κλειδί με την κλειδαριά και τον πετούν έξω από τον κύκλο.

Στο τέλος γίνεται σαφές ότι η διαδικασία μέχρι την παραγωγή αντισωμάτων διαρκεί πολύ λίγο και έτσι τα αντιγόνα εξουδετερώνονται άμεσα χωρίς ο οργανισμός να παρουσιάσει τα συμπτώματα της ασθένειας. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Χορήγηση ορού

Οι μαθητές/τριες σχηματίζουν όρθιοι έναν νέο κύκλο. Ο συντονιστής-εκπαιδευτικός τώρα επιλέγει ως αντιγόνο έναν από τους μαθητές/τριες με εκτομορφικό σωματότυπο που προγενέστερα δεν είχε υποδυθεί το ρόλο του αντιγόνου. Ο μαθητής/τρια-αντιγόνο γυρίζει γύρω-γύρω από τον κύκλο και επιτίθεται στον οργανισμό καταφέροντας μέσα σε ένα λεπτό να σπάσει τον κλοιό και να εισέλθει στο εσωτερικό του οργανισμού.

Στη συνέχεια ο συντονιστής-εκπαιδευτικός εξηγεί ότι ο ορός είναι έτοιμα αντισώματα που παράγονται από άλλους οργανισμούς. Ο ορός εισάγεται στο μολυσμένο οργανισμό ώστε τα αντισώματα να εξουδετερώσουν το αντιγόνο στο χρόνο επώασης του, με αποτέλεσμα ο οργανισμός να μην νοσήσει. Για αυτό το λόγο πέντε μαθητές/τριες-αντισώματα εισέρχονται στον κύκλο με ενδοφλέβια ένεση και κυνηγούν το μαθητή/τρια-αντιγόνο μέσα στον οργανισμό, συνδέονται με αυτόν όπως το κλειδί με την κλειδαριά και τον πετούν έξω από τον κύκλο.

Στο τέλος ο συντονιστής-εκπαιδευτικός εξηγεί στη περίπτωση αυτή ο ορός εξουδετερώνει άμεσα το αντιγόνο με αποτέλεσμα ο οργανισμός να μη προφτάσει να ενεργοποιηθεί για να παράγει κύτταρα μνήμης. Αποτέλεσμα αυτού σε περίπτωση μελλοντικής μόλυνσης του οργανισμού από το ίδιο αντιγόνο είναι ο οργανισμός να δώσει πρωτογενή ανοσολογική απόκριση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Χορήγηση εμβολίου

Οι μαθητές/τριες σχηματίζουν όρθιοι και πάλι έναν κύκλο που αναπαριστά τον οργανισμό τους, κρατώντας ο ένας το χέρι του άλλου. Ο συντονιστής-εκπαιδευτικός βρισκόμενος μέσα στον κύκλο επιλέγει ως αντιγόνο έναν από τους μαθητές/τριες που προηγουμένως δεν είχε υποδυθεί το ρόλο του αντιγόνου.

Στη συνέχεια ο συντονιστής-εκπαιδευτικός εξηγεί ότι το εμβόλιο περιέχει νεκρούς ή αδρανοποιημένους μικροοργανισμούς. Το εμβόλιο εισάγεται στον οργανισμό ώστε να ενεργοποιηθεί η πρωτογενής ανοσολογική απόκριση και ο οργανισμός να παράγει κύτταρα μνήμης χωρίς να ασθενήσει. Για αυτό το λόγο ο μαθητής/τρια-αντιγόνο εισάγεται στον κύκλο με ενδοφλέβια ένεση. Αυτή τη φορά στον κύκλο εισέρχεται ένας μαθητής με μεσομορφικό σωματότυπο για να υποδυθεί το μακροφάγο. Ο ρόλος του μαθητή-μακροφάγου στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι εύκολος μιας που ο αντίπαλος του είναι αδρανοποιημένος. Τη συγκεκριμένη στιγμή εισέρχεται στον κύκλο ο μαθητής/τρια-επικεφαλής-T-Λεμφοκύτταρο με σκοπό να ανακρίνει το μαθητή/τρια-αντιγόνο ώστε να ομολογεί ποιος είναι και να αναφέρει την πύλη από την οποία εισήλθε στον οργανισμό.

Στον κύκλο σε αυτό το σημείο εισέρχεται ο μαθητής/τρια-B-Λεμφοκύτταρο και παράλληλα μαζί με αυτό ο μαθητής/τρια-πλασματοκύτταρο και ο μαθητής/τρια-μνήμη. Ο μαθητής/τρια-πλασματοκύτταρο επιλέγει πέντε μαθητές/τριες για να υποδυθούν τα αντισώματα. Οι μαθητές/τριες-αντισώματα εισέρχονται στον κύκλο συνδέονται με το μαθητή/τρια-αντιγόνο όπως το κλειδί με την κλειδαριά και τον πετούν έξω από τον κύκλο. Ο μαθητής/τρια-μνήμη έχει τη δυνατότητα να θυμάται το μαθητή/τρια-αντιγόνο που προσέβαλε τον οργανισμό σε περίπτωση που μολύνει εκ νέου τον οργανισμό στο μέλλον.

Στο τέλος ο συντονιστής-εκπαιδευτικός εξηγεί ότι όλη η διαδικασία που παρουσιάστηκε μέχρι την παραγωγή αντισωμάτων διαρκεί περίπου τρεις μέρες, χρόνος ικανός, για τα αντιγόνα να πολλαπλασιαστούν και να προκαλέσουν τα συμπτώματα της ασθένειας αλλά αυτό δεν γίνεται γιατί τα αντιγόνα ήταν νεκρά ή αδρανοποιημένα, δηλαδή ανέκανα να πολλαπλασιαστούν. Ο οργανισμός με αυτό τον τρόπο απέκτησε ανοσία στο συγκεκριμένο αντιγόνο εφόσον διαθέτει πλέον κύτταρα μνήμης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Ερευνητικά ερωτήματα

Είναι γεγονός ότι το μάθημα της Βιολογίας αποτελείται από πληθώρα εννοιών με δυσκολία στην κατανόηση και αφομοίωση τους από τους μαθητές/τριες. Σε μια προσπάθεια αντιμετώπισης των παραπάνω δυσκολιών καθώς και σε μια προσπάθεια οι μαθητές/τριες να αποκτήσουν θετική στάση και ενδιαφέρον στο μάθημα της Βιολογίας παρουσιάστηκε η ανάγκη ανεύρεσης νέων τρόπων διδασκαλίας του μαθήματος. Εύλογα, λοιπόν, τίθενται ερωτήματα αν και κατά πόσο το παιχνιδι ρόλων συμβάλει στη μετάδοση γνώσεων και την κατανόηση εννοιών της Βιολογίας με απλό και ουσιαστικό τρόπο προωθώντας ταυτόχρονα την ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης μαθητών/τριών. Επίσης, κατά πόσο έννοιες και διαδικασίες του αμυντικού συστήματος μπορούν να οπτικοποιηθούν με τη βοήθεια του παιχνιδιού ρόλων.

Συζήτηση και αξιολόγηση της δραστηριότητας

Η συζήτηση και η αξιολόγηση πραγματοποιείται τη δεύτερη διδακτική ώρα μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας κατά την οποία οι συμμετέχοντες μαθητές/τριες σχολιάζουν τις ενέργειες και τους διαλόγους που έγιναν κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας. Ο εκπαιδευτικός-συντονιστής βοηθά στη διαδικασία με συγκεκριμένες ερωτήσεις, έτσι ώστε οι μαθητές/τριες να μπορούν να συνοψίζουν τις ενέργειες που παρατήρησαν και να είναι ικανοί να κάνουν πρόβλεψη των πιθανών αποτελεσμάτων των ενεργειών αυτών.

Στο τέλος δίνεται ερωτηματολόγιο με 9 δομημένες ερωτήσεις τις οποίες οι μαθητές/τριες καλούνται να διαβάσουν οι ίδιοι/ες και να απαντήσουν γραπτά ώστε να ελεγχθεί η επίτευξη των μαθησιακών στόχων της δραστηριότητας. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και την στατιστική τους επεξεργασία έγινε χρήση και αξιοποίηση του υπολογιστικού προγράμματος Excel.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

Η επεξεργασία των απαντήσεων δείχνει ότι η πλειοψηφία των μαθητών/τριών κατανόησαν σε μεγάλο βαθμό το μηχανισμό της ανοσολογικής απόκρισης και πλήρως τότε και για ποιο λόγο χορηγείται το εμβόλιο και ο ορός. Συγκεκριμένα, όλοι οι μαθητές/τριες (100%) πρόβλεψαν ότι κατά την πρωτογενή ανοσολογική απόκριση ένα άτομο ασθενεί, ενώ κατά τη δευτερογενή ανοσολογική απόκριση δεν ασθενεί γιατί διαθέτει μνήμη. Είκοσι μαθητές/τριες (87%) απάντησαν σωστά στην ερώτηση για το τι περιέχει το εμβόλιο και τι ο ορός, ενώ το 100% αντιλήφθηκε τότε χορηγείται ο ορός και τότε το εμβόλιο. Δεκαοκτώ μαθητές/τριες (78%) κατανόησαν ότι τα αντισώματα παράγονται για να δράσουν εξειδικευμένα μόνο κατά των αντιγόνων για τα οποία παράχθηκαν ενώ δεκατρείς μαθητές/τριες (56%) κατάφεραν να γράψουν τις κατηγορίες των λεμφοκυττάρων και να τις αντιστοιχίσουν με τη λειτουργία τους. Στην ερώτηση ποιο κύτταρο από όλα που συμμετέχουν στη πρωτογενή ανοσολογική απόκριση θεωρείται σπουδαιότερο, έντεκα μαθητές/τριες (48%) δήλωσαν τα μακροφάγα. Για να αιτιολογήσουν την απάντηση τους αναφέρθηκαν στη δυσκολία και στη σπουδαιότητα του ρόλου τους, καθώς και στη σημαντικότητα που έχουν στην άμυνα του οργανισμού.

Οι μαθητές/τριες που δεν πέτυχαν τις ορθές απαντήσεις υποστήριξαν ότι οι έννοιες που τους παρουσιάστηκαν μέσα στο σύντομο χρονικό διάστημα που διαρκεί μια διδακτική ώρα ήταν πολλές με δύσκολες ονομασίες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι μαθητές/τριες να μην προφτάσουν να απομνημονεύσουν πλήρως όλες τις διαδικασίες και τα ονόματα των κυττάρων που συμμετέχουν στην ανοσολογική απόκριση ενός οργανισμού, μειώνοντας σημαντικά με τον τρόπο αυτόν, την ικανότητα τους να απαντήσουν ορθά σε συγκεκριμένες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που τους δόθηκε. Οι συμμετέχοντες μαθητές/τριες πρότειναν, ότι καλό θα ήταν, την επόμενη φορά που θα πραγματοποιηθεί η δραστηριότητα να βελτιωθεί ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές/τριες θα μπορούσαν να αναγνωρίσουν τους πρωταγωνιστές και τις διαδικασίες του λαμβάνουν χώρα κατά την ανοσολογική απόκριση. Πρότειναν την χρήση καπέλων με διαφορετικό

χρώμα για κάθε είδους κύτταρο που συμμετέχει στην ανοσολογική απόκριση με ταμπελάκι στο οποίο θα αναγράφεται το όνομα τους και τη χρήση αμάνικων μπλουζών διαφορετικού χρώματος για τα αντιγόνα και τα αντισώματα.

Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι στη συζήτηση που έγινε πριν τους δοθεί το ερωτηματολόγιο υπήρξε έντονη επιθυμία από τη μεριά των μαθητών/τριών να γίνουν και άλλες τέτοιου είδους εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Οι λόγοι δε που καταγράφηκαν στις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο είναι δυνατόν να ενταχθούν σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι ότι οι μαθητές γίνονται πρωταγωνιστές της μαθησιακής διαδικασίας και δεν είναι παθητικοί αποδέκτες της διδακτέας ύλης, η δεύτερη ότι η διδακτική ώρα πέρασε ευχάριστα μιας που όλοι έπαιξαν και διασκέδασαν και η τρίτη ότι οι δυσνόητες διδασκόμενες έννοιες μπόρεσαν να κατανοηθούν με ευκολότερο τρόπο μέσα από το παιχνίδι.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα από την εφαρμογή της τεχνικής του παιχνιδιού ρόλων στη διδασκαλία της Βιολογίας είναι ενθαρρυντικά. Ο Αρλαπάνος, (2013) εφάρμοσε την παραπάνω διδακτική μέθοδο μέσα στη σχολική τάξη εισπράττοντας θετική ανταπόκριση από τους μαθητές. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει πληθώρα ερευνών σχετικά με το ρόλο που διαδραματίζει το παιχνίδι ρόλων στη μαθησιακή διαδικασία σε θεωρητικό επίπεδο, ωστόσο εντοπίζεται κενό στην πρακτική εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθόδου διδασκαλίας σε διδακτικές ενότητες του μαθήματος της Βιολογίας αξιοποιώντας ταυτόχρονα το αύλειο χώρο του σχολείου. Οι μαθητές/τριες κατάφεραν να απεγκλωβιστούν από τα στενά περιθώρια της σχολικής τάξης και να νιώσουν ελεύθεροι, αλληλεπιδρώντας μεταξύ τους, να εκφραστούν χωρίς το φόβο της κριτικής, να επικοινωνήσουν, να πειραματιστούν, να επαναπροσδιορίσουν τις σκέψεις τους, να διερευνήσουν, να προβλέψουν, να ερμηνεύσουν, να διατυπώσουν υποθέσεις και να προτείνουν λύσεις προβλημάτων. Το παιχνίδι ρόλων τους γέμισε ενθουσιασμό ο οποίος πυροδότησε έμμεσα το ενδιαφέρον τους για τη μαθησιακή διαδικασία και το ίδιο το μάθημα. Η ανάλυση των απαντήσεων έδειξε ότι η πλειοψηφία των μαθητών/τριών κατανόησε το μηχανισμό και τις βασικές λειτουργίες της ειδικής άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού και τον τρόπο με τον οποίο προλαμβάνεται ή αντιμετωπίζεται μια ασθένεια. Ιδιαίτερα εντυπωσιακά ήταν τα αποτελέσματα ως προς το βαθμό κατανόησης των δυσνόητων διδασκόμενων εννοιών. Επίσης έγινε ξεκάθαρο ότι οι αμυντικοί μηχανισμοί του ανθρώπινου οργανισμού δρουν ως σύστημα και ότι ο οργανισμός μας διαθέτει και παράγει το καλύτερο φάρμακο, το οποίο δρα εξειδικευμένα χωρίς να προκαλεί παρενέργειες, δηλαδή τα αντισώματα. Είναι αξιοσημείωτο, ότι μετά από κάθε τέτοια διδακτική ενότητα, που πραγματοποιείται μέσω του παιχνιδιού, παρατηρείται ένας ευδιάκριτος τόνος χαράς στα πρόσωπα των μαθητών/τριες, που φεύγουν ενθουσιασμένοι γυρνώντας τις επόμενες μέρες στο σχολείο με ευχαρίστηση την οποία εκφράζουν όχι μόνο λεκτικά, αλλά και έμπρακτα επιδεικνύοντας ζήλο για τη μαθησιακή διαδικασία. Επίσης, επιβεβαιώθηκε ότι το παιχνίδι ρόλων ως τεχνική διδασκαλίας συνδυάζει την ενεργητική συμμετοχή των μαθητών με τη συνεργατική και βιωματική μάθηση στα πλαίσια μιας

εκπαιδευτικής δραστηριότητας που απεικονίζει μια πραγματική κατάσταση, η οποία στην προκειμένη περίπτωση είναι ο μηχανισμός ενεργοποίησης και δράσης της ειδικής άμυνας του ανθρώπινου οργανισμού.

Στα μελλοντικά σχέδια περιλαμβάνεται η επανάληψη της δραστηριότητας με τη χρήση της πειραματικής μεθόδου σε όμοιες ομάδες μαθητών, ως προς το επίπεδο των γνώσεων, ώστε να υπάρξουν συγκρίσιμα αποτελέσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αντωνιάδης, Α. (1994). *Το παιχνίδι*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Αρλαπάνος, Γ. (2013). Διδάσκοντας ανθρωπολογία με παιχνίδι ρόλων. Στο Ε. Μαυρικάκη, Π. Στασινάκης & Χ. Ζαχόπουλος (Επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Η Βιολογία στην Εκπαίδευση». Αθήνα 29-30 Νοεμβρίου 1 Δεκεμβρίου 2013. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών. Ανακτημένο στις 17-09-2016 από τον δικτυακό τόπο <http://2synedrio.pev.gr/wp-content/uploads/2015/04/praktika-synedrio-ekpaideusi-biologia-2013.pdf>
- Βοσνιάδου Σ. (2001). *Πώς μαθαίνουν οι μαθητές*. Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης, Διεθνές Γραφείο Εκπαίδευσης της UNESCO: Gutenberg.
- Κανίδης, Ε. (2005). Η Τεχνική Διδασκαλίας «Παιχνίδι Ρόλων» και η Εφαρμογή της στη Διδασκαλία του Αλγορίθμου Ταξινόμησης των Στοιχείων Πίνακα. Στο Α. Τζιμογιάννης (Επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «*Διδακτική της Πληροφορικής*». Κόρινθος 7-9 Οκτωβρίου 2005. Κόρινθος: Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου. Ανακτημένο στις 30-06-2016 από τον δικτυακό τόπο <http://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe808.pdf>
- Καραντζής, Ι. (2011). *Ο δάσκαλος στη σχολική τάξη*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
- Kernan, M. (2007). Play as a Context for Early Learning and Development. Ανακτημένο στις 30-05-06 από το δικτυακό τόπο <http://goo.gl/yyeY8k>.
- Maxim, G.W. (1989). *The very young child* (3rd ed.) Englewood Cliffs, NJ: Merrill/Prentice-Hall.
- McSharry, G. & Jones, S. (2000). Role-play in science teaching and learning, *School Science Review*, Sept., 82(298), p.p.73-82.
- Meckley, A. (2002). Observing children's play: Mindful methods. Paper presented to the International Toy Research Association, London, 12 August 2002.
- Σιβροπούλου, Ρ. (1998). *Η οργάνωση και ο σχεδιασμός του χώρου στο πλαίσιο του παιχνιδιού*. Αθήνα: Πατάκης.
- Taylor, C. A. (1987). *In science education and information transfer*. Oxford: Pergamon.
- Walberg, H. & Paik, S. (2000). Effective educational practices, International academy of education, International Bureau of Education – IBE Unesco, Educational practices series 3. Ανακτημένο στις 20-06-2016 από τον δικτυακό τόπο http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/edu-practices_03_gr.pdf

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Διδακτικές προτάσεις για τα Μαθηματικά

Διδακτική πρόταση για μέτρηση αποστάσεων με τη βοήθεια του Pro-bot.

Αναστασία Ρεβύθη¹, Θεόδωρος Κομινέας² &
Κωνσταντίνος Ζαχάρος³

¹ Department of Early Childhood Education, University of Patras, 26500 Rion-Patras, Greece, revythi@upatras.gr

² Department of Early Childhood Education, University of Patras, 26500 Rion-Patras, Greece, tkomineas@upatras.gr

³ Department of Early Childhood Education, University of Patras, 26500 Rion-Patras, Greece, zacharos@upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της παρούσας διδακτικής πρότασης είναι η προσέγγιση της διαδικασίας της μέτρησης με τη βοήθεια του τεχνολογικού εργαλείου Pro-Bot, του οποίου το «βήμα» χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης. Για τις ανάγκες της διδακτικής παρέμβασης, χρησιμοποιήθηκε ένα επικοινωνιακό πλαίσιο με παιγνιώδη χαρακτήρα αλλά και μια σειρά από συνολικά τρεις δραστηριότητες (ψυχολογικής προετοιμασίας, διδασκαλίας και εμπέδωσης) με τη μορφή σεναρίου.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μέτρηση μήκους, Pro-Bot, προσχολική ηλικία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη συγκεκριμένη διδακτική πρόταση θα μας απασχολήσουν δυο διδακτικά αντικείμενα τα Μαθηματικά και Πληροφορική, που θα συντελέσουν στην ανάπτυξη ενός παιδαγωγικού πλαισίου σχετικά με την μέτρηση και σύγκριση μήκους. Τα παιδιά από μικρή ηλικία πραγματοποιούν προσπάθειες, είτε κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού τους, είτε με οργανωμένες δραστηριότητες, σύγκρισης διαφόρων φυσικών υλικών ως προς κάποια μετρήσιμα χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα το μήκος. Για το λόγο αυτό στα περισσότερα αναλυτικά προγράμματα προσχολικής ηλικίας, το μήκος εμπεριέχεται ως μια μαθηματική έννοια, την οποία θα πρέπει να διδαχθούν τα παιδιά.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ο Ζαχάρος (2007, 2015) τονίζει ότι κατά τη διαδικασία της μέτρησης τα παιδιά προσχολικής ηλικίας ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν αυθαίρετες μονάδες μέτρησης με σκοπό να καταλάβουν τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται. Ο βασικός στόχος σε

αυτό το στάδιο της μέτρησης, δεν είναι τόσο η ακρίβεια της μέτρησης όσο η ανάπτυξη και κατανοήση της διαδικασίας μέτρησης.

Επιπλέον, σημειώνεται πως μια σωστή διαδικασία μέτρησης του μήκους οφείλει να δίνει έμφαση στα εξής σημεία (Ζαχάρος, 2015, Zacharos, & Kassara, 2012) :

1. στην κατάλληλη επιλογή της μονάδας μέτρησης
2. στην επανάληψη της επιλεγμένης μονάδας μήκους πάνω στο μετρούμενο μέγεθος
3. στην αρχή της κάθε μονάδας ώστε να συμπίπτει με το τέλος της προηγούμενης
4. στην επικάλυψη (νοητή ή φυσική) όλου του μετρούμενου μήκους με την επιλεγμένη μονάδα.

Η επιλογή ως εργαλείου μέτρησης του Pro-Bot, πραγματοποιήθηκε λόγω της ευκολίας του χειρισμού του καθώς και της ελκυστικής εμφάνισής του. Οι περιπλανητές, είναι ιδιαίτερα δημοφιλής τα τελευταία χρόνια όχι μόνο λόγω της ευκολίας της χρήσης τους αλλά και για το γεγονός ότι είναι συμβατοί με το πρόγραμμα σπουδών και ειδικότερα με τις έννοιες του προσανατολισμού (εμπρός, πίσω, δεξιά, αριστερά), της απόστασης (μακριά, κοντά) και της μέτρησης.

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Παρόλο που υπάρχει ένα μεγάλο μέρος της ερευνητικής κοινότητας που έχει στραφεί στη διερεύνηση των ρομποτικών παιχνιδιών όπως το Pro-Bot, για διδακτικούς λόγους, υπάρχει περιορισμένη έρευνα στη διερεύνηση στη χρήση τεχνολογίας για τα παιδιά προσχολικής ηλικίας στα αρχικά στάδια της μαθηματικής τους ανάπτυξης (Yelland, 2005). Αρκετές έρευνες οι οποίες εστιάζει σε εργαλεία βασισμένα σε θόνες και στη χρήση της τεχνολογίας ως εργαλεία αναπαράστασης, υποδεικνύουν ότι η τεχνολογία βασισμένη σε υπολογιστές έχει προοπτική να αυξήσει την ανάπτυξη των παιδικών αναπαραστάσεων πάνω στη μαθηματική σκέψη (Highfield, & Mulligan, 2007). Παλιότερες έρευνες οι οποίες βασίστηκαν στη γλώσσα LOGO για την ανάπτυξη της μαθηματικής κατανόησης έχουν αρκετούς παραλληλισμούς με τα σύγχρονα προγραμματιζόμενα παιχνίδια. Στις περιπτώσεις αυτές τα παιδιά προγραμματίζουν μια «χελώνα» να κινηθεί με τη χρήση αλφαριθμητικών συμβόλων ως είσοδο για οδηγίες. Αυτά τα παιχνίδια προσφέρουν ένα πιο απτή, φιλική και λιγότερο αφηρημένη εισαγωγή στον προγραμματισμό.

Η γενικότερη τάση στις σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις αφορά την επιδίωξη τους να αντλήσουν παραδείγματα από τον «πραγματικό» κόσμο των μαθητών, να λάβουν υπόψη τα ενδιαφέροντα τους και να βασιστούν σε διαθεματικό χαρακτήρα. Η εκπαιδευτική ρομποτική συγκεντρώνει το ερευνητικό ενδιαφέρον κυρίως μέσα από το παιδαγωγικό ρεύμα της γλώσσας προγραμματισμού Logo. Ως παιδαγωγική προσέγγιση εγγράφεται στο πλαίσιο του κλασικού εποικοδομισμού και ειδικότερα στον κατασκευαστικό εποικοδομισμό.

Τα ρομπότ χρησιμοποιούνται ως ένα μέσο διδασκαλίας μεθόδων επίλυσης προβλημάτων, αποτελώντας μια ευχάριστη και ενδιαφέρουσα ενασχόληση παρέχοντας παράλληλα μια απλή και διδακτική διεπαφή. Οι μαθητές τα αντιμετωπίζουν περισσότερο

ως παιχνίδι, παρά ως εργαλεία μάθησης καθώς η πλειοψηφία τους τα χρησιμοποιεί για διασκέδαση. Η πτυχή του παιχνιδιού που παρέχουν, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα θετικού κινήτρου. (Κόμης, 2005)

Οι περιπλανητές (roamers) χαρακτηρίζονται συνήθως ως προγραμματιζόμενα παιχνίδια τύπου Logo και βρίσκουν ιδιαίτερη εφαρμογή στην προσχολική και την πρώτη σχολική ηλικίας. Τα προγραμματιζόμενα αυτά ρομπότ, έχουν προκαθορισμένες δυνατότητες από τον κατασκευαστή τους σχετικά με τις λειτουργίες που επιτελούν. Υπάρχει η δυνατότητα συνήθως, με την βοήθεια μαρκαδόρου που τοποθετείται σε ειδικά διαμορφωμένη θέση, να καταγράφεται το ίχνος κατά τη μετακίνησή τους. Ο χρήστης με ένα σύνολο εντολών που εισάγει με τη βοήθεια κουμπιών, σχεδιάζει τη διαδρομή του ρομπότ. Με τον τρόπο αυτό, επιπρόσθετα βελτιώνεται η ικανότητα επίλυσης προβλήματος και προάγεται η ικανότητα χωρικού προσανατολισμού (Μισιρλή & Κόμης, 2014).

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Βασικός σκοπός της διδακτικής πρότασης που παρουσιάζεται είναι η εμπλοκή των παιδιών με δραστηριότητες έμμεσων συγκρίσεων χρησιμοποιώντας ως μονάδα μέτρησης το βήμα του Pro-Bot.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Στα πλαίσια της διδακτικής ενότητας που παρουσιάζεται, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα σύνολο από 3 δραστηριότητες, οι οποίες συγκροτούν ένα σενάριο.

Δραστηριότητα 1 - Εξοικείωση με το υλικό

Η παρούσα δραστηριότητα πραγματοποιείται στην «γωνιά της παρευούλας» με την ολομέλεια των παιδιών. Αρχικά προτείνεται μια σύντομη εισήγηση προκειμένου τα παιδιά να γνωρίσουν τον τρόπο χειρισμού του Pro-Bot, με σκοπό να εξοικειωθούν με τις λειτουργίες κατεύθυνσης και κίνησης του ρομπότ και εν συνεχεία γίνεται μια προσπάθεια ανίχνευσης των γνώσεων των παιδιών με ερωτήσεις σχετικά με βασικές έννοιες προσανατολισμού και τρόπους μέτρησης αποστάσεων. Ακολουθεί η ενασχόληση των παιδιών με το Pro-Bot και δίνεται έμφαση στο σταθερό του βήμα (25 εκατοστά) που θα λειτουργήσει ως μονάδα μέτρησης στη συνέχεια της δραστηριότητας. Τέλος πραγματοποιείται η σύγκριση δυο διαδρομών που αποτελούνται από κομμάτια χαρτονιών. Ενδεικτικά οι ερωτήσεις που πραγματοποιούνται είναι οι εξής:

1^η ΕΡΩΤΗΣΗ: Ξέρετε τι σημαίνει το δεξιά, αριστερά, μπροστά και πίσω;

2^η ΕΡΩΤΗΣΗ: Πώς μπορούμε να μετρήσουμε πόσο μεγάλη είναι μια διαδρομή;

3^η ΕΡΩΤΗΣΗ: Μπορείτε να μετρήσετε τη διαδρομή που θέλουμε με το Pro-Bot; Πόσα βηματάκια έκανε;

4^η ΕΡΩΤΗΣΗ: Ποια διαδρομή είναι μεγαλύτερη;

Δραστηριότητα 2 - Διδασκαλίας

Στη δραστηριότητα αυτή πραγματοποιείται η σύγκριση τεσσάρων διαδρομών με σκοπό την εύρεση της μεγαλύτερης.

Σε πρώτη φάση παρουσιάζεται η διήγηση μιας ιστορίας στην οποία συμμετέχουν τέσσερα αυτοκίνητα, όπου το καθένα ακολουθεί διαφορετική διαδρομή. Τα παιδιά καλούνται να μετρήσουν το μήκος των διαδρομών ώστε να αποφανθούν αν οι διαδρομές είναι ίσες. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο χάρτης της πόλης χωρισμένος σε τετράγωνα διαστάσεων 25*25 εκατοστών και τα παιδιά χωρίζονται σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων, όπου η καθεμιά θα πρέπει να μετρήσει τη διαδρομή του αντίστοιχου αυτοκίνητου σύμφωνα με την κάρτα διαδρομής που της έχει δοθεί. Κάθε παιδί της ομάδας κατέχει συγκεκριμένο ρόλο και θα πρέπει να συνεργαστεί με τα υπόλοιπα μέλη για την πραγματοποίηση της μέτρησης. Έπειτα ακολουθεί η συμπλήρωση του πίνακα αποτελεσμάτων των μετρήσεων με σκοπό τη σύγκριση των διαδρομών. Ενδεικτικά ερωτήσεις που πραγματοποιούνται για κάθε διαδρομή είναι οι παρακάτω:

1^η ΕΡΩΤΗΣΗ: Μπορείτε να μετρήσετε την διαδρομή με το Pro-Bot;

2^η ΕΡΩΤΗΣΗ: Τι οδηγίες θα δώσουμε για τη διαδρομή αυτή; (Μπροστά, δεξιά, αριστερά)

3^η ΕΡΩΤΗΣΗ: Μπορείς να γράψεις τον αριθμό των βημάτων στην κάρτα καταγραφής;

4^η ΕΡΩΤΗΣΗ: Τελικά οι διαδρομές είναι ίσες; Ποια είναι η μεγαλύτερη;

Δραστηριότητα 3 – Εμπέδωσης

Στην τρίτη δραστηριότητα, το κάθε παιδί πραγματοποιεί μια σειρά μετρήσεων ατομικά, στην προσπάθειά του να αναδείξει το νικητή ενός αγώνα καταγράφοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε ένα φύλλο εργασίας. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στην παρούσα φάση είναι υποστηρικτικός και παρεμβαίνει όπου η διαδικασία του το απαιτεί, κυρίως βοηθώντας στη διαδικασία προγραμματισμού του Pro- Bot.

Συγκεκριμένα ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στο κάθε παιδί μια ιστορία στην οποία κατά την εξέλιξη ενός αγώνα, συμβαίνουν κάποια ατυχή περιστατικά με αποτέλεσμα οι οδηγοί να εγκαταλείπουν τον αγώνα σε διαφορετικά σημεία της πίστας χωρίς να καταφέρνει κανένας να φτάσει ως τον τερματισμό. Το κάθε παιδί καλείται να μετρήσει την απόσταση που έχει διανύσει κάθε αυτοκίνητο, με τη βοήθεια του Pro-Bot, ώστε να αναδείξει τον τελικό νικητή.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η διδακτική μας πρόταση έχει υλοποιηθεί σε ένα ευχάριστο περιβάλλον μάθησης με τη βοήθεια ενός τεχνολογικού εργαλείου. Οι προτεινόμενες δράσεις θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν εναλλακτικά με τη βοήθεια άλλων αυθαίρετων μονάδων μέτρησης (πατούσα, ξυλάκια, μολύβι) ωστόσο επιλέχθηκε το βήμα του Pro-Bot καθώς με τη βοήθεια του δίνεται η δυνατότητα αξιοποίησης νέων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία, συντελώντας στην εξοικείωση των παιδιών στην χρήση τεχνολογικών εργαλείων μέσα από δραστηριότητες που τους προσελκύουν το ενδιαφέρον.

Η παραπάνω διδακτική πρόταση υλοποιήθηκε σε μια τάξη νηπιαγωγείου στην περιοχή της Πάτρας και συμμετείχαν 16 παιδιά. Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης των δραστηριοτήτων, πραγματοποιήθηκαν ηχογραφήσεις αλλά και ημι-δομημένες ατομικές ή ομαδικές συνεντεύξεις. Μετά την ολοκλήρωση του σεναρίου, η πλειονότητα των συμμετεχόντων ήταν σε θέση να συγκρίνει διαδρομές διαφορετικού μήκους καθώς και να φέρει σε πέρας μετρήσεις χρησιμοποιώντας ως αυθαίρετη μονάδα μέτρησης το «βήμα» του Pro-Bot μέσα από το συγκεκριμένο πλαίσιο οργανωμένων δραστηριοτήτων. Παράλληλα όλα τα παιδιά ήταν σε θέση να οδηγήσουν το ρομπότ στη διαδρομή που επιθυμούσαν «βήμα-βήμα» χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα κουμπιά κατεύθυνσης. Οι τρεις προτεινόμενες δράσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια τριών συνεχόμενων ημερών από 45 λεπτά τη μέρα, χρόνος που κρίνεται επαρκής για να φέρουν σε πέρας με επιτυχία τις δραστηριότητες.

Θα παρουσίαζε ενδιαφέρον η συστηματικότερη συλλογή δεδομένων καθώς και η πραγματοποίηση του σεναρίου σε μεγαλύτερο δείγμα παιδιών, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο η εισαγωγή του Pro-Bot ευνοεί τη διδασκαλία για την ανάπτυξη της ικανότητας των παιδιών για τη σύγκριση μηκών σε σχέση με παραδοσιακότερες προτάσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Highfield, K. & Mulligan, J.T. (2007). The role of dynamic interactive technological tools in preschoolers' mathematical patterning. In J. Watson, J. & Beswick, K. (Eds.), *Proceedings of the 30th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia*, Vol 1, pp.372-381. Adelaide: MERGA Inc.
- Misirli, A., & Komis, V. (2014). Robotics and programming concepts in early childhood education: A conceptual framework for designing educational scenarios. In *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 99-118). Springer New York.
- Yelland, N. (2005). The future is now: A review of the literature on the use of computers in early childhood education. *Association for the Advancement of Computing in Education*, 13(3), 201-232.
- Zacharos, K. & Kassara, G. (2012). The development of practices for measuring length in preschool education. *Skholé*, 17, 97-103
- ΔΕΠΠΣ (Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών) (2007), Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
- Ζαχάρος, Κ. (2007). Οι μαθηματικές έννοιες στην Προσχολική Εκπαίδευση και η διδασκαλία τους. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Ζαχάρος, Κ. (2015). *Η Μαθηματική Δραστηριότητα στην Προσχολική Εκπαίδευση Θεωρητικές Προσεγγίσεις και Πρακτικές Εφαρμογές*, Καμπύλη, Αθήνα (2^η έκδοση).
- Κόμης, Β. (2005). Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Διερευνητική προσέγγιση (investigative approach) στα μαθηματικά. Μια διδακτική πρόταση.

Χαράλαμπος Μπαμπαρούτσος

Δρ. Πανεπιστημίου Αθηνών, hababar04@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μέσα από τη διαμόρφωση και την πραγματοποίηση διερευνητικών εργασιών, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να συνδέσουν τις μαθηματικές δεξιότητες που απέκτησαν στην τάξη με την πραγματική ζωή, εφαρμόζοντάς τις σε «πραγματικές» περιστάσεις επικοινωνίας. Επιπλέον τα μαθηματικά συνδέονται με άλλα διδακτικά αντικείμενα (διαθεματικότητα). Οι μαθητές μαθαίνουν να συνεργάζονται και να αλληλεπιδρούν, να δημιουργούν μόνοι τους γνωστικά σχήματα που οδηγούν σε βαθιά κατανόηση, να αυτοαξιολογούνται και να παράγουν έργο. Τέλος, η χρήση απλών τεχνολογικών μέσων και υπολογιστικών εργαλείων συνεισφέρει στον τεχνολογικό εγγραμματισμό των μαθητών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διερευνητική προσέγγιση (investigative approach), επίλυση προβλημάτων (Polya), διδακτικά εργαλεία, αξιολόγηση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία είναι μια διδακτική πρακτική άμεσα εφαρμόσιμη στη σχολική τάξη και εντάσσεται στο πλαίσιο της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών.

Παρουσιάζονται διάφορα μαθηματικά εργαλεία και όχι μόνο, που κυκλοφορούν ελεύθερα στο διαδίκτυο, προσφέρουν στο δάσκαλο τα εφόδια που χρειάζεται έτσι ώστε να βοηθήσει αποτελεσματικότερα τους μαθητές του να δημιουργήσουν γνωστικά σχήματα που αφορούν τις μαθηματικές έννοιες, Επιπλέον η μαθηματική γνώση γίνεται ελκυστικότερη, πιο κατανοητή και προσβάσιμη από όλους.

Σε κάθε περίπτωση, η παρουσίαση θα δώσει έμφαση στην καθημερινή εφαρμογή στην τάξη και στα οφέλη που αποκομίζουν οι μαθητές και οι δάσκαλοι από τις δραστηριότητες αυτές. Η χρήση της τεχνολογίας είναι περιορισμένη σε ρεαλιστικά πλαίσια και θα παρουσιαστούν πραγματικά παραδείγματα κι εφαρμογές.

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Με τον όρο αυτόν εννοούμε τη δημιουργία δραστηριοτήτων (investigations) μέσω προβληματικών καταστάσεων στις οποίες έχουμε ενσωματώσει τη μαθηματική γνώση που θέλουμε να προσεγγίσουν οι μαθητές. Οι δραστηριότητες αυτές, αν και έχουν ως

κεντρικό άξονα τα μαθηματικά, μπορούν να έχουν διαθεματική διάσταση, βοηθώντας τους μαθητές να αναδείξουν εκτός από τις γνώσεις τους, τις κλίσεις και τις δεξιότητες τους σε διαφορετικούς γνωστικούς τομείς.

Στους μαθητές δίνεται μια προβληματική κατάσταση, η οποία έχει σχέση με την καθημερινή ζωή και την εμπειρία τους. Καλούνται να εργαστούν σε ομάδες συλλέγοντας στοιχεία, να τα οργανώσουν, να τα ταξινομήσουν και να τα επεξεργαστούν. Από αυτή τη διαδικασία προκύπτει ένα τελικό αποτέλεσμα το οποίο αξιολογείται από τη μαθητική κοινότητα. Έχει την ευκαιρία να χρησιμοποιήσει τις μαθηματικές του γνώσεις, αλλά συγχρόνως να δημιουργήσει νέα γνωστικά σχήματα που αφορούν τα μαθηματικά. Έτσι, αφενός τα μαθηματικά συνδέονται με την εμπειρία και την πραγματική ζωή μέσα από ένα πλαίσιο μάθησης που προσομοιάζει την πραγματικότητα, αφετέρου η μαθηματική γνώση προκύπτει ως ανάγκη.

Εκτός όμως από τα μαθηματικά, οι μαθητές μπορούν να εμπλακούν με δραστηριότητες που αναφέρονται σε διαφορετικούς γνωστικούς τομείς, όπως την παραγωγή επικοινωνιακού λόγου, ή την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η προφορική επικοινωνία. Επίσης, μαθαίνουν να συνεργάζονται, να καταλήγουν σε συμπεράσματα και να αυτοαξιολογούνται.

Αυτού του είδους οι δραστηριότητες μπορούν να οργανωθούν με πολύ απλά καθημερινά μέσα, ενώ η χρήση του Η/Υ μπορεί να προσφέρει ένα εύκολο και γρήγορο εργαλείο οργάνωσης. Η διάρκεια μπορεί να καθοριστεί από το δάσκαλο, καθώς και ο βαθμός εμπλοκής με άλλα γνωστικά αντικείμενα.

Ενδεικτικά αναφέρεται πως η μεθοδολογία που ακολουθείται για την επίλυση προβλημάτων (Polya) είναι η εξής:

Κατανόηση του προβλήματος. Επινόηση ενός σχεδίου Εκτέλεση του σχεδίου Ανασκόπηση

Για καθένα από αυτά τα βήματα αυτά προσφέρεται ένα πλήθος εργαλείων που θα παρουσιαστεί στους εκπαιδευτικούς που θα παρακολουθήσουν την παρουσίαση.

Η παρουσίαση σε κάθε μια από τις πέντε ομάδες θα ξεκινά με μια αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο της δραστηριότητας, τα προσδοκώμενα οφέλη, τις δράσεις της οργάνωσης κλπ. Θα ακολουθεί ένα φύλλο εργασίας στο οποίο θα παρουσιάζεται συγκεκριμένο παράδειγμα και βιοματικό εργαστήριο. Τα υλικά κάθε δραστηριότητας θα είναι πολύ απλά, καθημερινά. Η χρήση Η/Υ θα είναι τέτοια, ώστε απ' τη μια να είναι ουσιώδης κι απ' την άλλη να είναι προσιτή για κάθε εκπαιδευτικό. Τέλος δίνεται το φύλλο αξιολόγησης του μαθητή που περιλαμβάνει τις ενότητες: Έρευνα- συλλογή στοιχείων, Συνεργασία, Παρουσίαση, Χρήση μαθηματικών.

Οι δραστηριότητες ανά ομάδα είναι:

Τάξη/Ομάδα	Θέμα	Σύντομη περιγραφή
Α' και Β'	Το μαγαζάκι της τάξης	Οι μαθητές αναλαμβάνουν ρόλους αγοραστή και πωλητή. Υπολογίζουν με ευρώ, παίρνουν ομαδικές αποφάσεις και σχεδιάζουν δράσεις, διαφημίζουν τα προϊόντα τους.
Γ'	Κινηματογράφος-θέατρο	Αυτή η δραστηριότητα απαιτεί από τους μαθητές να ασχοληθούν με υπολογισμούς σε ευρώ, να αποκτήσουν αντίληψη του χώρου και να διερευνήσουν βασικές γεωμετρικές έννοιες, να μάθουν για μονάδες μέτρησης του χρόνου και να ασχοληθούν με στερεά. Επιπλέον μπορούν να ασχοληθούν με τα κειμενικά είδη περιγραφή και αφήγηση.
Δ'	Συσκευασίες	Οι μαθητές θα ερευνήσουν τις συσκευασίες που χρησιμοποιούν στο σπίτι. Θα γνωρίσουν τις μονάδες μέτρησης, θα συγκρίνουν μεγέθη κλπ. Θα υπολογίσουν συνιστώμενες ποσότητες για τρόφιμα και φάρμακα. Επιπλέον θα ασχοληθούν με τον κατευθυντικό λόγο.
Ε'	Περιβάλλον	Υπολογισμός μηνιαίου κόστους σε καύσιμα, υπολογισμός κατανάλωσης, ρύπανσης με απλά υπολογιστικά εργαλεία. Υπολογισμός μέσου όρου, δημιουργία απλών γραφημάτων.
Στ'	Διοργάνωση Εκδήλωσης	Η μαθητική κοινότητα διοργανώνει μια γιορτή για φιλανθρωπικούς σκοπούς. Οι μαθητές πρέπει να υπολογίσουν το κόστος, τον αριθμό των προσκλήσεων που θα πουλήσουν ώστε να έχουν κέρδος. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους στις εξισώσεις, ώστε να δημιουργήσουν μαθηματικούς τύπους υπολογισμού. Θα εμπλακούν επίσης σε απλά προβλήματα γεωμετρίας. Επιπλέον μπορούν να ασχοληθούν με περιγραφή και κατευθυντικό λόγο.

Κάθε ερευνητική δραστηριότητα, από τη Γ΄ τάξη και πάνω, συνοδεύεται από ένα φύλλο αυτοαξιολόγησης με το οποίο τα παιδιά καλούνται να βαθμολογήσουν την εργασία τους με συγκεκριμένα κριτήρια. Το ίδιο αυτό φύλλο είναι οδηγός για τον εκπαιδευτικό.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο νέο διαμορφούμενο εκπαιδευτικό και κοινωνικό γίγνεσθαι οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες απαιτείται να γνωρίζουν και να είναι σε θέση ταυτόχρονα να αξιοποιήσουν ένα εύρος σύγχρονων παιδαγωγικών στρατηγικών (π.χ. διερευνητική, συνεργατική μάθηση, κλπ.), ώστε να εμπλουτίσουν τη μαθησιακή διαδικασία και να μεγιστοποιήσουν τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα (Morton, 2012). Τα τελευταία χρόνια αρκετές μελέτες που έχουν διεξαχθεί τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, έχουν αναδείξει τη διερευνητική μάθηση (Inquiry Based Learning) ως μια από τις πολλά υποσχόμενες παιδαγωγικές προσεγγίσεις για τη βελτίωση της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά (Minner et al., 2010; Bolte et al. 2012). Ωστόσο για να μπορέσουν οι εκπαιδευτικοί να υιοθετήσουν τη διερευνητική μάθηση ως δυναμική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών και Μαθηματικών επιστημών είναι σημαντικό να κατανοήσουν και να αποσαφηνίσουν τη διαδικασία δημιουργίας της επιστημονικής γνώσης (Morrison, 2013). Όπως Αναφέρουν οι Ratcliffe & Millar (2009) η αλλαγή στις διδακτικές πρακτικές των εκπαιδευτικών δεν απαιτεί μόνο χρόνο αλλά και σημαντική υποστήριξη (π.χ. επιμόρφωση, σεμινάρια, κλπ), κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό, ακόμα και κίνητρα επαγγελματικής ανάπτυξης που θα ενθαρρύνουν την πρακτική εφαρμογή των καινοτόμων προσεγγίσεων.

ΠΗΓΕΣ

<http://www.bbc.co.uk/bitesize/ks1/maths/multiplication/play/>
<http://www.bbc.co.uk/bitesize/ks1/maths/division/play/>
http://www.bbc.co.uk/bitesize/ks1/maths/telling_the_time/play/
<http://www.bbc.co.uk/bitesize/ks2/maths/number/> www.ohiallokarvouno.gr
<http://www.allaboutenergy.gr/CO2Emissions.html>
<http://www.seaa.gr/sites/seaa/files/CO2%20Guide%202012.pdf>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anthony, G. (1996). Active learning in a constructive framework. *Educational Studies in Mathematics*, 31, 349-369.
- Bouvier. A. (1987, Νοέμβριος). Μάθηση – Διδασκαλία – Επιμόρφωση. *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας*, Αθήνα.
- Hunting, R. P. (1987). Issues shaping school Mathematics Curriculum development in Australia. *The Australian Journal of Education*. 27(1), 45-61.
- Θωμαΐδης, Γ. (1999). Μια επισκόπηση ερευνών για τη διδασκαλία των Μαθηματικών στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. *Ερευνητική διάσταση της Διδακτικής των Μαθηματικών*, 4, 112-132.

- Κεϊσογλου, Σ. (1999, Νοέμβριος). Ο Καντ και τα θεμέλια των σύγχρονων κατασκευαστικών απόψεων για τη διδακτική των μαθηματικών. *Πρακτικά 16^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας*, Λάρισα.
- Κλαουδάτος, Ν. (1999). Τι σημαίνει για τη Μαθηματική Εκπαίδευση «Ενεργητική Στάση ως προς τα Μαθηματικά;». *Επιθεώρηση Επιστημονικών και Εκπαιδευτικών Θεμάτων*. Α(2), 62-77.
- Κλαουδάτος, Ν. (2000). Η διδασκαλία των Μαθηματικών με πραγματικά προβλήματα και εφαρμογές – που βρισκόμαστε σήμερα. *Πρακτικά 17^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας*, Αθήνα.
- Κολέζα, Ε. (1997). Ο ρόλος των δραστηριοτήτων στη διδασκαλία των μαθηματικών. *Πρακτικά 14^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας*, Μυτιλήνη.
- Minner, D., Levy, A., Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, pp 474–496.
- Morrison. J. (2013). Scientists' participation in teacher professional development: the impact on fourth to eighth grade teachers' understanding and implementation of inquiry science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11 (6), 1351-1368.
- Morrison G., Ross S., & Kemp J. (2007). *Designing Effective Instruction*, (5th ed), Wiley.
- Morton, T. (2012). Classroom talk, conceptual change and teacher reflection in bilingual science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 28 (1), pp 101-110.
- Μπαρκάτσας, Α. (1999). Η θεωρία της Κατασκευής της Γνώσης (Constructivism) και ο ρόλος της στη μαθησιακή διαδικασία και στη διδακτική των Μαθηματικών. *Ερευνητική διάσταση της Διδακτικής των Μαθηματικών*, 4, 136-153.
- Οικονόμου, Π., & Τζεκάκη, Μ. (1999). Στάσεις, αντιλήψεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία των Μαθηματικών. *Ερευνητική διάσταση της Διδακτικής των Μαθηματικών*, 4, 37-65.
- Ράπτης, Α., & Ράπτη, Α. (1998). *Πληροφορική και Εκπαίδευση – Συνολική Προσέγγιση*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Ratcliffe, M., & Millar, R. (2009). Teaching for understanding of science in context: Evidence from the pilot trials of the twenty first century science courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 945–959.
- Steffe, L. P. (1991). *Epistemological foundations of mathematical experience*. New York: Springer-Verlag.
- Υπουργείο Παιδείας. (1997). *Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Μαθηματικών*.
- von Glaserfeld, E. (Ed.) *Radical constructivism in mathematics education*. Dordrecht: Kluwer.

Τέσσερις δραστηριότητες για την ανάπτυξη της αλγεβρικής σκέψης στην πρωτοσχολική ηλικία

Αναστασία Γκουλγκούτη¹ & Ξένια Βαμβακούση²

¹ Π.Τ.Ν Πανεπιστήμιου Ιωαννίνων, ngoulgouti@yahoo.gr

² Π.Τ.Ν Πανεπιστήμιου Ιωαννίνων, xvamvak@cc.uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε 4 δραστηριότητες σχετικά με τις επαναλαμβανόμενες κανονικότητες στην πρωτοσχολική ηλικία, εστιάζοντας σε δύο στόχους οι οποίοι θεωρούνται θεμελιώδεις για την ανάπτυξη της αλγεβρικής σκέψης: α) ο εντοπισμός της μονάδας επανάληψης και β) η σύνδεση του κάθε όρου της κανονικότητας με τη θέση του.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κανονικότητες, αλγεβρική σκέψη, πρωτοσχολικά μαθηματικά

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της αλγεβρικής σκέψης σε παιδιά προσχολικής και πρωτοσχολικής ηλικίας αποτελεί στόχο των αναλυτικών προγραμμάτων διεθνώς. Για την επίτευξη αυτού του στόχου σημαντική θεωρείται η συστηματική ενασχόληση με τις κανονικότητες και, ιδιαίτερα, με αυτές που προκύπτουν από την επανάληψη μιας (σύνθετης) μονάδας από στοιχεία, γνωστές και ως «επαναλαμβανόμενα μοτίβα» (Τζεκάκη, 2010). Προς αυτή την κατεύθυνση κινούνται και τα ελληνικά προγράμματα σπουδών, τουλάχιστον όπως διαφαίνεται από το πιο πρόσφατο (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011) που τελεί σε πιλοτική εφαρμογή. Σε αυτό αναγνωρίζεται για πρώτη φορά ρητά η αξία των κανονικοτήτων στην ανάπτυξη της αλγεβρικής σκέψης.

Ωστόσο, η αξιοποίηση των κανονικοτήτων με αυτό το στόχο προϋποθέτει κατάλληλο διδακτικό χειρισμό από την/τον εκπαιδευτικό (Clements & Sarama, 2009; Κυλάφης, 2009). Όσον αφορά στις επαναλαμβανόμενες κανονικότητες, υπάρχουν δύο ζητήματα που θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικά: ο εντοπισμός της μονάδας επανάληψης και η σύνδεση του κάθε όρου της κανονικότητας με τη θέση του (Βαμβακούση & Καλδυμίδου, 2015; Economopoulos, 1998; Κυλάφης, 2009; Rivera & Becker, 2011; Papic et al., 2011; Τζεκάκη, 2010). Τα δύο παραπάνω επιτρέπουν την περιγραφή μιας κανονικότητας με εστίαση στη δομή της και όχι στα επιφανειακά της χαρακτηριστικά, καθώς και τη διατύπωση του κανόνα που τη διέπει με σταδιακά όλο και πιο γενικεύσιμους τρόπους, οι οποίοι μπορούν να οδηγήσουν σε μεγαλύτερες ηλικίες και στην αλγεβρική τυποποίηση του κανόνα.

Τα παιδιά της πρωτοσχολικής ηλικίας συνήθως περιγράφουν μια επαναλαμβανόμενη κανονικότητα (π.χ. της μορφής ABAB...) ακολουθώντας μια «ρυθμική» προσέγγιση (π.χ. απαγγέλλοντας κόκκινο-πράσινο, ...), ή παρατηρώντας τοπικά τη διαδοχή των όρων (π.χ. μετά το κόκκινο είναι το πράσινο, ...). Τέτοιες περιγραφές δεν προϋποθέτουν απαραίτητα ότι έχει εντοπιστεί ο κανόνας (Κυλάφης, 2009). Προκειμένου τα παιδιά να εστιάσουν στη δομή της κανονικότητας, απαιτείται συστηματική υποστήριξη από την/τον εκπαιδευτικό, που πρέπει αφενός να γνωρίζει κατάλληλους τρόπους περιγραφής της κανονικότητας και, αφετέρου, να είναι σε θέση να τους διαχειριστεί διδακτικά. Αυτό φαίνεται να αποτελεί σημαντική πρόκληση για τις/τους εκπαιδευτικούς (Βαμβακούση & Καλδρυμίδου, 2015). Επομένως, υπάρχει ανάγκη σχεδιασμού κατάλληλου διδακτικού υλικού για τις κανονικότητες στις μικρές τάξεις, που θα μπορούν να αξιοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΣΧΟΛΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε τέσσερις δραστηριότητες, που εστιάζουν στον εντοπισμό της μονάδας επανάληψης και στη σύνδεση του κάθε όρου της κανονικότητας με τη θέση του. Οι δραστηριότητες αυτές σχεδιάστηκαν για τις ανάγκες των εργαστηρίων ενός πανεπιστημιακού μαθήματος Διδακτικής των Μαθηματικών. Εδώ παρουσιάζεται η αναθεωρημένη εκδοχή τους, με αλλαγές που ενσωματώθηκαν μετά από αξιολόγηση της εφαρμογής των δραστηριοτήτων από τις φοιτήτριες στην πρακτική τους άσκηση (Βαμβακούση & Καλδρυμίδου, 2015). Οι δραστηριότητες είναι, όσο μπορούμε να γνωρίζουμε, πρωτότυπες, με την εξαίρεση την 4^η που αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Κυλάφης, 2009). Οι δραστηριότητες αυτές μπορούν να πραγματοποιηθούν στο νηπιαγωγείο, την Α' και τη Β' τάξη, με κατάλληλη διαφοροποίηση του επιπέδου δυσκολίας των εμπλεκόμενων κανονικοτήτων.

1^η Δραστηριότητα

Στόχοι

- Αναγνώριση-Συνέχιση Κανονικότητας
- Διαφοροποίηση κανονικότητας από τυχαία σειρά όρων
- Κατασκευή κανονικότητας με επανάληψη της μονάδας
- Εισαγωγή λεξιλογίου (επανάληψη, μοτίβο, κανόνας)

Στην πρώτη φάση της δραστηριότητας η/ο εκπαιδευτικός καλεί τα παιδιά να παρατηρήσουν τι θα κάνει. Εισάγει ένα απλό ηχητικό μοτίβο με μονάδα επανάληψης δύο στοιχείων (ABAB..., π.χ. ένα χτύπημα με τα χέρια, ένα χτύπημα χεριών στα πόδια), το οποίο επαναλαμβάνει τουλάχιστον τρεις φορές. Σταματά και ζητά από τα παιδιά να συνεχίσουν. Ζητά από τα παιδιά να εξηγήσουν πώς κατάλαβαν πως έπρεπε να συνεχίσουν. Αξιοποιεί και επαναδιατυπώνει τις λεκτικές περιγραφές των παιδιών για να εισάγει τους όρους «κανόνας», «επανάληψη» και «μοτίβο» (π.χ. *Βρήκατε τον κανόνα μου! Ένα παλαμάκι, ένα χτύπημα στα πόδια, και πάλι από την αρχή. Το επαναλαμβάνουμε όσες φορές θέλουμε. Φτιάξαμε ένα μοτίβο!*). Η διαδικασία επαναλαμβάνεται με μονάδα επανάληψης τριών ή περισσότερων στοιχείων. Οι προηγούμενοι όροι επαναχρησιμοποιούνται (π.χ. *Θα*

φτιάξω τώρα ένα άλλο μοτίβο. Μπορείτε να βρείτε τον κανόνα μου και να συνεχίσετε; Ποιο είναι το κομμάτι που επαναλαμβάνεται;).

Μετά από ικανό πλήθος επαναλήψεων, η/ο εκπαιδευτικός ζητά από τα παιδιά να συνεχίσουν μια τυχαία σειρά ήχων. Καθώς ανακύπτει το πρόβλημα (π.χ. τα παιδιά δεν μπορούν να συνεχίσουν ή κάθε παιδί συνεχίζει με το δικό του τρόπο) η/ο εκπαιδευτικός προτρέπει τα παιδιά να εξηγήσουν γιατί συμβαίνει αυτό.

Στη δεύτερη φάση της δραστηριότητας, η/ο εκπαιδευτικός δίνει τη μονάδα επανάληψης και ζητά από τα παιδιά να την επαναλάβουν π.χ. 10 φορές. Στην τρίτη φάση, κάθε παιδί καλείται α) να «παίξει» ένα μοτίβο, ώστε να συνεχίσουν τα υπόλοιπα, ή β) να διαλέξει μια μονάδα επανάληψης και να ζητήσει από τα υπόλοιπα παιδιά να την επαναλάβουν όσες φορές επιλέξει.

2^η Δραστηριότητα

- Στόχοι**
- Ανάλυση-σύνθεση κανονικότητας σε μονάδες επανάληψης
 - Περιγραφή με χρήση της μονάδας και της θέσης του όρου
 - Κατασκευή κανονικότητας

Στην πρώτη φάση της δραστηριότητας, η/ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει το πλακόστρωτο της Εικόνας 1 σε μια λωρίδα χαρτιού. Πρόκειται για επαναλαμβανόμενη κανονικότητα της μορφής ABAABA.... Τα σχέδια μπορούν να γίνουν με μελανοσφραγίδες. Δίνει στα παιδιά ικανό αριθμό από κάρτες Πλακάκι 1-4 (βλ. Εικόνα 1). Τους ζητά να διαλέξουν το πλακάκι με το οποίο πιστεύουν ότι κατασκευάστηκε το πλακόστρωτο και στη συνέχεια να ελέγξουν αν η επιλογή τους είναι σωστή, κατασκευάζοντας πλακόστρωτο με το πλακάκι που διάλεξαν.

Εικόνα 1: Παράδειγμα υλικού για τη Δραστηριότητα 2

Πλακόστρωτο



Στη δεύτερη φάση ο/η εκπαιδευτικός δίνει στα παιδιά ικανό αριθμό κενών καρτών, μελανοσφραγίδες δύο χρωμάτων και κάθε παιδί (ή ομάδα παιδιών) κατασκευάζει το δικό του πλακάκι (μονάδα επανάληψης) και αντίγραφά του. Τέλος, συνθέτουν το πλακόστρωτο. Ο/η εκπαιδευτικός καλεί τα παιδιά να περιγράψουν πώς έφτιαξαν το πλακάκι τους και πόσες φορές το επανέλαβαν. Προτρέπει τα παιδιά να χρησιμοποιήσουν το πλήθος των όρων και τη θέση του κάθε όρου για να περιγράψουν το πλακάκι τους (π.χ. Έχει 2 λουλούδια. Το πρώτο λουλούδι είναι μαύρο. Το δεύτερο λουλούδι είναι άσπρο. Το πλακάκι επαναλαμβάνεται 5 φορές).

3^η Δραστηριότητα

- Στόχοι**
- Αναγνώριση-εύρεση λάθους σε επαναλαμβανόμενη κανονικότητα
 - Σύνδεση του όρου της κανονικότητας με τη θέση του

Η/Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τη φωτογραφία ενός κομπολογιού που κάποιος έφτιαξε με βάση ένα μοτίβο και είναι έτοιμος να το δέσει και να το δωρίσει (Εικόνα 2). Πριν το δέσει, ζητά να ελεγχθεί αν το έχει φτιαχτεί σωστά. Τα παιδιά καλούνται να ελέγξουν την κανονικότητα εξηγώντας πού έχει γίνει λάθος. Ο/Η εκπαιδευτικός αφήνει τα παιδιά να προτείνουν τρόπους, αξιοποιώντας τις προτάσεις τους, επαναδιατυπώνοντας και εισάγοντας κατάλληλη ορολογία (π.χ. *Σε ποια θέση έχει γίνει το λάθος;*). Αν δεν προκύψει από τα παιδιά, μπορεί η ίδια να εισάγει την ιδέα της αρίθμησης των όρων της κανονικότητας (π.χ. *Μήπως η τρίτη χάντρα χαλάει το μοτίβο;*)

Εικόνα 2: Παράδειγμα υλικού για τη Δραστηριότητα 3



4^η Δραστηριότητα

- Στόχοι**
- Αναγνώριση-συνέχιση
 - Σύνδεση του όρου της κανονικότητας με τη θέση του
 - Γενίκευση του κανόνα -τυποποίηση

Η/Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει την εικόνα των βαγονιών ενός τρένου, που είναι αριθμημένα και χρωματισμένα σύμφωνα με ένα μοτίβο της μορφής ABAB... (όπως στην Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Παράδειγμα υλικού για τη Δραστηριότητα 3

1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	....	....	....	....	....	....	....	...	...	...	...	...	...

Στο επίπεδο του νηπιαγωγείου, μπορεί να ζητηθεί από τα παιδιά να προβλέψουν τι χρώμα θα έχει, για παράδειγμα, το 8^ο βαγόνι (σε ένα εύρος πλήθους βαγονιών στο οποίο να μπορούν να ελέγξουν εμπειρικά την πρόβλεψή τους). Στη συνέχεια, τίθεται το ερώτημα: *«Αν ένα βαγόνι είναι μαύρο, τι χρώμα έχει το προηγούμενό του; Τι χρώμα έχει το επόμενο του;»*.

Σε μεγαλύτερα παιδιά, εξοικειωμένα με τους άρτιους και περιττούς αριθμούς, τίθεται επιπλέον το ερώτημα: *«Ποιο είναι το χρώμα του 20^{ου} βαγονιού; Μπορούμε να το βρούμε χωρίς να χρωματίσουμε και τα 20 βαγόνια.»* Αν δεν προταθεί από τα παιδιά, η/ο εκπαιδευτικός στρέφει την προσοχή τους στο γεγονός ότι στους περιττούς αριθμούς αντιστοιχεί το ένα χρώμα, ενώ στους άρτιους το άλλο. Στη συνέχεια, το ερώτημα επανατίθεται για ένα μεγαλύτερο αριθμό, ή τίθεται έτσι ώστε το ζητούμενο να είναι η θέση (π.χ. *Αν το τρένο έχει 40 βαγόνια, σε ποια θέση βρίσκεται το τελευταίο μαύρο βαγόνι;*).

Τέλος, ζητείται να διατυπωθεί ο κανόνας (αν ένα βαγόνι είναι σε θέση περιττού, τότε είναι μαύρο και αν είναι σε θέση άρτιου, τότε είναι γκρι).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα τελευταία χρόνια επισημαίνεται διεθνώς η αξία των κανονικοτήτων για την ανάπτυξη της αλγεβρικής και συναρτησιακής σκέψης παιδιών πρωτοσχολικής ηλικίας. Προκειμένου να αξιοποιηθούν οι ευκαιρίες που προσφέρει η ένταξη των κανονικοτήτων στα αναλυτικά προγράμματα των πρωτοσχολικών μαθηματικών, απαιτείται κατάλληλη διδακτική διαχείριση. Αυτό προϋποθέτει συστηματική υποστήριξη των εκπαιδευτικών. Προς αυτή την κατεύθυνση κινήθηκε η παρούσα εργασία, στην οποία παρουσιάστηκαν τέσσερις δραστηριότητες με στόχο τον εντοπισμό της μονάδας επανάληψης και τη σχέση μεταξύ του όρου της κανονικότητας με τη θέση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Clements, D. & Sarama, J. (2009). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. New York, NY: Erlbaum
- Economopoulos, K. (1998). What comes next? The mathematics of pattern in kindergarten. *Teaching children mathematics*. In U. Gellert (Ed), *Proceedings of the 55th annual conference of the Students and Teachers Using Didactic Materials*, 230-233. CIEAEM
- Papic, M. et. al. (2011). Assessing the Development of Preschoolers' Mathematical Patterning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 42(3), 237-268.
- Rivera, F. & Becker, J. (2011). Formation of pattern generalization involving linear figural patterns among middle school students: Results of a three-year study. In J. Cai & E. Knuth (Eds.), *Early algebraization: A global dialogue from multiple perspectives* (2), (pp. 323-366). New York, NY: Springer.
- Βαμβακούση, Ξ. & Καλδρυμίδου, Μ. (2015). Σχεδιασμός δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία κανονικοτήτων από μελλοντικές νηπιαγωγούς: δυσκολίες και προβλήματα. Στο Δ. Δεσλή, Ι. Παπαδόπουλος, Μ. Τζεκάκη, *Πρακτικά 6^ο Πανελληνίου Συνεδρίου: Μαθηματικά ΜΕ διάκριση και ΧΩΡΙΣ διακρίσεις* (pp. 208-217). Θεσσαλονίκη: Εν.Ε.Δι.Μ.
- Κυλάφης, Π. (2009). *Ο ρόλος των patterns στη μετάβαση από την αριθμητική στην άλγεβρα*. Αδημοσίευτη μεταπτυχιακή διατριβή. Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Αθηνών. Ανακτήθηκε από http://www.math.uoa.gr/me/dipl/dipl_kylafis.panagiotis.pdf
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011). Νέο Πρόγραμμα Σπουδών, Επιστημονικό πεδίο: Προσχολική-Πρώτη Σχολική Ηλικία (Β' μέρος). Ανακτήθηκε από <http://ebooks.edu.gr/info/newps>
- Τζεκάκη, Μ. (2010). *Μαθηματική εκπαίδευση για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζυγός.

Εκπαιδευτικό παιχνίδι: Ο Αρχιμήδης πάει κατασκήνωση!

Λυδία Μπαλωμένου¹ & Κωνσταντίνος Τάτσης²

¹Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, lydiampalw@gmail.com

² Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ktatsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ιστορία των Μαθηματικών μπορεί να αποτελέσει ισχυρό εργαλείο στη διδασκαλία τους. Επιπλέον, η χρήση παιγνιδιών δραστηριοτήτων μπορεί να ενισχύσει το γνωστικό αλλά και το συναισθηματικό επίπεδο των μαθητών. Η συγκεκριμένη εργασία είναι μία προσπάθεια να γεφυρωθούν τα δύο πεδία σε ένα παιχνίδι εμπνευσμένο από τη ζωή του Αρχιμήδη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαιδευτικό παιχνίδι, ιστορία των Μαθηματικών, Αρχιμήδης, επίλυση προβλημάτων

Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Για την αξιοποίηση της ιστορίας των Μαθηματικών στην τάξη έχουν διατυπωθεί επιχειρήματα θετικά και αρνητικά. Αρχής γενομένης από την οπτική που εναντιώνεται στη χρήση της ιστορίας των Μαθηματικών, θεωρείται πως ο χρόνος δεν είναι επαρκής ή πως ο χρόνος που θα αφιερωθεί στην ιστορία δαπανάται άσκοπα, πως οι μαθητές δεν δείχνουν ενδιαφέρον για τέτοιου διαστάσεις στο μάθημα των Μαθηματικών. Επιπλέον, υπάρχουν ενστάσεις για το σχετικό γνωστικό επίπεδο των διδασκόντων, τη θέληση να προσεγγίσουν με αυτόν τον τρόπο τη διδακτική των μαθηματικών και αμφιβολίες για την αποτελεσματικότητα της εν λόγω προσέγγισης (Siu, 2000). Από την άλλη πλευρά, υποστηρίζεται πως η χρήση ιστορικών δεδομένων μπορεί να έχει θετική επίδραση στην εκμάθηση των Μαθηματικών (Jankvist, 2010). Επιπροσθέτως, μία ιστορική αφήγηση βασισμένη σε ιστορικά στοιχεία μπορεί να λειτουργήσει αντιστικτικά, καθώς μπορεί να δώσει μία πιο θετική νότα στο «αυστηρό» μάθημα των Μαθηματικών, ενώ μπορεί να αποτελέσει μία διδακτική εργαλειοθήκη για τον εκπαιδευτικό: αποτελεί πηγή ιδεών για κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών, εμπνέει τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς για κατασκευή ελκυστικών προβλημάτων και προσφέρει γνώσεις, ικανές για να προβλέψουν και να ερμηνεύσουν παρανοήσεις.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται πως αφενός σε σχολικά και πανεπιστημιακά μαθήματα γίνεται συχνή αναφορά στην ιστορία των Μαθηματικών και, αφετέρου, η έρευνα σε εκπαιδευτικά θέματα ενσωματώνει θέματα από την ιστορία των μαθηματικών (Brating & Pejlare, 2015). Ωστόσο, υπάρχουν λίγες έρευνες που εστιάζουν στην

αποτελεσματικότητα της συγκεκριμένης πρακτικής, αν και πολλοί εκπαιδευτικοί συνηγορούν υπέρ της χρήσης της στην τάξη (Lim & Charman, 2015).

Κατά την εκπαιδευτική πράξη, η ιστορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως στόχος, είτε ως εργαλείο. Στην πρώτη περίπτωση, η ιστορία των Μαθηματικών βρίσκεται στο επίκεντρο της διδασκαλίας, ενώ στην τάξη ο δάσκαλος πραγματεύεται θέματα που σχετίζουν την ιστορία με τη φύση, το ρόλο και τη σημασία των Μαθηματικών. Με άλλα λόγια, στόχος του εκπαιδευτικού είναι να μυήσει τους μαθητές στην ιστορία των μαθηματικών και να θέσει προβληματισμούς και συζητήσεις. Σύμφωνα με τον Θωμαΐδη (2016), υπάρχουν οι εξής τρόποι ένταξης της ιστορία των Μαθηματικών στην τάξη:

- Αναφορά σε ιστορικά σημειώματα και ολιγόλεπτη συζήτηση στην τάξη.
- Δραστηριότητες με εκπαιδευτικό υλικό που έχει αντληθεί από την ιστορία των μαθηματικών.
- Μελέτη πρωτότυπων κειμένων από μαθητές (π.χ. κείμενα από τα Στοιχεία του Ευκλείδη).
- Οργάνωση του προγράμματος σπουδών σύμφωνα με τη γενετική μέθοδο, σύμφωνα με την οποία οι μαθηματικές έννοιες διδάσκονται με τη σειρά που κατασκευάστηκαν ιστορικά.

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Το παιχνίδι θεωρείται σήμερα πεδίο συνάντησης της επικοινωνίας, της πολυπλοκότητας, της λήψης αποφάσεων και του υποθετικοσυμπερασματικού συλλογισμού, στοιχεία απαραίτητα για την παιδική ηλικία και την ανάπτυξη του παιδιού (Σκουμπορδή & Καλαβάσης, 2007). Για την καλύτερη κατανόηση και οριοθέτηση του παιχνιδιού έχουν αναπτυχθεί ψυχολογικές, ψυχαναλυτικές, ανθρωπολογικές, κοινωνιολογικές και παιδαγωγικές θεωρίες (Σκουμπορδή & Καλαβάσης, 2009). Ο σχεδιασμός παιγνιδιών δραστηριοτήτων στην τάξη συμβάλλει στην καλλιέργεια γνωστικών και συναισθηματικών δεξιοτήτων των μαθητών, δημιουργεί ένα ευχάριστο κλίμα, ενισχύει τη συνεργασία των μαθητών και βοηθά στο να αντιμετωπίσουν οι μαθητές τα μαθηματικά πιο ενεργά και ευχάριστα, καθώς μέσω του παιχνιδιού χάνεται η «αυστηρότητα» των μαθηματικών που προκύπτει από την τυπική διδασκαλία. Η συγκεκριμένη εργασία είναι η προσπάθεια κατασκευής και εφαρμογής ενός παιχνιδιού που συνδέεται με την ιστορία των μαθηματικών μέσω του Αρχιμήδη.

«Ο ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΠΑΕΙ ΚΑΤΑΣΚΗΝΩΣΗ!»

Για τη διεξαγωγή του παιχνιδιού επιλέχθηκε ο Αρχιμήδης αφενός για την έκταση και ποιότητα του έργου του, αφετέρου γιατί ασχολήθηκε με σχήματα και στερεά που συναντούνται στην ύλη της πέμπτης και έκτης δημοτικού. Κρίθηκε απαραίτητο το έργο του μαθηματικού να είναι, εν μέρει, οικείο στα παιδιά. Το εν λόγω παιχνίδι, μπορεί να αποτελέσει δραστηριότητα που χρησιμοποιεί εκπαιδευτικό υλικό, αντλημένο από την ιστορία των μαθηματικών. Ο συγκεκριμένος τρόπος αναφοράς στην ιστορία των μαθηματικών κρίθηκε καταλληλότερος σε σχέση με τους υπόλοιπους που αναφέρθηκαν.

Ο στόχος του συγκεκριμένου παιχνιδιού είναι διττός. Πρώτον, να γνωρίσουν κάποια παιδιά τη ζωή του μεγάλου μαθηματικού και μέσα από δραστηριότητες, που θα αναλυθούν, να παίξουν με δραστηριότητες που αφορούν τη ζωή του. Δεύτερον, να εξεταστεί αν η ύπαρξη ενός ενιαίου υπόβαθρου, σχετικό με τη ζωή του Αρχιμήδη, θα βοηθούσε στην επίλυση προβλημάτων.

Το παιχνίδι μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ένα χώρο κατασκήνωσης. Διάσπαρτοι στο χώρο υπάρχουν οχτώ σταθμοί από τους οποίους θα περάσουν οι οχτώ ομάδες παιδιών με σκοπό να πραγματοποιήσουν δοκιμασίες και να αυξήσουν τους πόντους τους. Κάθε ομάδα ακολουθεί δική της, μοναδική πορεία, για να περάσει από τους οχτώ σταθμούς. Οι διαδρομές είναι σχεδιασμένες με τρόπο που να μην συνυπάρχουν δύο ομάδες σε έναν σταθμό και όλες οι ομάδες να περνούν από όλους τους σταθμούς.

Σε κάθε σταθμό, οι ομάδες θα έχουν 12', για να εκτελέσουν μία κινητική δοκιμασία και να επιλύσουν 2-4 προβλήματα Μαθηματικών, επιλύσιμα από παιδιά των τριών τελευταίων τάξεων του δημοτικού. Τα αριθμητικά αποτελέσματα συνιστούν έναν μήνυμα που θα τους οδηγήσει στον επόμενο σταθμό. Για να «διαβάσουν» το μήνυμα, τα παιδιά θα χρησιμοποιήσουν τον κώδικα που τους έχει δοθεί. Σε περίπτωση που τελειώσει ο χρόνος και δεν έχει αποκρυπτογραφηθεί το μήνυμα, η υπεύθυνη του σταθμού θα ενημερώσει τα παιδιά για τον επόμενο σταθμό.

Η ειδοποιός διαφορά έγκειται στο ότι τέσσερις ομάδες θα αντιμετωπίσουν τα προβλήματα με βάση τη ζωή του Αρχιμήδη, ενώ για τις υπόλοιπες τέσσερις δεν θα υπάρχει συγκεκριμένο πλαίσιο. Η διαφοροποίηση γίνεται, για να ελεγχθεί η ύπαρξη ή μη διαφοράς στην επίδοση. Στις ομάδες που θα ασχοληθούν με τον Αρχιμήδη θα έχει γίνει αφήγηση για τη ζωή του και προβολή ενός βίντεο. Στο τέλος, θα συγκεντρωθούν και πάλι οι ομάδες που βασίστηκαν στον Αρχιμήδη για συζήτηση και αντιστοίχιση. Στην αντιστοίχιση αυτή θα πρέπει να ταιριάζουν τα οχτώ σημεία της ζωής του Αρχιμήδη με τους οχτώ σταθμούς. Σημειώνεται, πως οι οχτώ κινητικές δοκιμασίες παραπέμπουν σε σημεία της ζωής του. Η αντιστοίχιση στοχεύει στην εξυπηρέτηση μεταγνωστικών ζητημάτων: *αν μάθαμε κάτι, πού το συναντήσαμε κλπ.*

1. Η πρώτη δοκιμασία πραγματοποιείται στη θέση «αλογάκι» και διαρκεί περίπου 5 λεπτά: από έναν υπαίθριο χώρο τα παιδιά θα πρέπει να συλλέξουν τα κομμάτια ενός παζλ και να το φτιάξουν (εικόνα ενός πατέρα με το γιο του). *Παραπέμπει σε πληροφορίες για το οικογενειακό περιβάλλον.*
2. Η δεύτερη δοκιμασία πραγματοποιείται στη θέση «γήπεδο»: το κάθε παιδί με κλειστά μάτια διασχίζει το γήπεδο με εμπόδια, έχοντας την καθοδήγηση των συμπακτών του. Στόχος είναι να φτάσει στην καρέκλα και να καθίσει. *Παραπέμπει στους δασκάλους και καθοδηγητές του.*
3. Η τρίτη δοκιμασία πραγματοποιείται στη θέση «εκκληράκι»: τα παιδιά θα πρέπει να φτιάξουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα βάσει γραπτών οδηγιών. *Παραπέμπει στις εφευρέσεις του.*
4. Η τέταρτη δοκιμασία πραγματοποιείται στη θέση «σιτάκι 4»: τα παιδιά θα πρέπει να λύσουν ένα σταυρόλεξο με ιστορικό περιεχόμενο. *Παραπέμπει στο πατριωτικό του σθένος.*

5. Η πέμπτη δοκιμασία πραγματοποιείται στη θέση «πάνω τουαλέτες»: τα παιδιά προσπαθούν να αδειάσουν τις λεκάνες από το νερό, χωρίς να το χύσουν. *Παραπέμπει στην ανακάλυψη της άνωσης στο λουτρό του.*
6. Η έκτη δοκιμασία πραγματοποιείται στη θέση «κυπαρίσσια»: τα παιδιά κρατιούνται χέρι χέρι, σχηματίζοντας μια αλυσίδα, και μεταφέρουν κύκλους με τα πόδια τους. Ο τελευταίος τοποθετεί τον κύκλο σε έναν κώνο. Η δοκιμασία περατώνεται όταν όλοι οι κύκλοι τοποθετηθούν στον κώνο. *Παραπέμπει στο τέλος του και στα τελευταία του λόγια.*
7. Η έβδομη δοκιμασία πραγματοποιείται στη θέση «τραπεζαρία»: με κρυμμένες στο χώρο λέξεις, τα παιδιά κατασκευάζουν μια διήγηση. *Παραπέμπει στο συγγραφικό του έργο.*
8. Η όγδοη δοκιμασία πραγματοποιείται στη θέση «κούνιες»: τα παιδιά θα πρέπει να τοποθετήσουν με σωστό τρόπο γράμματα σε αντίστοιχους φακέλους (χάρτης Ελλάδας). *Παραπέμπει στην αλληλογραφία που ανέπτυξε, κυρίως με τον Ερατοσθένη.*

Ενδεικτικά προβλήματα:

- α. Για την παρέλαση του σχολείου, οι 64 μαθητές τοποθετήθηκαν σε 16 σειρές. Πόσοι μαθητές είναι σε κάθε σειρά; (Απ: 4)
- β. Στο συγκεκριμένο σχολείο υπάρχουν 12 τμήματα με 25 μαθητές το καθένα. Πόσοι είναι συνολικά οι μαθητές; (Απ: 300)
- γ. Κάθε εποχή το σχολείο διοργανώνει 5 εκδρομές. Πόσες εκδρομές κάνει το χρόνο το σχολείο; (Απ: 15)
- δ. Από τους μαθητές που παρέλασαν, οι 45 ήταν αγόρια. Πόσα ήταν τα κορίτσια; (Απ: 19)
- ε. Η κυρία Φρόσω θέλει να φτιάξει με τους μαθητές της χάρτινα λουλούδια. Οι μαθητές είναι 18 και ο κάθε μαθητής θα φτιάξει 4 λουλούδια. Πόσα θα φτιάξουν συνολικά; (Απ: 72)
- στ. Κάθε μαθητής θα χρειαστεί για την κατασκευή 4 κόκκινα και 3 πράσινα χαρτόνια Α4. Πόσα χαρτόνια θα αφήσει η κυρία Φρόσω σε κάθε θρανίο, αν στο θρανίο κάθονται 2 μαθητές; (Απ: 14)

Ενδεικτικά προβλήματα που σχετίζονται με τον Αρχιμήδη:

- α. Για να γράψει το βιβλίο του «Ψαμμίτης» ο Αρχιμήδης χρειάζεται μελάνι και περγαμινές. Με τη χρήση ενός μελανοδοχείου γράφει 16 περγαμινές, ενώ το βιβλίο του αποτελείται από 64. Πόσα μελανοδοχεία χρειάστηκε; (Απ: 4)
- β. Στην τελευταία περγαμινή του «Ψαμμίτη» ο Αρχιμήδης έγραψε μόνο 10 γραμμές. Κάθε γραμμή έχει 30 γράμματα. Πόσα γράμματα έχει συνολικά; (Απ: 300)
- γ. Κατά μέσο όρο θέλει 3 ώρες για να ολοκληρώσει μια περγαμινή. Κάθε μέρα γράφει 5 περγαμινές. Πόσες ώρες αφιερώνει καθημερινά στη συγγραφή; (Απ: 15)
- δ. Ένα αντίγραφο του «Ψαμμίτη» βρέθηκε να αποτελείται από 83 περγαμινές. Πόσες περισσότερες είναι; (Απ: 19)

ε. Ο Αρχιμήδης αποφάσισε να συναντήσει τον Ερατοσθένη και θέλει να πραγματοποιήσει ένα ταξίδι στην Ελλάδα. Έκανε στάση σε 4 πόλεις, και σε κάθε στάση αφιέρωσε 18 μέρες. Πόσες μέρες έμεινε στην Ελλάδα; (Απ: 72)

στ. Αν στην επιστροφή χρειάστηκε 3 παραπάνω μέρες, πόσες μέρες ήταν εν πλω; (Απ: 17)

ζ. Οι δύο φίλοι στις 18 μέρες που ήταν μαζί, κατανάλωσαν μία ποσότητα φαγητού. Αν ήταν μόνος του ο Ερατοσθένης, πόσες μέρες θα περνούσε με την ίδια ποσότητα φαγητού; (Απ: 36)

Αν και το παιχνίδι είναι σχεδιασμένο για κατασκήνωση, μπορεί να πραγματοποιηθεί και στο χώρο του σχολείου. Επίσης, δεδομένης της ίδιας ηλικιακής ομάδας παικτών, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κατάλληλα προβλήματα και το παιχνίδι να συντελεί και στην αξιολόγηση των μαθητών, ανάλογα με τον τρόπο και το χρόνο που θα το αξιοποιήσει ο δάσκαλος.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Brating, K. & Pejlare, J. (2015). On the relationship between historical epistemology and students' conceptual developments in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 89, 251-265.

Jankvist, U. (2010). An empirical study of using history as a 'goal'. *Educational Studies in Mathematics*, 74, 53-74.

Θωμάϊδης, Ι. (2016). *Σεμινάριο διδακτικής αξιοποίησης της Ιστορίας των Μαθηματικών*. Εισήγηση στην 8^η Μαθηματική Εβδομάδα, Θεσσαλονίκη.

Lim, S. & Chapman, E. (2015). Effects of using history as a tool to teach mathematics on students' attitudes, anxiety, motivation and achievement in grade 11 classrooms. *Educational Studies in Mathematics*, 90, 189-212.

Siu, M. K. (2000). The ABCD of using history of mathematics in the (undergraduate) classroom. (Original work published 1997). In V. Katz (Ed.), *Using History To Teach Mathematics: An International Perspective* (pp. 3-9). Washington, D.C.: Mathematical Association of America.

Σκουμπορδή, Χ. & Καλαβάσης, Φ. (2007). Σχεδιασμός ένταξης του παιχνιδιού στη μαθηματική εκπαίδευση για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία. *Θέματα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού*, 137-156.

Σκουμπορδή, Χ. & Καλαβάσης, Φ. (2009). Ο ρόλος του παιχνιδιού στη μαθηματική εκπαίδευση. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 47, 138-154.

Η εκμάθηση της προπαίδειας στην β΄ τάξη του δημοτικού σχολείου – Διδακτική πρακτική

Αγγελική Τσαμπουράκη¹

¹ Δασκάλα 12^{ου} Δημοτικού Σχολείου Κορίνθου, aggelikitsampouraki29@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδακτική πρακτική που προτείνεται αφορά την εκμάθηση της προπαίδειας στην β΄ τάξη δημοτικού. Οι μαθητές προσεγγίζουν σταδιακά την προπαίδεια του 6. Με αφορμή ένα πρόβλημα από το χώρο της φυσικής ιστορίας και δημιουργώντας εκπαιδευτικό υλικό οι μαθητές εργάζονται με διαφορετικές μεθόδους – τρόπους: με κατασκευές, χρώματα, μουσική, με κίνηση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκμάθηση προπαίδειας, φυσική ιστορία, εκπαιδευτικό υλικό, διαφορετικές μέθοδοι.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ζητούμενο στη σχολική τάξη είναι και η μαθηματική παιδεία – γραμματισμός των μαθητών, ώστε να γίνουν ικανοί να προσεγγίζουν πραγματικές καταστάσεις της ζωής, ολιστικά, αναπτύσσοντας ικανότητες εύρεσης πολλαπλών λύσεων και μοντελοποίησης, καλλιεργώντας μια θετική στάση όπως αυτή εκφράζεται ως “Μαθηματική προδιάθεση”, η οποία θα τους οδηγήσει να αντιληφθούν τα μαθηματικά ως χρήσιμα και ωφέλιμα στη ζωή όπου αυτά αναδύονται και λειτουργούν. Η φιλοσοφία της διδασκαλίας των μαθηματικών σύμφωνα με το νέο υλικό διαμορφώνει τους διδακτικούς στόχους ώστε να καταλιάνονται οι μαθητές με δραστηριότητες που έχουν νόημα για αυτούς (John A., Van de Walle, 2005). Επίσης η κατανόηση των μαθηματικών εννοιών και διαδικασιών σε περισσότερα πλαίσια και διαφορετικές οπτικές γωνίες παρέχει πολλαπλά οφέλη στους μαθητές, (Κολέζα, Ε.,2000).

ΜΑΘΑΙΝΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΠΡΟΠΑΙΔΕΙΑ

Μια από τις πιο βασικές γνώσεις που πρέπει να κατακτήσει ένας μαθητής του δημοτικού σχολείου είναι και αυτή της προπαίδειας. Πρώτη επαφή με την προπαίδεια οι μαθητές έχουν στο τέλος της α΄ δημοτικού, η συστηματική όμως διδασκαλία της γίνεται στη β΄ δημοτικού. Συχνό είναι το φαινόμενο μαθητές ακόμα και των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού σχολείου να δυσκολεύονται ή να μην γνωρίζουν την εφαρμογή της προπαίδειας και να κάνουν σημαντικά λάθη σε πολλαπλασιασμούς, διαιρέσεις ή στην

επίλυση προβλημάτων. Ο πολλαπλασιασμός διδάσκεται αρχικά σε συνάφεια με τη λειτουργία της πρόσθεσης π.χ. θα πάρω 5 πορτοκάλια και έπειτα άλλα 5 επομένως πήρα όλα μαζί, $5+5 = 10$, έχω ίδιο αποτέλεσμα αν πάρω 2 φορές 5 πορτοκάλια.

Στην τάξη μας, μια β' τάξη δημοτικού 24 μαθητών/τριών, προσεγγίσαμε την προπαίδια πολυτροπικά και πολυαισθητικά. Ξεκινώντας με αφορμή την ζωή των κορδαλλών και δημιουργώντας μικρά προβλήματα που απαντήσαμε με τη βοήθεια της προπαίδιας του 6. Η επιλογή αυτή έγινε όταν στην μουσική έμαθαν να τραγουδούν ένα παραδοσιακό της Δόμνας Σαμίου, το οποίο βοηθά τα παιδιά να μάθουν τους φυσικούς αριθμούς μέχρι το 10, και όπου αναφέρεται στον κορδαλλό με το όνομα "τσουτσουλιάνος", σ' ένα στίχο: ...6 αυγά ο τσουτσουλιάνος... . Με την αναρώτηση των μαθητών ποιο πουλί είναι αυτό ξεκινήσαμε να μαθαίνουμε τη ζωή του πτηνού δημιουργώντας μια δικιά μας ιστορία και χρησιμοποιώντας ως μέτρο – οδηγό, την προπαίδια του 6, μια που αυτή ήταν η νέα μας ενότητα των μαθηματικών. Έτσι δημιουργήσαμε μια ιστορία με πολλές εικόνες στο δάσος των κορδαλλών στον Κορδυλλία της Χωχαρούπας, (οι μαθητές επισκέπτονται αυτήν την φανταστική χώρα στο μάθημα της Γλώσσας). Εκεί για να πας π.χ. περνάς ένα βαθύ ποτάμι και για να είσαι ασφαλής πατάς στα βραχάκια που γράφονται τα σωστά αποτελέσματα της προπαίδιας του 6, επίσης οι θάμνοι που ζουν οι κορδαλλοί έχουν ένα σημάδι-αριθμό που αντιστοιχεί στην προπαίδια του 6, που είναι εξαπλάσιο ενός αριθμού ή πολλαπλάσιο του 6. Με τον ίδιο τρόπο τα παιδιά εξερευνούν ανεβαίνοντας ανεμόσκαλες όπου τα σωστά σκαλοπάτια πάντα είναι πολλαπλάσια του 6 και συνεχίζοντας κατά αυτόν τον τρόπο και με ότι άλλο οι ίδιοι οι μαθητές πρότειναν, μαθαίναμε την προπαίδια του 6.

Στη συνέχεια συζητήσαμε πως θα παρουσιάζαμε την προπαίδια του 6 με διαφορετικούς τρόπους τόσο σε σχέση με την ιστορία που δημιουργήσαμε όσο και με ότι υλικά ή ιδέες πρότειναν οι μαθητές. Σκεφτήκαμε όλες τις αριθμητικές παραστάσεις του βιβλίου όπως ότι η προπαίδια του 6 προκύπτει ως άθροισμα από τις προπαίδιας του 5 και του 1, είτε του 4 και του 2, είτε ως διπλάσιο της προπαίδιας του 3. Προβληματιστήκαμε πώς αυτά θα τα παρουσιάζαμε ως σχέδιο ή μοτίβο. Έπειτα άλλη ομάδα ήθελε απλά να δώσει τις εξάδες των αριθμών όπως αυτές προκύπτουν στην προπαίδια, ή να χρωματίσει σ' ένα πλαίσιο τετραγωνισμένο 10X10 μικρών τετραγώνων τα πολλαπλάσια του 1, 2, 3, 4, 5, 6 και να φαίνονται όλοι οι χρωματισμοί όταν προκύπτουν κοινά πολλαπλάσια, άλλοι θέλησαν να δημιουργήσουν ένα τραγούδι, ή ακόμη και χορευτικές κινήσεις πάντα με σκοπό να παρουσιάζεται η προπαίδια του 6 όπως π.χ. 6 παιδάκια, να 6 κεφαλάκια γυρνούν γύρω-γύρω, μια φορά το 6 , 6.

Στόχοι και Δραστηριότητες

Η τάξη χωρίστηκε σε ομάδες με όνομα μασκότ που επέλεξαν οι ίδιοι οι μαθητές και με το γενικό σκοπό να εργαστούμε πάνω στην προπαίδια του 6. Επιμέρους στόχοι ήταν η πολυτροπική ενασχόληση και η κιναισθητική παρουσίαση με δραστηριότητες που ευχαριστούσαν τους μαθητές και έδιναν ιδιαίτερο νόημα στις κατασκευές τους. Επίσης στόχος ήταν η ανάδειξη των ιδιοτήτων της πράξης του πολλαπλασιασμού καθώς και η διαθεματική προσέγγιση μέσα από τη γλώσσα, τη μουσική, το περιβάλλον.

Έτσι η πρώτη ομάδα που αποτελείτο από 4 μαθητές ασχολήθηκε με την κατασκευή βεντάλιας. Στην πρώτη βεντάλια σε κάθε φυλλαράκι έγραψαν τις εξάδες της προπαίδειας του 6: 1,2,3,4,5,6 στο πρώτο φύλλο με μεγάλο χρωματιστό μαρκαδόρο και καλλιγραφικά νούμερα, 7,8,9,10,11,12 στο δεύτερο κ.λ.π.. Σε άλλη βεντάλια παρουσίασαν τις δεκάδες των αριθμών μέχρι π.χ. το 120. Σε κάθε φυλλαράκι μια δεκάδα όπου τα πολλαπλάσια του 6 είχαν ξεχωριστό χρώμα και ήταν μέσα σε μια καρδούλα, ή ένα λουλουδάκι. Σε άλλη βεντάλια ξεχώριζαν τα πολλαπλάσια και του 2, και του 3 και του 6. Δεν υπήρχε όριο σε τι αριθμό θα φτάναμε άλλα μπορούσαμε να έχουμε και ένα αρκετά μεγάλο όπως το 120 μια που τα φυλλαράκια στις βεντάλιες έφταναν να είναι πολύ περισσότερα από 10, όπως γραφόταν μπροστά και πίσω.

Η δεύτερη ομάδα ασχολήθηκε να γράψει αριθμούς σε έτοιμα αστερία, σε αστερία το ένα μέσα στο άλλο με κοινό κέντρο, ή να ενώσει αριθμούς για να φανεί το υποκρυπτόμενο σχήμα. Στις κορφές των αστεριών ήταν τα πολλαπλάσια του 6, στη μέση των πλευρών τα πολλαπλάσια του 3. Επίσης χωρίζοντας τις πλευρές του αστεριού σε μικρά μέρη παρουσιάζαμε με τη βοήθεια του ίδιου χρώματος μαρκαδόρου τις προπαίδεις του 1,2,4,5. Δουλέψαμε ξανά και ξανά και κάποτε είπαμε να χρησιμοποιήσουμε τις έτοιμες αριθμημένες χαρακές του χάρακα ως βοηθητικό μέτρο. Επίσης δημιουργήσαμε μπαστούνια της βροχής που τα διακοσμήσαμε με αλυσίδα φτιαγμένη με συνδετήρες όπου κάθε 6 συνδετήρες άλλαζε το χρώμα, είτε κάθε 1 και 5 είτε κάθε 2 και 4 είτε κάθε και 3.

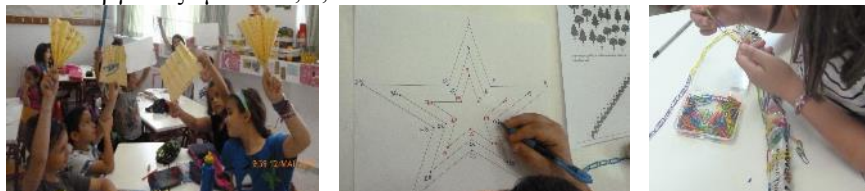
Η τρίτη ομάδα έφτιαξε χάρτινα αεροπλανάκια. Διακόσμησε τα φτερά με πλέγμα τετραγώνων μεγαλώνοντας σταδιακά το φτερό και δίνοντας μια τριγωνική όψη. Η πρώτη εξάδα τετραγώνων έφτανε στα 6 τετράγωνα, έπειτα δύο εξάδες τετραγώνων φτάνοντας στα 12 τετράγωνα κ.λ. μέχρι εκεί όπου ήταν η καμπίνα του αεροπλάνου. Επίσης ασχολήθηκαν να φτιάξουν βραχιόλια και κολιέ με πλέξη – πλέξη (ένα παιδικό παιχνίδι κατασκευής κοσμημάτων με μικρά χρωματιστά λαστιχάκια). Πάντα χρησιμοποιούσαμε συνδυασμό χρωμάτων ήταν όμοιο χρώμα για κάθε εξάδα είτε ίδιο μοτίβο χρωμάτων για κάθε εξάδα λάστιχων, είτε για κάθε 2 και 4, είτε 1 και 5, είτε 3 και 3. Έτσι οι μαθητές δημιούργησαν μικρά αναμνηστικά που χάρισαν σε όλους του συμμαθητές τους.

Η τέταρτη ομάδα σκάρωσε ένα μικρό τραγουδάκι παίρνοντας τη μελωδία από ένα παραδοσιακό τραγούδι της Μ. Ασίας¹ που παρουσιάζει η Δόμνα Σαμίου ακολουθώντας το μοτίβο: να το πούμε 6, 6 αυγά ο τσουτσουλιάνος (δις), να το πούμε 12, 12 μήνες ο χρόνος (δις), να το πούμε 18, 18 φωλιές στο βράχο, (δις),..., ρεφραίν, 6 6 36, πλέξει, μπλέξει, φλέξει, παίξει, τρέξει, φέξει, πριν να βρέξει (δις),...

Η πέμπτη ομάδα έφτιαξε ένα πρόβλημα μ' ένα μαθητή που κάθε εβδομάδα αποκτά 6 χρωματιστούς βόλους και έπειτα υπολόγισαν πόσους βόλους θα αποκτήσει σε 2, 3 εβδομάδες, σε 1,2, 3 μήνες. Παρουσίασαν το πρόβλημα με τη βοήθεια σχεδίου, ζωγραφικής και κολλάζ.

¹ Τα τραγούδια του τύπου αυτού ταξινομούνται ως “Αριθμητικά”, με την έννοια ότι οι στίχοι τους αναπτύσσονται σε μια ανιούσα και παράλληλα κατιούσα αριθμητική κλίμακα, διευκολύνοντας με την επανάληψη τα παιδιά στην εκμάτησή τους. Επίσης κάθε αριθμός συνδέεται με μια χρήσιμη πρακτική πληροφορία της οποίας η απομνημόνευση, ως εκπαιδευτική διαδικασία και ως περιεχόμενο, διδάσκει διπλά τα παιδιά. (<http://www.domnasamiou.gr>, Τερζοπούλου Μ., 2007)

Εικόνα 1: Εργασίες ομάδων 1, 2, 3



Η έκτη ομάδα δούλεψε σε τετράγωνα 10X10 με σχηματισμένα 100 μικρά τετράγωνα αντιστοιχώντας τους αριθμούς 1 – 100. Χρωμάτισαν αρχικά τα πολλαπλάσια του 6 με κόκκινο. Σε άλλο τετράγωνο χρωμάτισαν τα πολλαπλάσια του 3 με μπλε χωρίζοντας στη μέση τα τετράγωνα όπου συναντούνται οι προπαίδειες του 3 και του 6 και χρωματίζοντας μισό κόκκινο και μισό μπλε. Σε άλλο τετράγωνο χρωμάτισαν τα πολλαπλάσια του 2 με κίτρινο χωρίζοντας σε μπλε – κίτρινο τα τετράγωνα όπου συναντώνται οι προπαίδειες του 2, 6 και χωρίζοντας σε τρία μέρη το τετραγωνάκι χρωμάτισαν π.χ. το τετράγωνο με αριθμό 12, κίτρινο, μπλε και κόκκινο. Επανάλαβαν σε άλλα φύλλα χαρτιού βάζοντας χρώμα για την προπαίδεια του 2, 4 και του 6, του 5 και του 6, του 2,3,4,6 χωρίζοντας πάντα τα τετραγωνάκια με κοινές προπαίδειες σε περισσότερα μέρη, ώστε να φαίνονται όλα τα αντίστοιχα με τις προπαίδειες χρώματα.

Εικόνα 2: Βιωματική παρουσίαση της προπαίδειας του 6



Όλες οι ομάδες παρουσίασαν με κινήσεις των μελών του σώματος την προπαίδεια του 6, σταδιακά και με εξάδες μαθητών π.χ. 6 παιδιά κουνούν από δύο χεράκια 2 φορές το 6, 12 χεράκια, επίσης 6 φορές το 2 πάλι 12 χεράκια, ..., είτε 6 παιδιά κουνούν 2 χεράκια, 2 ποδαράκια, ανοιγοκλείνουν 2 ματάκια, στριφογυρνούν 1 κεφαλάκι, 7 φορές το 6, 42 κάνει, είτε 6 φορές το 7, 42 κάνει, ..., είτε 6 παιδιά καθένα 10 δάχτυλα στα χεράκια, 10 φορές το 6, κάνει 60 δαχτυλάκια, είτε 6 φορές το 10, κάνει 60 δαχτυλάκια...

Με την παραπάνω διδακτική πρακτική οι μαθητές διασκέδασαν, έπαιζαν, δημιούργησαν κατασκευές, τραγούδι και κινήσεις και βιωματικά προσέγγισαν την προπαίδεια του 6, αλλά και τις προπαίδειες των αριθμών, 1, 2, 3, 4, 5, χρησιμοποιώντας ιδιότητες της πράξης του πολλαπλασιασμού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την πραγματοποίηση αυτής της διδακτικής πρακτικής ευχαριστώ τους μαθητές και του γονείς της β' τάξης του 14^{ου} δημοτικού σχολείου Κορίνθου. Ευχαριστώ επίσης τη Διευθύντρια του σχολείου κ. Μιχαλίτσα Ξύδη, και τον Σύμβουλο α'/θμιας εκπαίδευσης της 4^{ης} περιφέρειας Κορινθίας κ. Βάιο Γκρίτσιο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- John A., Van de Walle, (2005). Μαθηματικά για το Δημοτικό και το Γυμνάσιο: μια εξελικτική διαδικασία. Αθήνα. *Τυπωθήτω-Γιώργος Δαρδανός*.
- Κολέζα, Ε., (2000). Γνωσιολογική και διδακτική προσέγγιση των στοιχειωδών μαθηματικών εννοιών. Αθήνα. *Leader Books*.
- Υπ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι. (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Μαθηματικών, ΦΕΚ 303, τεύχος Β'/13-3-2003.
- Υπ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι. (2007). Μαθηματικά Β' Δημοτικού. Βιβλίο Δασκάλου.
- Υπ.Ε.Π.Θ.-Π.Ι. (2007). Μαθηματικά Ε' Δημοτικού. Βιβλίο Δασκάλου.
- Σαμίου, Δ., Να το πούμε ένα. Παραδοσιακό τραγούδι της Μ. Ασίας
https://www.youtube.com/watch?v=_IYaggIXA48

Εκπαιδευτικό υλικό για ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά

Δήμητρα Ρεμούνδου & Ευγένιος Αυγερινός

Εργαστήριο Μαθηματικών, Διδακτικής και Πολυμέσων
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου,
dimitra.rem@gmail.com, eavger@aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά διδάσκονται στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και κυρίως στην ΣΤ' δημοτικού. Αποτελούν ένα καίριο μέρος της ύλης, καθώς εισάγουν τους μαθητές σε έννοιες συναρτήσεων και στην κατάκτηση της αναλογικής συλλογιστικής. Ως υποστηρικτικό εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία ανάλογων και αντιστρόφως ανάλογων ποσών αναπτύχθηκε μια ιστοσελίδα με προβλήματα σε διάφορες αναπαραστάσεις.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ανάλογα ποσά, αντιστρόφως ανάλογα ποσά, εκπαιδευτικό υλικό, γραφική αναπαράσταση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδασκαλία της έννοιας της αναλογίας θεωρείται κρίσιμη στη μαθηματική εκπαίδευση, καθώς είναι απαραίτητη για την κατάκτηση εννοιών όπως αυτή της κλίσης και του ρυθμού μεταβολής (Orton, 1991). Οι αναλογίες εφαρμόζονται ευρέως στις φυσικές επιστήμες, ενώ συγχρόνως απαντώνται σε προβλήματα της καθημερινής ζωής.

Οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα με ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, όπου παρουσιάζονται μεθοδολογίες επίλυσής τους. Ο τρόπος που διδάσκονται οι μαθητές την έννοια των ανάλογων ποσών θεωρείται από αρκετούς ερευνητές ότι είναι μηχανικός και ότι στη συνέχεια ξεχνιέται (Γαγάτσης και Σιαμαρή, 2003). Έτσι, προτείνεται να δοθεί έμφαση στην έννοια της αναλογίας και στην ανάπτυξη της αναλογικής συλλογιστικής, αντί των αλγορίθμων επίλυσης προβλημάτων με αναλογίες.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά

Σύμφωνα με τον Thompson (1994) ο λόγος είναι το αποτέλεσμα της πολλαπλασιαστικής σύγκρισης δύο ποσοτήτων. Μια απλή αναλογία είναι μια σχέση μεταξύ δυο ποσοτήτων, έτσι ώστε αυξάνοντας τη μία κατά έναν παράγοντα α , το μέτρο της άλλης αυξάνεται κατά τον ίδιο παράγοντα για να διατηρηθεί η σχέση (Thompson & Saldanha, 2003). Δύο ποσά

είναι αντιστρόφως ανάλογα αν, όταν η τιμή του ενός πολλαπλασιάζεται με έναν αριθμό, η αντίστοιχη τιμή του άλλου διαιρείται με τον ίδιο αριθμό.

Οι Turniaire and Pulos (1985) διακρίνουν 4 τύπους προβλημάτων αναλογίας: τα προβλήματα άγνωστης τιμής, σύγκρισης, επεξήγησης και απάντησης. Κάθε ομάδα από τις παραπάνω μπορεί να υποδιαιρεθεί σε 3 επιμέρους κατηγορίες προβλημάτων αναλογιών: φυσικά προβλήματα, προβλήματα λόγων και προβλήματα μείξεων.

Ιδιαίτερο ρόλο στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών διαδραματίζουν οι αναπαραστάσεις, οι οποίες μπορεί να είναι λεκτικές, συμβολικές, αριθμητικές (πίνακας τιμών) ή γραφικές. Ο συνδυασμός αναπαραστάσεων και η ικανότητα μετάβασης από μία αναπαράσταση σε μία άλλη θεωρείται κομβικής σημασίας για την κατανόηση εννοιών και την επίλυση προβλημάτων (Gagatsis & Shiakalli, 2004).

Οι αναπαραστάσεις επιδρούν σημαντικά στον τρόπο που σκέφτονται οι μαθητές για προβλήματα με ανάλογα ή αντιστρόφως ανάλογα ποσά, ενώ παρατηρούνται παρανοήσεις οι οποίες επηρεάζονται και από τον τρόπο αναπαράστασης τους (De Bock, Van Dooren, Verschaffel, 2015).

Δυσκολίες στα ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά

Οι μαθητές διδάσκονται τα ανάλογα ποσά στην ΣΤ' δημοτικού. Το σχολικό βιβλίο περιλαμβάνει ενότητα αφιερωμένη στους λόγους και τις αναλογίες (Βιβλίο μαθητή ΣΤ' δημοτικού, εν. 3), στο οποίο αναφέρονται οι λόγοι, οι αναλογίες, τα αντιστρόφως ανάλογα ποσά και τα ποσοστά. Ως μέθοδοι επίλυσης των προβλημάτων με ανάλογα ποσά παρουσιάζονται τα σταυρωτά γινόμενα ή μέθοδος “χιαστή”, η αναγωγή στη μονάδα και η απλή μέθοδος των τριών. Για τα αντιστρόφως ανάλογα ποσά αναφέρονται ως μέθοδοι επίλυσης η αναγωγή στη μονάδα, ο σχηματισμός πίνακα τιμών, και η απλή μέθοδος των τριών για αντιστρόφως ανάλογα ποσά.

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση γίνεται μια μικρή αναφορά στη γραφική παράσταση των ανάλογων ποσών σε μια δραστηριότητα του βιβλίου (Τετράδιο εργασιών ΣΤ' δημοτικού), η οποία βασίζεται στον πίνακα τιμών, ενώ δεν αναφέρεται η γραφική παράσταση των αντιστρόφως ανάλογων ποσών.

Η επίδοση των μαθητών σε προβλήματα αναλογιών φαίνεται να εξαρτάται από παράγοντες που έχουν σχέση με το πρόβλημα, αλλά και με τον ίδιο τον μαθητή (Tournaire et al., 1985). Στους πρώτους συμπεριλαμβάνονται δομικές μεταβλητές του προβλήματος που έχουν σχέση με τις αριθμητικές τιμές και το γενικό πλαίσιο του προβλήματος (Lamon, 1999).

Μία από τις κύριες παρανοήσεις των μαθητών είναι η χρήση προσθετικών στρατηγικών εκεί που χρειάζεται αναλογική συλλογιστική και το αντίστροφο, δηλαδή η χρήση αναλογικής συλλογιστικής ενώ δεν χρειάζεται. Οι μαθητές τείνουν να χρησιμοποιούν αναλογικές μεθόδους σε περιπτώσεις που δεν θα έπρεπε (Dooren et al., 2003). Ακόμα μπορεί να χρησιμοποιούν λάθος αναλογία, όπως σε περιπτώσεις που η σχέση έχει και έναν σταθερό προσθετέο (De Bock et al., 2015).

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται μια διδακτική πρόταση για τα ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Απώτερος στόχος της συγκεκριμένης πρότασης είναι να συγκεντρωθούν σε ένα σημείο στο διαδίκτυο στοιχεία σχετικά με τα ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά και να αποδοθούν με διάφορες αναπαραστάσεις και με τρόπο που να βοηθάνε τον μαθητή να υπερσκελίσει τις δυσκολίες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία σχετικά το θέμα.

Τίτλος μαθήματος

Προβλήματα με ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά

Σκοπός

Η συγκεκριμένη διδακτική πρόταση έχει σκοπό να εξοικειωθούν οι μαθητές με διάφορες αναπαραστάσεις προβλημάτων ανάλογων και αντιστρόφως ανάλογων ποσών.

Προαπαιτούμενες γνώσεις

Η διδακτική πρόταση απευθύνεται σε μαθητές της ΣΤ' δημοτικού, που έχουν εισαχθεί στην ενότητα που αναφέρεται σε ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά.

Επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα

Οι μαθητές αναμένεται να μπορούν να λύσουν προβλήματα με ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά, να αναγνωρίζουν τα ανάλογα και τα αντιστρόφως ανάλογα ποσά σε λεκτικό πρόβλημα, σε πίνακα τιμών, σε πίνακα λόγων και σε γραφική αναπαράσταση. Ακόμα οι μαθητές αναμένεται να έχουν τη δυνατότητα να μεταβούν από μια αναπαράσταση σε μία άλλη και να κατανοούν πως επηρεάζει η αλλαγή τιμών του προβλήματος τη λύση του.

Περιγραφή εκπαιδευτικού υλικού

Για τη συγκεκριμένη διδακτική πρόταση έχει αναπτυχθεί μια ιστοσελίδα σε HTML5 με χρήση PHP και javascript. Ως βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η MySQL. Η σχεδίαση των γραφικών παραστάσεων γίνεται δυναμικά μέσω του αντικειμένου canvas της HTML5.

Ο εκπαιδευτικός εισάγει στην ιστοσελίδα ένα πρόβλημα ανάλογων ή αντιστρόφως ανάλογων ποσών και κάποια επιπλέον στοιχεία που το χαρακτηρίζουν, όπως τον τύπο προβλήματος, καθώς και το ποια από τα ερωτήματα θα συμπεριληφθούν. Από τον τρόπο που εισάγονται τα δεδομένα του προβλήματος το λογισμικό μπορεί να συμπεράνει ποια είναι τα ανάλογα ή τα αντιστρόφως ανάλογα ποσά και ποια είναι η λύση. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να γίνουν και να αξιολογηθούν αυτόματα πίνακες τιμών, η λύση του προβλήματος και γραφικές παραστάσεις και να εμφανιστούν στον μαθητή οι αντίστοιχες ερωτήσεις.

Στην εικόνα 1 φαίνεται η οθόνη στην οποία ο εκπαιδευτικός εισάγει το πρόβλημα.

Εικόνα 1: Οθόνη εισαγωγής προβλήματος

Τίτλος:

Τύπος προβλήματος:

- Ανάλογα ποσά
- Αντιστρόφως ανάλογα ποσά
- Μη ανάλογα ποσά

Περιγραφή:

Η σχολική ομάδα μπάσκετ θέλει να προμηθευτεί αθλητικά μπλουζάκια. Βρήκαν ότι σε προσφορά τα 2 μπλουζάκια κοστίζουν 12 €. Πόσο θα κοστίσουν τα μπλουζάκια για όλη την ομάδα που αποτελείται από 8 παίκτες;]

Τύποι ερωτήσεων:

- Λύση
- Πίνακας τιμών
- Γραφική παράσταση

Εικόνα 2: Εμφάνιση πίνακα τιμών στον μαθητή

Ο μαθητής βλέπει το πρόβλημα και στην ίδια οθόνη έχει τη δυνατότητα να δει τον πίνακα τιμών (Εικόνα 2) και τη γραφική παράσταση ή τον πίνακα λόγων ανάλογα με τα ερωτήματα που έχει ορίσει ο εκπαιδευτικός.

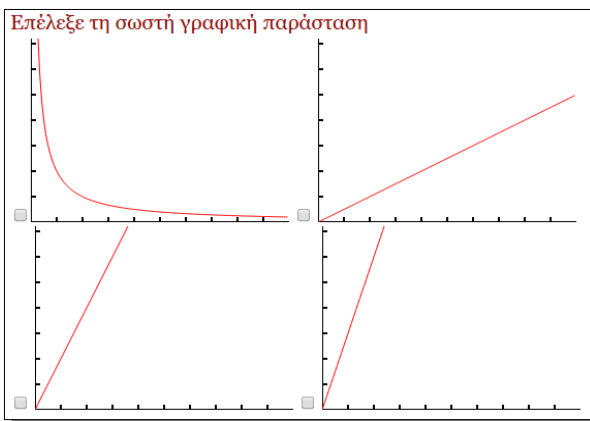
Ποσά	Τιμές	
Αθλητικά μπλουζάκια	2	8
Κόστος σε ευρώ	12	

Ο μαθητής μπορεί να αλλάξει τις τιμές του προβλήματος στον πίνακα τιμών και να δει πως μεταβάλλεται η γραφική παράσταση, συνδέοντας έτσι την εικόνα με τις τιμές. Αντίστοιχα, στα προβλήματα με αντιστρόφως ανάλογα ποσά βλέπει μια διαφορετική γραφική παράσταση. Ο πίνακας τιμών μπορεί να εμπλουτιστεί με περισσότερες τιμές και με τον τρόπο μετάβασης από μία τιμή σε άλλη έτσι ώστε να σχηματιστεί ο πίνακας λόγων (Dole, 2008).

Ο εκπαιδευτικός μπορεί να θέσει στον μαθητή το πρόβλημα προς επεξεργασία, ζητώντας να βρει τη λύση και να παρατηρήσει τι συμβαίνει όταν αλλάζουν οι τιμές των δεδομένων.

Εικόνα 3: Διαφορετικές γραφικές παραστάσεις

Υπάρχει ακόμα η δυνατότητα να θέσει ερωτήματα, όπως να επιλεγεί ποια γραφική παράσταση ταιριάζει στο πρόβλημα από μια σειρά γραφικών παραστάσεων μεταξύ των οποίων και ανάλογων ποσών με διαφορετική αναλογία, ή αντιστρόφως ανάλογων ποσών (Εικόνα 3).



Στην ιστοσελίδα υπάρχουν προβλήματα σταδιακά αυξανόμενης δυσκολίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον μαθητή για μελέτη. Τα προβλήματα με τα ερωτήματα που έχει θέσει ο εκπαιδευτικός μπορούν να εκτυπωθούν και να χρησιμοποιηθούν ως φύλλα εργασίας.

Προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση

Η διδασκαλία με τη χρήση της ιστοσελίδας απαιτεί να βρίσκονται οι μαθητές σε υπολογιστή σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων. Προτείνονται τα παρακάτω βήματα:

Φάση 1η – Ανάλογα ποσά

Η πρώτη φάση διάρκειας 1-2 διδακτικές ώρες μπορεί να αφιερωθεί στη μελέτη προβλημάτων με ανάλογα ποσά. Σε αυτήν θα μελετηθούν τα παρακάτω:

- Αναγνώριση ανάλογων ποσοτήτων.
- Επίλυση λεκτικών προβλημάτων ανάλογων ποσών.
- Επίλυση προβλημάτων με χρήση πίνακα τιμών.
- Επίλυση προβλημάτων με χρήση γραφικών παραστάσεων.
- Επίλυση προβλημάτων με χρήση πίνακα λόγων.

Φάση 2η – Αντιστρόφως ανάλογα ποσά

Στη δεύτερη φάση θα μελετηθούν με παρόμοιο τρόπο προβλήματα με αντιστρόφως ανάλογα ποσά.

Φάση 3η – Συνδυασμός προβλημάτων, πειραματισμός με τιμές

Η τρίτη φάση προτείνεται να αφιερωθεί σε αναγνώριση των διαφορών και ομοιοτήτων μεταξύ των προβλημάτων ανάλογων και αντιστρόφως ανάλογων ποσών και στην παρατήρηση της επίδρασης της αλλαγής τιμών στις διάφορες αναπαραστάσεις του προβλήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- De Bock, D., Van Dooren, W., & Verschaffel, L. (2015). Students' understanding of proportional, inverse proportional, and affine functions: two studies on the role of external representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(1), 47–69.
- Dole, S. (2008). Ratio tables to promote proportional reasoning in the primary classroom. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 13(2), 19-22.
- Dooren, W. V., Bock, D. D., Hessels, A., Janssens, D., & Verschaffel, L. (2005). Not Everything Is Proportional: Effects of Age and Problem Type on Propensities for Overgeneralization. *Cognition and Instruction*, 23(1), 57–86.
- Gagatsis, A., & Shiakalli, M. (2004). Ability to Translate from One Representation of the Concept of Function to Another and Mathematical Problem Solving. *Educational Psychology*, 24(5), 645–657.
- Lamon, S. J. (1999). *Teaching fractions and ratios for understanding: Essential content knowledge and instructional strategies for teachers*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Orton, A. (1991). Learning Mathematics. *Cassel*, 11-23.
- Thompson, P. (1994). Images of rate and operational understanding of the fundamental theorem of calculus. *Educational Studies in Mathematics*, 26, 229-274.
- Thompson, P., & Saldanha, L. (2003). Fractions and multiplicative reasoning. In J. Kilpatrick, W. G. Martin & D. Schifter (Eds.), *A research companion to the principles and standards for school mathematics*. (pp. 95-114). Reston, VA: NCTM. Pmid:12804707.
- Tourniare, F., & Pulos, S. (1985). Proportional reasoning: A review of the literature. *Educational Studies in Mathematics*, 16, 181–204.
- Γαγάτσης, Α., Σιαμαρή, Ε. (2003). Αναπαραστάσεις και επίλυση προβλημάτων αναλογίας από μαθητές γυμνασίων Ελλάδας και Κύπρου. *Πρακτικά 2ου Συνεδρίου Για τα Μαθηματικά στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*, Αθήνα.
- ΥΠΔΒΜΘ (2012). *Μαθηματικά Στ' Δημοτικού, Βιβλίο Μαθητή*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».
- ΥΠΔΒΜΘ (2012). *Μαθηματικά Στ' Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών*. Αθήνα: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».

Πρόσθεση και αφαίρεση με τη χρήση χειραπτικού και εποπτικού υλικού: Μελέτη περίπτωσης παιδιού με Διάχυτη Αναπτυξιακή Διαταραχή

Παρασκευή Κοτσακιάδου

M.Ed. Ειδική Εκπαίδευση - Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, paraskevi.kotsa@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στη συμβολή συγκεκριμένου χειραπτικού και εποπτικού υλικού στην προσπάθεια κατανόησης, εκτέλεσης και διαχωρισμού των μαθηματικών πράξεων της πρόσθεσης και της αφαίρεσης από μαθήτρια της Β' Τάξης του Δημοτικού Σχολείου, η οποία παρουσιάζει Διάχυτη Αναπτυξιακή Διαταραχή.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αυτισμός, πρόσθεση, αφαίρεση, χειραπτικό – εποπτικό υλικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με έρευνες τα παιδιά που παρουσιάζουν αυτιστική διαταραχή έχουν αυξημένες ικανότητες στην οπτική αντίληψη και σκέψη κι είναι εξαρτημένα από την οπτικοποίηση για την ενίσχυση της γλωσσικής τους κατανόησης (Kana, Keller, Cherkassky, Minshew & Just, 2006; Hayes et al., 2010), η οποία αν δεν είναι επαρκώς αναπτυγμένη ενδεχομένως δημιουργεί σημαντικές δυσκολίες και στην κατανόηση βασικών μαθηματικών γνώσεων. Για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και για την απόκτηση μαθηματικών δεξιοτήτων σε παιδιά με αυτισμό προτείνεται η χρήση χειραπτικού και εποπτικού υλικού, καθώς και η ποικιλία αναπαραστάσεων (Cihak & Foust, 2008; Fletcher, Boon & Cihak, 2010). Μέσα σε αυτό το πνεύμα η παρούσα εργασία αναζητά ενδείξεις για το πώς η παροχή τέτοιου είδους χειραπτικών και οπτικών προτύπων – αναπαραστάσεων σε μαθητές με αυτισμό μπορεί να λειτουργήσει ευεργετικά για τους ίδιους όσον αφορά την κατανόηση και το σωστό υπολογισμό αριθμητικών πράξεων, στη συγκεκριμένη περίπτωση της πρόσθεσης και της αφαίρεσης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η χρήση εποπτικού – χειραπτικού υλικού μπορεί να δημιουργήσει τη βάση, ώστε να αναπτύξουν οι μαθητές με αυτισμό αφηρημένες μαθηματικές έννοιες και υπολογιστικές δεξιότητες (Cihak & Foust, 2008). Επίσης σημαντικό εργαλείο στα χέρια των εκπαιδευτικών αποτελεί και η χρήση αναπαραστάσεων που να βασίζονται σε χειραπτικό υλικό, το οποίο περιλαμβάνει μεταξύ άλλων εικόνες και σχέδια (Cihak & Foust, 2008).

Συγκεκριμένα για την εκμάθηση της πρόσθεσης και της αφαίρεσης θεωρείται πως αυτή είναι δυνατό να κατασκευάζεται μέσα στο πλαίσιο της μέτρησης, στο οποίο οι μαθητές συχνά μετρούν με τη χρήση μη τυποποιημένων εργαλείων, για παράδειγμα αντικείμενα όπως οι κύβοι ή οι συνδετήρες – μετρούν κάνοντας χρήση αντικειμένων. Η Fgye Brulia (2016) δουλεύοντας με παιδιά στο φάσμα του αυτισμού προτείνει αντικείμενα από την πραγματική ζωή του παιδιού, διότι το βοηθούν να δημιουργήσει εξεικονιστικές αναπαραστάσεις και να παρουσιάσει τη σκέψη του με μία αριθμητική πρόταση.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σε αυτήν την εργασία μελετάται η περίπτωση μιας μαθήτριας της Β' τάξης του Δημοτικού Σχολείου (9 ετών), η οποία παρουσιάζει διάχυτη αναπτυξιακή διαταραχή. Λόγω των δυσκολιών και των ελλειμμάτων που διαπιστώθηκαν στις γνώσεις της στα Μαθηματικά στην αρχή της χρονιάς, κρίθηκε αναγκαίο να σχεδιαστεί Εξατομικευμένο Πρόγραμμα Εκπαίδευσης (Ε.Π.Ε.), το οποίο υλοποιήθηκε από την εκπαιδευτικό της παράλληλης στήριξης σε καθημερινή βάση από τα μέσα Νοέμβρη μέχρι τα μέσα Μαΐου.

Σημαντική δυσκολία εντοπίστηκε σε ερωτήματα σύγκρισης ή εύρεσης του συνολικού πλήθους δύο ομάδων αντικειμένων. Η μαθήτρια δυσκολευόταν να κάνει υπολογισμούς νοερά, όσο μικροί κι αν ήταν οι αριθμοί. Ωστόσο, αναγνωρίζει τα σύμβολα +, -, =, αναφέρει τις λέξεις «πρόσθεση» «αφαίρεση», χωρίς όμως να εκτελεί τις αντίστοιχες πράξεις. Σε οποιαδήποτε σχετική δραστηριότητα ανταποκρίνεται ευκολότερα, αν αυτή είναι οπτικοποιημένη.

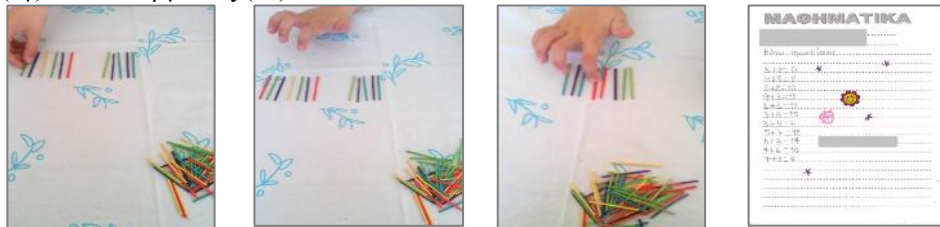
Ως βασικός στόχος του προγράμματος τέθηκε η εκτέλεση από τη μαθήτρια των πράξεων της πρόσθεσης και της αφαίρεσης με τη χρήση χειραπτικού υλικού και οπτικών αναπαραστάσεων. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την προσπάθεια αυτή ήταν μικρές χρωματιστές ράβδοι συνδυασμένες με φύλλα εργασίας. Τα δεδομένα που αναλύθηκαν ήταν τα Φύλλα Εργασίας που συμπλήρωνε η μαθήτρια, το Ημερολόγιο και οι σημειώσεις που κατέγραφε η εκπαιδευτικός ύστερα από κάθε ημέρα διδασκαλίας.

ΑΝΑΛΥΣΗ – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η αλληλεπίδραση της μαθήτριας με το συγκεκριμένο υλικό μπορεί να προσεγγιστεί σε τέσσερα διαφορετικά στάδια.

Πρώτο Στάδιο

Εικόνα 1: Αναπαράσταση πρόσθεσης, καταμέτρηση(1α,β), Αναπαράσταση αφαίρεσης (1γ), Φύλλο Εργασίας (1δ)



Στο στάδιο αυτό στόχος ήταν να μάθει η μαθήτρια να εκτελεί τις πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης με τη βοήθεια του υλικού. Τις πρώτες ημέρες εκπαιδευτικός και μαθήτρια διαπραγματεύονται μαζί την πράξη της πρόσθεσης (με δύο μόνο προσθετέους) με τη χρήση ράβδων. Η μαθήτρια δημιουργεί με καθοδήγηση κάθε φορά δύο ομάδες από ράβδους και στη συνέχεια τις μετρά όλες μαζί για να βρει το άθροισμά τους. Αφού σταδιακά εξοικειώνεται και εκτελεί την πράξη χωρίς καθοδήγηση, της ζητείται να κάνει πρόσθεση με τρεις προσθετέους. Εδώ συνάντησε αρχικά δυσκολία με τη δημιουργία των ομάδων και χρειάστηκε καθοδήγηση και επεξήγηση από την εκπαιδευτικό.

Παράλληλα στα μέσα του Ιανουαρίου ξεκινά σταδιακά η ενασχόληση με την αφαίρεση βασισμένη και αυτή στη χρήση των ράβδων. Ο αλγόριθμος που εδραιώνεται εδώ είναι αρχικά η δημιουργία μιας ομάδας ράβδων που αντιστοιχεί στον μειωτέο. Στη συνέχεια απομακρύνεται αριθμός ράβδων που αντιστοιχεί με την αξία του αφαιρετέου. Τέλος μετρώνται οι ράβδοι που έμειναν. Η μαθήτρια δεν αργεί καθόλου να αντιληφθεί τη διαδικασία κι έτσι γρήγορα αυτονομείται.

Αξίζει να σημειωθεί πως η μαθήτρια το διάστημα αυτό δε σκόρπιζε ποτέ τις ράβδους μετά από μία πράξη. Κάθε φορά προσάρμοζε την ομάδα που είχε μπροστά της (και είχε μείνει από την προηγούμενη πράξη) προσθέτοντας ή απομακρύνοντας ράβδους με μεγάλη ευχέρεια ανάλογα με τους όρους που της δίνονταν στη νέα πράξη.

Δεύτερο Στάδιο

Στο τέλος του πρώτου σταδίου (αρχές του Φεβρουαρίου) πλέον η μαθήτρια εκτελούσε τις πράξεις μόνη της χωρίς καμία καθοδήγηση. Θεωρήθηκε σκόπιμο την περίοδο αυτή να εξετασθεί αν η μαθήτρια αναγνωρίζει και ξεχωρίζει όντως τις δύο πράξεις κι αν θα ήταν σε θέση να εκτελέσει προσθέσεις και αφαιρέσεις όταν αυτές συνυπάρχουν σε τυχαία σειρά σε μια συλλογή σχετικών δραστηριοτήτων.

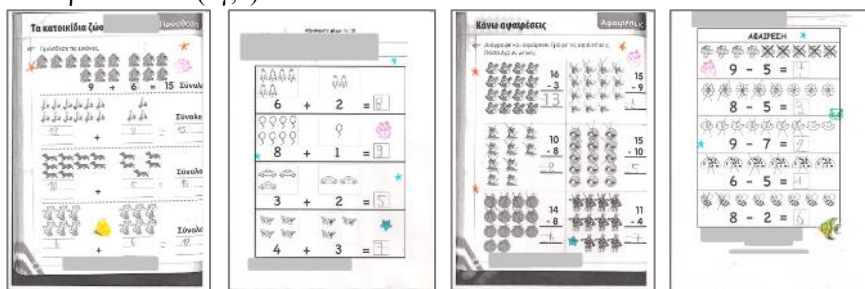
Η μαθήτρια έπρεπε να κάνει κάθε φορά την πράξη που ζητούνταν σε ένα λευκό Φύλλο εργασίας χωρίς να συνοδεύεται από ρητή εντολή από την εκπαιδευτικό (όπως συνηθίζονταν στο προηγούμενο στάδιο). Η μαθήτρια πριν ξεκινήσει κάθε φορά στρεφόταν προς την εκπαιδευτικό ζητώντας να της πει τι πράξη θα κάνει. Η εκπαιδευτικός δεν απαντούσε και της ζητούσε να κάνει την πρώτη πράξη, για παράδειγμα πρόσθεση. Η

μαθήτρια απαντούσε αμέσως πως θα κάνει πρόσθεση. Σύμφωνα με το διδακτικό συμβόλαιο η μαθήτρια ανέμενε πως και η επόμενη πράξη που θα της δινόταν θα ήταν πρόσθεση. Όταν όμως της δόθηκε αφαίρεση στράφηκε προς την εκπαιδευτικό χωρίς να κάνει τίποτα. Σε ερώτημα της εκπαιδευτικού για το τι πράξη θα κάνει τώρα η μαθήτρια απάντησε αμέσως πως θα κάνει αφαίρεση, γιατί έχει 'πλην'.

Εδώ συνάντησε μία δυσκολία στο πως θα διαχειριστεί τις ράβδους της, ώστε να πάει από την πρόσθεση στην αφαίρεση. Μετά την πρόσθεση είχε μπροστά της δύο ομάδες με ράβδους. Για την αφαίρεση χρειαζόταν μόνο μια ομάδα (του μειωτέου). Δεν αντιμετώπιζε όμως την ίδια δυσκολία όταν περνούσε από την αφαίρεση στην πρόσθεση, αφού είχε ήδη μια ομάδα που αντιστοιχούσε στη διαφορά (αφαίρεση), η οποία μπορούσε να τροποποιηθεί δημιουργώντας τον ένα προσθετέο και μετά να σχηματιστεί η δεύτερη ομάδα για τον δεύτερο προσθετέο.

Τρίτο Στάδιο

Εικόνα 2: Πρόσθεση με τη βοήθεια αναπαραστάσεων (2α,β), Αφαίρεση με τη βοήθεια αναπαραστάσεων (2γ,δ)



Έχοντας πια εξοικειωθεί με τις πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης χρησιμοποιώντας πάντα τις χρωματιστές ράβδους, ξεκίνησε μια προσπάθεια η μαθήτρια να ερμηνεύσει τις ίδιες πράξεις μέσα από μια «συμβολική» αναπαράστασή τους με τη χρήση άλλων αντικειμένων (πχ όψεις από ζάρια, συλλογές ζώων, κλπ).

Η πρώτη αντίδραση της μαθήτριας απέναντι στα συγκεκριμένα Φύλλα Εργασίας ήταν αρνητική. Για περίπου δύο εβδομάδες η μαθήτρια αρνείται να επενδύσει στη χρήση των αναπαραστάσεων ή όταν το κάνει αυτό γίνεται με μεγάλη δυσκολία και μεγάλο βαθμό καθοδήγησης, ενώ αναζητά τις ράβδους, τις οποίες η εκπαιδευτικός έχει διαθέσιμες στοχεύοντας στο να μεταφερθεί η γνώση που επιτεύχθηκε από το ένα πλαίσιο (τις ράβδους) στο άλλο (χρήση άλλων αντικειμένων). Η μαθήτρια όμως αντί να κάνει τη σύνδεση παραμένει προσανατολισμένη στη χρήση των ράβδων.

Μετά από διάστημα περίπου δεκαπέντε ημερών (αρχές του Μαρτίου) η αρνητική στάση μειώνεται και η επίδοση της μαθήτριας αρχίζει και βελτιώνεται ξαφνικά με γρήγορους ρυθμούς. Έτσι, θεωρείται κατάλληλη στιγμή να παρουσιαστούν τα Φύλλα Εργασίας της αφαίρεσης με τις νέες αναπαραστάσεις, στα οποία ανταποκρίνεται

καλύτερα από το αναμενόμενο από την πρώτη κιόλας φορά. Βέβαια η πορεία τον πρώτο καιρό δεν ήταν εύκολη. Η αφαίρεση είναι πιο απαιτητική γνωστικά από την πρόσθεση.

Τέταρτο Στάδιο

Θεωρούμε ως ξεχωριστό στάδιο την περίοδο κατά την οποία η μαθήτρια αυτονομείται εντελώς. Στις αρχές Απριλίου για πρώτη φορά η μαθήτρια ξαφνικά παίρνει τα Φύλλα Εργασίας της πρόσθεσης και της αφαίρεσης και τα συμπληρώνει με ευχέρεια μόνη της χωρίς καμία καθοδήγηση. Από εκείνη την ημέρα και μέχρι τα μέσα Μαΐου, που τελείωσε η παρέμβαση, η μαθήτρια δεν αναζητά καθόλου τις χρωματιστές ράβδους. Όταν μάλιστα σκόπιμα η εκπαιδευτικός τις εμφανίζει σε μια δοκιμασία πρόσθεσης η μαθήτρια αρνείται να τις χρησιμοποιήσει. Αν και δεν μπορούμε να το ισχυριστούμε, μια πιθανή απάντηση θα ήταν ότι ο χρόνος που απαιτούνταν για να γίνουν οι πράξεις είχε μειωθεί αισθητά και έτσι η μαθήτρια δεν ήταν διατεθειμένη να επενδύσει σε ένα υλικό που μπορεί κάποτε να ήταν χρήσιμο, όμως τώρα απαιτούσε πολύ περισσότερο από τον χρόνο της.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή έγινε μια προσπάθεια να αναδειχθεί η συμβολή ενός απλού εκπαιδευτικού υλικού στην ανάπτυξη της δεξιότητας μιας μαθήτριας με διάχυτη αναπτυξιακή διαταραχή να επιτελεί με επιτυχία τις πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης.

Πιο συγκεκριμένα η χρήση αρχικά μικρών χρωματιστών ράβδων και στη συνέχεια Φύλλων Εργασίας με αναπαραστάσεις αντικειμένων, ζώων, φρούτων κ.α. συνέβαλε στην εξοικείωση της συγκεκριμένης μαθήτριας με τις δύο αριθμητικές πράξεις, η οποία αντιλήφθηκε το νόημα και των δύο και αυτονομήθηκε εκτελώντας τις μόνη της χωρίς καθοδήγηση από την εκπαιδευτικό.

Αν και πρόκειται για μια μελέτη περίπτωσης και έτσι δεν μπορεί κανείς να γενικεύσει εν τούτοις μπορούμε να πούμε ότι η μελέτη αυτή μας δίνει ενδείξεις ότι η αναζήτηση κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού δεν είναι απαραίτητο να σημαίνει πάντα μια εξεζητημένη συλλογή εποπτείας. Υπάρχει το ενδεχόμενο πολύ απλά υλικά να δώσουν ώθηση σε μαθητές με τέτοιου είδους δυσκολίες να αναπτύξουν μια αλγοριθμική ευχέρεια. Προφανώς δεν είμαστε σε θέση να απαντήσουμε αυτή τη στιγμή αν αυτή η αλγοριθμική ευχέρεια συνοδεύεται και από ανάλογη εννοιολογική κατανόηση. Στα σχέδιά μας είναι να επανέλθουμε σε μια επαναληπτική διαδικασία έρευνας μετά από την παρέλευση ικανού διαστήματος και να δούμε και να εξετάσουμε και την προοπτική αυτή. Επιπλέον θα ήταν σημαντικό να συνεχιστεί η εκπαίδευση της μαθήτριας με την απόσυρση και των οπτικών αναπαραστάσεων μεταβαίνοντας σε ένα συμβολικό επίπεδο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Cihak, D. F. & Foust, J. L. (2008). Comparing Number Lines and Touch Points to Teach Addition Facts to Students With Autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 23 (3), p.131-137.

- Fletcher, D., Boon, R. T. & Cihak, D. F. (2010). Effects of the TOUCHMATH Program Compared to a Number Line Strategy to Teach Addition Facts to Middle School Students with Moderate Intellectual Disabilities. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 45 (3), p.449–458.
- Frye-Brulia, D. (2016). Math is All Around Us: Representing and Solving One-Step Addition and Subtraction Word Problems within 20. (Ανάκτηση από http://teachers.yale.edu/curriculum/viewer/initiative_15.05.02_u#comment). (Ημερομηνία τελευταίας επίσκεψης 13/6/2016)
- Hayes, G. R., Hirano, S., Marcu, G., Monibi, M., Nguyen, D. H. & Yeganyan, M. (2010). Interactive visual supports for children with autism. *Personal and Ubiquitous Computing*, 14 (7), p.663-680.
- Kana, R. K., Keller, T. A., Cherkassky, V. L., Minshew, N. J. & Just, MA. (2006). Sentence comprehension in autism: thinking in pictures with decreased functional connectivity. *Visual thinking and underconnectivity in autism*, 129, p.2484-2493.

Δραστηριότητες στα Μαθηματικά: Μελέτη περίπτωσης Μαθηματικά Α΄ Γυμνασίου

Στυλιανή Ζιώγα¹ & Γεώργιος Κατωγιάννης²

¹ Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας, ziogastella68@gmail.com

² Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας, gkatogiannis@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία επιδιώκει να διερευνήσει την αποτύπωση των διδακτικών στόχων και των γνωστικών απαιτήσεων στις δραστηριότητες που περιέχονται σε τρία κεφάλαια του σχολικού εγχειριδίου Μαθηματικών Α΄ Γυμνασίου. Από τα αποτελέσματα της έρευνας διαφαίνεται ότι οι δραστηριότητες είναι εστιασμένες στην εκτέλεση απλών πράξεων και αλγορίθμων χωρίς να αναπτύσσουν ικανότητες για έρευνα και κριτική σκέψη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: σχολικά εγχειρίδια, μαθηματικές δραστηριότητες, διδακτικοί στόχοι, γνωστικές απαιτήσεις.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα σχολικά εγχειρίδια εξαιτίας του ρόλου που διαδραματίζουν στη διδασκαλία και στη μάθηση έχουν αποτελέσει αντικείμενο ανάλυσης και αξιολόγησης. Θεωρούνται διδακτικά μέσα καθώς περιλαμβάνουν όλη την ύλη του γνωστικού αντικείμενου, καθορίζουν το περιεχόμενο της σχολικής γνώσης, τις διδακτικές δραστηριότητες που αναπτύσσει ο εκπαιδευτικός και τις μαθησιακές δραστηριότητες που αναπτύσσουν οι μαθητές. Επίσης, προσφέρουν μια αυτόνομη, έγκυρη και γενικής αποδοχής συλλογή υλικού (Σοφού, Κατσαντώνη, & Ταβουλάρη, 2011).

Οι αντιλήψεις ενός εκπαιδευτικού και η προσήλωση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.) ενδέχεται να περιορίζουν τον τρόπο που διδάσκει τα σχολικά εγχειρίδια στην τάξη. Πιθανόν, να αντιλαμβάνεται διαφορετικά το περιεχόμενο από τις προθέσεις των συγγραφέων, αλλά και να μην έχει χρόνο να διδάξει όλη την ύλη που υπάρχει στα σχολικά εγχειρίδια (Jones & Tarr, 2007). Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει μέσα από τις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Μαθηματικών Α΄ Γυμνασίου πως αποτυπώνονται οι διδακτικοί στόχοι αλλά και οι γνωστικές απαιτήσεις που έχουν καθοριστεί από το Α.Π.Σ.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Μελέτες σε παγκόσμιο επίπεδο εξέτασαν τα σχολικά εγχειρίδια Μαθηματικών ως προς το περιεχόμενο και τη φύση των δραστηριοτήτων, το επίπεδο των γνωστικών απαιτήσεων

και άλλα θέματα. Προσφέρουν στους εκπαιδευτικούς το μαθηματικό περιεχόμενο που θα διδάξουν, καθορίζουν τη διαδοχή των δραστηριοτήτων και δίνουν οδηγίες για την επίτευξη της γνωστικής συμμετοχής των μαθητών στη μάθηση (Reys, B., Reys, R., & Chávez, 2004). Σύμφωνα με την Κολέζα (2006), παρουσιάζουν τα μαθηματικά θέματα με μια συγκεκριμένη σειρά, υπογραμμίζουν κάποιες ιδιαίτερες αναπαραστάσεις των μαθηματικών εννοιών και αναδεικνύουν συγκεκριμένες δεξιότητες. Επιδιώκεται το περιεχόμενο τους να παρουσιάζεται με πληρότητα, ακρίβεια και συνοχή, επιστημονική ορθότητα και εγκυρότητα.

Στα σχολικά εγχειρίδια Μαθηματικών οι δραστηριότητες, χρησιμεύουν στην κατασκευή της νέας γνώσης αλλά δίνουν και τη δυνατότητα εφαρμογής των ήδη αποκτημένων γνώσεων στους μαθητές (Μαθηματικά Α΄ Γυμνασίου Βιβλίο Εκπαιδευτικού σελ. 9). Κατατάσσονται σε κατηγορίες με κριτήρια όχι μόνο μαθηματικού περιεχομένου, αλλά και με κριτήρια που προσδιορίζουν το είδος της νοητικής διεργασίας που απαιτείται από τον μαθητή για την απόδοση του συγκεκριμένου μαθηματικού αντικειμένου.

Μια μαθηματική δραστηριότητα πρέπει να έχει σαφή και ρεαλιστικό στόχο και να αποτελεί για τους μαθητές πρόκληση για σκέψη και διερεύνηση. Ο βαθμός της πρόκλησης και η γνωστική βαρύτητα των μαθηματικών διεργασιών καθορίζουν τις ευκαιρίες μάθησης των μαθητών (Perin, 2008). Ορίζονται τέσσερις κατηγορίες δραστηριοτήτων: απομνημόνευσης, διαδικασιακές, κατανόησης και κρίσης. Κάθε κατηγορία ποικίλλει ως προς τις γνωστικές λειτουργίες που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων που περιέχονται σε αυτήν (Jones & Tarr, 2007).

Χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων πάνω στα επίπεδα των γνωστικών απαιτήσεων:

- Χαμηλότερου επιπέδου (Απομνημόνευσης): Περιλαμβάνουν αναπαραγωγή και χρήση γνωστών εννοιών, τύπων, ορισμών και υπολογισμό πράξεων.
- Χαμηλότερου επιπέδου (Διαδικασίες χωρίς συνδέσεις με τις έννοιες): Είναι αλγοριθμικές. Γίνεται χρήση διαδικασίας. Εστιάζουν στον υπολογισμό σωστών αποτελεσμάτων και όχι στην ανάπτυξη μαθηματικής σκέψης.
- Υψηλότερου επιπέδου (Διαδικασίες με συνδέσεις με τις έννοιες): Εστιάζουν στη χρήση διαδικασιών με σκοπό την ανάπτυξη βαθύτερων επίπεδων κατανόησης των μαθηματικών εννοιών και γνώσεων. Απαιτούν κάποιου βαθμού γνωστική προσπάθεια.
- Υψηλότερου επιπέδου (κάνοντας Μαθηματικά): Απαιτούν πολύπλοκη μη αλγοριθμική σκέψη, δεν προτείνουν τεχνική επίλυσης. Απαιτούν εξερεύνηση και κατανόηση μαθηματικών εννοιών, διαδικασιών και μεγάλη γνωστική προσπάθεια.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ

Η εργασία αυτή εξετάζει τις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου μαθηματικών Α΄ Γυμνασίου ως προς τα επίπεδα γνωστικών απαιτήσεων και ως προς τους διδακτικούς στόχους χρησιμοποιώντας την ταξινόμια Gras. Κάθε διδακτικός στόχος περιγράφεται από κάποιο ρήμα που δηλώνει το είδος της ενέργειας που περιμένουμε από τον μαθητή (Gras,

1979), προσφέρει τη δυνατότητα μέτρησης και αξιολόγησης των αποτελεσμάτων της διδασκαλίας. Για το σκοπό αυτό διαμορφώθηκε η παρακάτω κατηγοριοποίηση:

- 1) υπολογιστική-απομνημόνευσης: εντάσσονται δραστηριότητες που ανήκουν στην υπολογιστική και τεχνική δραστηριότητα με την ταξινόμια Gras. Απαιτούν τη διενέργεια υπολογισμών με ακρίβεια. Κατατάσσονται στην κατηγορία απομνημόνευσης.
- 2) μεταφραστική-αλγοριθμική: εντάσσονται δραστηριότητες που ανήκουν στην μεταφραστική και στην δραστηριότητα μεταφορά με την ταξινόμια Gras. Απαιτούν τη μετάφραση μιας κατάστασης, σε μαθηματική σχέση και αντίστροφα. Επιπρόσθετα, είναι αλγοριθμικές με περιορισμένες γνωστικές απαιτήσεις.
- 3) ευρετική-κατανόησης: εντάσσονται δραστηριότητες που ανήκουν στην προβλεπτική και ευρετική δραστηριότητα με την ταξινόμια Gras. Απαιτούν έρευνα. Επιπλέον απαιτούν ανάπτυξη αλγορίθμων με κάποιο βαθμό γνωστικών απαιτήσεων.
- 4) κριτική-διερεύνησης: εντάσσονται δραστηριότητες που ανήκουν στη λογική και κριτική δραστηριότητα με την ταξινόμια Gras. Απαιτούν κριτικό πνεύμα και κυριαρχεί η λογική. Ανήκουν στο πιο υψηλό επίπεδο γνωστικών απαιτήσεων.

Δείγμα μελέτης

Το σχολικό εγχειρίδιο Μαθηματικών Α΄ Γυμνασίου περιλαμβάνει συνολικά πάνω από 600 δραστηριότητες. Επιλέχθηκαν για μελέτη τα κεφαλαία 4^ο, 5^ο και 6^ο (εξισώσεις και προβλήματα, ποσοστά, ανάλογα και αντιστρόφως ανάλογα ποσά αντίστοιχα) επειδή ο μαθητής αποκτά γνώσεις που τις χρησιμοποιεί και σε άλλα μαθήματα όπως φυσική και χημεία αλλά και σε διάφορα προβλήματα στην καθημερινή του ζωή. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες ήταν κυρίως ο μεγάλος αριθμός δραστηριοτήτων καθώς και η συχνότητα εμφάνισης όλων των παραπάνω κατηγοριών που ανήκουν στην Άλγεβρα. Έτσι μελετήθηκαν τα συγκεκριμένα τρία κεφάλαια με συνολικό αριθμό 92 δραστηριότητες.

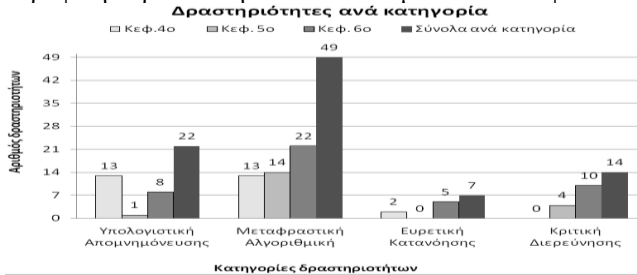
Πίνακας 1: Κατανομή δραστηριοτήτων σε κατηγορίες ανά κεφάλαιο

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΚΕΦ. 4 ^ο	ΚΕΦ. 5 ^ο	ΚΕΦ. 6 ^ο
Υπολογιστική Απομνημόνευσης	σ74ασκ:5,7,8,9, 10,11,12	σ81ασκ:4	σ92ασκ:1,2,6,10 σ101ασκ:1,2,σ105 ασκ:10,σ109ασκ:4
Μεταφραστική Αλγοριθμική	σ74ασκ:1,2,3,4,13,14,σ 78ασκ:2,6,7, 8,10,11,12	σ81ασκ:1,2,3,5, 6,7,8,σ83:ασκ.2,5,6, 7,8,9,11	σ89ασκ:4,5 σ92ασκ:3,4,5,7,8, 12,σ98ασκ:4,5,7 σ101ασκ:4,σ105 ασκ:1,2,3,4,5,6,7,9 σ109ασκ:5,7
Ευρετική Κατανόησης	σ74ασκ:6,15,σ78 ασκ:1,3,4,5,9,13		σ89ασκ:1,2,3,σ98 ασκ:6,σ101ασκ:3
Κριτική Διερεύνησης		σ83ασκ:1,3,4,10	σ92ασκ:9,11,σ98 ασκ:1,2,3,σ105ασκ:8σ109 ασκ:1,2,3,6

(Σημείωση: Η συντομογραφία σ81ασκ:4 δηλώνει σελίδα 81άσκησι4)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Γράφημα 1: Γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων ανά κεφάλαιο και συνολικά



Από τα αποτελέσματα διαπιστώνουμε ότι μόνο 7 από τις 92 δραστηριότητες (το 7,5%) έχουν ως βασική επιδίωξη να αποκτήσει ο μαθητής τη δεξιότητα να εξερευνεί καταστάσεις και να ανακαλύπτει νέες γνώσεις. Οι δραστηριότητες υψηλού επίπεδου αποτελούν περίπου το ένα τέταρτο των συνολικών ενώ οι υπόλοιπες είναι χαμηλού επιπέδου.

Σχετικά με την διατύπωση των διδακτικών στόχων διαπιστώθηκε ότι τα ρήματα που χρησιμοποιούνται σχετίζονται κυρίως με υπολογισμούς και ελάχιστα με κρίση και έρευνα. Η κατάταξη ασκήσεων σε κατηγορία δραστηριοτήτων υποδηλώνει ότι αυτή είναι η κυρίαρχη δραστηριότητα χωρίς να αποκλείεται και η ύπαρξη κάποιων άλλων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα διαπιστώθηκε ότι οι δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Μαθηματικών Α΄ Γυμνασίου καλύπτουν σε μέγιστο βαθμό στόχους που αφορούν εκτέλεση σωστών υπολογισμών και μετατροπές προβλημάτων καθώς και τις γνωστικές απαιτήσεις απομνημόνευσης, και εκτέλεσης απλών αλγορίθμων. Αντιθέτως καλλιεργούν ελάχιστα ικανότητες για έρευνα, κριτική σκέψη, ανάπτυξη αλγορίθμων και διερεύνησης προβλημάτων. Τα παραπάνω συμπεράσματα διατυπώνονται με επιφυλάξεις επειδή η έρευνα έγινε μόνο σε τρία κεφάλαια από τα δέκα που είναι συνολικά.

Μια άλλη έρευνα για το ίδιο εγχειρίδιο καταλήγει στα ίδια συμπεράσματα (Νταραδήμος, 2015) καθώς και στη διαπίστωση ότι το εν λόγω εγχειρίδιο δεν δημιουργεί θετική στάση των μαθητών απέναντι στα μαθηματικά. Επίσης ο Δούκας (2010) σε σχετική έρευνα προτείνει την επανεξέταση δραστηριοτήτων που δε βοηθούν την αποκαλυπτική διαδικασία. Αντίστοιχη έρευνα για το σχολικό εγχειρίδιο Β΄ Γυμνασίου (Καραβασίλης, & Κόσσυβας, 2016) επισημαίνει ότι οι δραστηριότητες του δεν προκαλούν την αυτενέργεια των μαθητών και την διερεύνηση μαθηματικών νόμων.

Οι δραστηριότητες υψηλού γνωστικού επιπέδου καλλιεργούν στους μαθητές μαθηματικές διεργασίες συλλογισμού και επιχειρηματολογίας, διατύπωση υποθέσεων και γενίκευσης, δημιουργίας συνδέσεων, δημιουργία μαθηματικών ιδεών, ανάπτυξη επικοινωνίας και συνεργασίας κατά τη διερεύνηση και πραγμάτευση ανοιχτών

δραστηριοτήτων Ως εκ τούτου, η μελετημένη ενσωμάτωση τους στα σχολικά εγχειρίδια είναι σημαντική για την υποστήριξη της μάθησης των μαθητών.

Για να αντιμετωπισθούν τα παραπάνω ζητήματα ο εκπαιδευτικός μπορεί είτε να τροποποιήσει δραστηριότητες χαμηλού γνωστικού επιπέδου δημιουργώντας νέες που να προάγουν την έρευνα και την κριτική ικανότητα, είτε να διδάξει άλλες υψηλού γνωστικού επιπέδου από το βιβλίο του εκπαιδευτικού καθώς και να δημιουργήσει δικές του ή να αναζητήσει στο διαδίκτυο κατάλληλες. Επίσης, σημαντικό είναι να προσέξει την διατύπωση των δραστηριοτήτων για να αντιλαμβάνεται ο μαθητής ποιος είναι ο διδακτικός στόχος και ποια δεξιότητα κατακτά. Καλό θα ήταν να γίνει μια πιο εμπεριστατωμένη έρευνα για το θέμα αυτό από τα πανεπιστημιακά ιδρύματα της χώρας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Gras, R.(1979). These, Université de Rennes I.
- Jones, D., & Tarr, J. (2007). *An examination of the levels cognitive demand required by probability tasks in middle grades Mathematics Textbooks*, Statistics Education Research Journal, vol.6, Issue 2, p4.
- Pepin, B. (2008). *Μια διεθνής σύγκριση των διδακτικών βιβλίων μαθηματικών και της χρήσης τους από τους εκπαιδευτικούς – ποια εικόνα των μαθηματικών παρουσιάζουν στους μαθητές τα σχολικά βιβλία στην Αγγλία, Γαλλία και Γερμανία*. Στο Δ. Χασάπης (Επιμ.) Το βιβλίο στη διδασκαλία των μαθηματικών, 7ο διήμερο διαλόγου για διδασκαλία των μαθηματικών 15 & 16 Μαρτίου 2008. Θεσσαλονίκη.
- Reys, B., Reys, R., & Chávez, O. (2004), *Why Mathematics Textbooks Matter*, Educational Leadership, 61(5), 61–66.
- Βανδουλάκης, Ι., Καλλιγιάς, Χ., Μαρκάκης, Ν., & Φερεντίνος, Σ. (2008). *Μαθηματικά Α΄ Γυμνασίου*, Βιβλίο εκπαιδευτικού. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Βανδουλάκης, Ι., Καλλιγιάς, Χ., Μαρκάκης, Ν., & Φερεντίνος, Σ. (2013). *Μαθηματικά Α΄ Γυμνασίου*, Βιβλίο Μαθητή. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Δούκας, Κ. (2010). *Η Άλγεβρα στο νέο σχολικό βιβλίο των Μαθηματικών στην Α΄ Γυμνασίου* (Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΚΠΑ/Πανεπιστήμιο Κύπρου). Αθήνα. http://www.math.uoa.gr/me/dipl/dipl_doukas.kostas.pdf
- Καραβασίλης, Β., & Κόσσυβας, Γ. (2016). *Όψεις κριτικής αποτίμησης του σχολικού βιβλίου μαθηματικών της Β΄ Γυμνασίου: το εγχειρίδιο υποστηρίζει δραστηριότητες υψηλής γνωστικής βαρύτητας;* Έρκυνα, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών – Επιστημονικών Θεμάτων, Τεύχος 10ο, 68-84.
- Κολέζα, Ε. (2006). *Σχολικά εγχειρίδια των μαθηματικών: Α΄ Μέρος: Ένα θεωρητικό πλαίσιο αξιολόγησης*. Ευκλείδης Γ΄, 65, σελίδες 3—27. Αθήνα: ΕΜΕ.
- Νταραδήμος, Λ. (2015). *Η μετάβαση από το Δημοτικό στο Γυμνάσιο μέσα από τη σύγκριση των σχολικών βιβλίων των Μαθηματικών της ΣΤ΄ Δημοτικού και της Α΄ Γυμνασίου* (Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΚΠΑ/Πανεπιστήμιο Κύπρου). Αθήνα. http://www.math.uoa.gr/me/dipl/2014-15/dipl_Ntaradimos.pdf
- Σοφού, Ε., Κατσαντώνη, Σ., & Ταβουλάρη, Ζ. (2011). *Η διδακτική της χρήσης των σχολικών βιβλίων*, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, τεύχος 17, Π.Ι.

Διδακτικές προτάσεις για τις Φυσικές Επιστήμες

Ψηφιοποίηση των πειραμάτων της Φυσικής του μαθήματος «Φυσικά Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου

Ευαγγελία Δ. Ζαρκανέλα,¹ Γεώργιος Κ. Ζαχαρίας² & Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης³

¹ Εκπαιδευτικός ΠΕ70, ^{2,3} ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
zarkanelia@gmail.com, gzacharis@uoi.gr & kkotsis@uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει το οπτικοακουστικού υλικού για τα πειράματα Φυσικής του σχολικού εγχειριδίου του Τετραδίου Εργασιών «ΦΥΣΙΚΑ-ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ» της ΣΤ΄ Τάξης Δημοτικού. Στηρίζεται στις σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες έχοντας ως σκοπό την ενίσχυση του εκπαιδευτικού έργου του δασκάλου. Η σπουδαιότητα του πειράματος, ο ρόλος που διαδραματίζει στην εκπαιδευτική διαδικασία και η σπουδαιότητά του στην διδασκαλία της Φυσικής είναι αδιαμφισβήτητος. Η εκτέλεση πειραμάτων με χρήση απλών – καθημερινών υλικών συντελεί στο να αφαιρεθεί ένα ποσοστό από το μυστήριο που περιβάλλει την επιστήμη οδηγώντας στην απομυθοποίηση οργάνων και συσκευών και συσχετίζει αντικείμενα και κοινές εμπειρίες της καθημερινής ζωής. Η βιντεοσκόπηση πειραμάτων με απλά υλικά παρουσιάζει με απλό και κατανοητό τρόπο πειράματα, περιλαμβάνει τους στόχους του μαθήματος και παρέχει με απλό και κατανοητό τρόπο, έναν οδηγό στην πραγματοποίησή τους. Κάθε παραχθέν βίντεο ως ψηφιακή αυτοτελής οντότητα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί στη μάθηση που υποστηρίζεται από τεχνολογία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πείραμα, Φυσική, απλά υλικά, Τ.Π.Ε., βιντεοσκόπηση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία του πειράματος θεωρείται δεδομένη για τη διδακτική των Φ.Ε (Κόκκοτας, 2004) Σύμφωνα με τους Koronen & Mäntylä (2006), η Φυσική είναι μια πειραματική επιστήμη και η γνώση περί Φυσικής βασίζεται στα πειράματα. Η έννοια του πειράματος δεν περιορίζεται στο σχολικό εργαστήριο. Πείραμα είναι και η κριτική παρατήρηση των καθημερινών φυσικών φαινομένων, όταν η αντιμετώπισή τους διέπεται από τη μεθοδολογική συνέπεια των φυσικών επιστημών (Lunetta et al., 2007; Millar, 2004). Σύμφωνα με το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) για τις Φ.Ε. στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση (Ο.Ε.Δ.Β., 2002), βασικό στόχο του πειράματος

αποτελεί η σύνδεση φαινομένων της καθημερινότητας με το γνωστικό περιεχόμενο και την επιστημονική μεθοδολογία ώστε η μάθηση να καταστεί μια αυτόνομη βιωματική εμπειρία. Το πείραμα βοηθά στην ανάπτυξη και αισθητοποίηση αφηρημένων εννοιών ξεκινώντας από συγκεκριμένες καταστάσεις. Οι μαθητές αποκτούν την επιστημονική σκέψη, δεν θεωρούν τα πάντα δεδομένα, αλλά πειραματίζονται, διαπιστώνουν λάθη, ξαναδοκιμάζουν και τελικά αποκτούν-οικοδομούν τη γνώση, απορρίπτοντας ή ισχυροποιώντας τις αντιλήψεις τους.

Η βιντεοσκόπηση πειραμάτων με απλά υλικά με βάση την ύλη του σχολικού εγχειριδίου του Τετραδίου Εργασιών «Φυσικά-Ερευνό και ανακαλύπτω» της ΣΤ' Τάξης Δημοτικού στοχεύει στην παρουσίαση με απλό και κατανοητό τρόπο των πειραμάτων που προτείνονται στο σχολικό εγχειρίδιο σε όλη την εκπαιδευτική και μαθητική κοινότητα της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Π.Ε.). Τα βιντεοσκοπημένα πειράματα παρέχουν με απλό και κατανοητό τρόπο έναν οδηγό στην πραγματοποίησή τους από τους εκπαιδευτικούς αλλά και τους μαθητές της Π.Ε. δίνοντας παράλληλα, τη δυνατότητα σε εκπαιδευτικούς ακόμη και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές να τα ενσωματώσουν στην εκπαιδευτική τους πρακτική παρέχοντάς τους ένα πολύτιμο εργαλείο διδασκαλίας.

Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Έχει παρατηρηθεί ότι στην ελληνική σχολική πραγματικότητα, κυρίως στο δημοτικό και το γυμνάσιο, οι μαθητές παρακολουθούν κάποια πειράματα επίδειξης στις Φ.Ε. ενώ οι ίδιοι σπάνια κάνουν (ή τους επιτρέπεται να κάνουν) πειράματα. Στη γενική υποχρεωτική εκπαίδευση στη χώρα μας φαίνεται να έχει κυριαρχήσει ο στόχος της μάθησης του περιεχομένου. Σ' αυτό το πλαίσιο πολλοί εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι «θα χρησιμοποιούσαν τα πειράματα στις Φ.Ε. αν υπήρχε, για παράδειγμα, η κατάλληλη «υλικοτεχνική υποδομή», επειδή: «τα παιδιά θα μάθαιναν καλύτερα, θα τα καταλάβαιναν και θα τα θυμούνταν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κ.ο.κ.». Αξίζει να αναφέρουμε πως οι βασικότεροι λόγοι εξαιτίας των οποίων δεν πραγματοποιούνται πειράματα στην ελληνική υποχρεωτική εκπαίδευση σύμφωνα με την βιβλιογραφία (Κώτσης & Μπασιάκος, 2009; Κώτσης, 2005; Κουμαράς, 2002; Χαλκιά, 1999) είναι η έλλειψη ειδικών υλικών, οργάνων και συσκευών που απαιτούνται για την εκτέλεση των πειραμάτων στα σχολεία, η έλλειψη των ειδικών χώρων που απαιτούνται για την εκτέλεση των πειραμάτων στα σχολεία, ο φόβος της αποτυχίας κατά την εκτέλεση του πειράματος, ο φόβος ατυχήματος κατά την εκτέλεση ενός πειράματος, και η έλλειψη χρόνου που απαιτείται για την οργάνωση και πραγματοποίηση των πειραμάτων (Στύλος, 2014).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΑΠΛΑ ΜΕΣΑ

Η εξέλιξη του μαθήματος των Φ.Ε. στηρίζεται στην εκτέλεση πειραμάτων με απλά καθημερινά μέσα τα οποία συμβάλλουν στη σύνδεση όσων διδάσκονται στο σχολείο με την καθημερινή ζωή. Η χρήση καθημερινών υλικών συντελεί στο να αφαιρεθεί ένα ποσοστό από το μυστήριο που περιβάλλει την επιστήμη και συνεπώς οδηγεί στην απομυθοποίηση οργάνων και συσκευών (Μπακάλη και Κουμαράς, 1998; Μπακάλη και Κουμαράς, 1997). Η επιστήμη συσχετίζεται με αντικείμενα και κοινές εμπειρίες της

καθημερινής ζωής χωρίς να είναι κάτι το εξωτικό, το μακρινό και ιδιαίτερο (Woolpough and Allsop, 1985). Η χρήση των πειραμάτων με απλά μέσα στην τάξη εξυπηρετεί την εξοικείωση του μαθητή με την επιστημονική μεθοδολογία. Τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, εκτός των πλεονεκτημάτων που έχουν για τους μαθητές, παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και για τους εκπαιδευτικούς, γιατί γίνονται με γνωστά και «φιλικά» υλικά και δεν τους φοβίζουν από άποψη επικινδυνότητας.

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΙΝΤΕΟΣΚΟΠΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Η επιλογή της βιντεοσκόπησης των πειραμάτων που προτείνονται με βάση την ύλη του μαθήματος «Φυσικά» της ΣΤ΄ τάξης εξασφαλίζει τη δυνατότητα παρακολούθησης οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας των προτεινόμενων πειραμάτων σε όλα την επικράτεια. Η βιντεοσκόπηση των πειραμάτων βοηθά τον δάσκαλο στην εξοικείωσή του με την πειραματική διαδικασία. Τον απαλλάσσει από το άγχος που προκαλεί ένα «άγνωστο» πείραμα και ο ίδιος μπορεί να το μελετήσει και να το εκτελέσει σπίτι του προετοιμάζοντας το μάθημα της επόμενης ημέρας. Παράλληλα, επιτρέπει στον δάσκαλο την παρουσίαση ενός πειράματος με τη χρήση του Η/Υ σε περιπτώσεις όπου είτε δεν υπάρχει η υλικοτεχνική υποδομή στο σχολείο είτε υπάρχει «η πίεση της ύλης» και δεν δύναται να εκτελέσει ο ίδιος το πείραμα. Επιπλέον, εξασφαλίζει σε κάθε μαθητή τη δυνατότητα της αυτόνομης άσκησης στο σπίτι. Κάθε μαθητής μπορεί να επαναλάβει τα πειράματα στο σπίτι του έχοντας ως οδηγό το εκάστοτε βιντεοσκοπημένο πείραμα και να διευρύνει αυτόνομα το πεδίο των πειραματικών του εμπειριών. Το ψηφιακό αντικείμενο μένει «αναλλοίωτο» στο χρόνο. Ο καθένας μπορεί μετά από χρόνια να το επανα – χρησιμοποιήσει στα πλαίσια της εκπαιδευτικής προσέγγισης που επιλέγει. Τέλος, παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησής τους και από άτομα με προβλήματα ακοής, μιας και σε κάθε βίντεο έχουν ενσωματωθεί και οι αντίστοιχοι υπότιτλοι.

Ο ΟΠΤΙΚΟΣ ΔΙΣΚΟΣ

Από τα δεκατρία (13) κεφάλαια που υπάρχουν στο τετράδιο εργασιών «Φυσικά Δημοτικού – Ερευνώ και ανακαλύπτω» της ΣΤ΄ τάξης, τρία (3) κεφάλαια: Η Θερμότητα, Ο Ηλεκτρομαγνητισμός και Το Φως σχετίζονται με τη Φυσική. Στο σύνολό τους, τα πειράματα Φυσικής που προτείνονται είναι 31. Συγκεκριμένα, στο κεφάλαιο «Θερμότητα» είναι έξι (6), στο κεφάλαιο «Ηλεκτρομαγνητισμός» είναι δέκα (10) και στο κεφάλαιο «Φως» είναι δεκαπέντε (15). Ωστόσο, ορισμένα από αυτά δεν στάθηκε δυνατό να βιντεοσκοπηθούν λόγω του ότι είναι πειράματα που κυριαρχούν οι αισθήσεις, όπως για παράδειγμα η ακτινοβολία της λάμπας στο χέρι μας, και που φυσικά είναι αδύνατο να αποτυπωθεί στο βίντεο. Συνολικά, βιντεοσκοπήθηκαν δεκαεννέα (19) πειράματα. Τέσσερα (4) στο κεφάλαιο Θερμότητα, έξι (6) στο κεφάλαιο Φως και εννέα (9) στο κεφάλαιο Ηλεκτρομαγνητισμός. Η δομή των φύλλων εργασίας ακολουθεί τα διδακτικά στάδια του ερευνητικά εξελισσόμενου μοντέλου. Δίνεται έμφαση στην καλλιέργεια των επιστημονικών διαδικασιών και στην ενεργοποίηση του μαθητή μέσα από δραστηριότητες και πειράματα.

Για την δημιουργία του οπτικού δίσκου χρησιμοποιήθηκε μια κάμερα υψηλής ευκρίνειας, μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή και ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής. Για την ψηφιακή επεξεργασία των βίντεο χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Camtasia Studio της εταιρίας TechSmith στην ελεύθερη έκδοσή του (free trial version). Η δομή των βιντεοσκοπημένων πειραμάτων ακολουθεί τα διδακτικά στάδια του ερευνητικά εξελισσόμενου μοντέλου με έμφαση στην καλλιέργεια των επιστημονικών διαδικασιών και στην ενεργοποίηση του μαθητή μέσα από δραστηριότητες και πειράματα. Αρχικά παρουσιάζονται οι ειδικοί στόχοι του κάθε πειράματος που βρίσκονται σε άμεση συσχέτιση με τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών και σκοπό έχουν να τις αναδομήσουν οδηγώντας έτσι στην επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Στη συνέχεια ακολουθούν τα βίντεο που περιλαμβάνουν εκτός από την εκτέλεση των πειραμάτων, παρουσίαση των οργάνων και των υλικών που θα χρειαστούν καθώς επίσης και αναλυτικές βήμα προς βήμα οδηγίες για την σωστή και ασφαλή διεκπεραίωση των πειραμάτων. Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα στα οποία πρέπει να καταλήξει ο μαθητής μετά το τέλος της υλοποίησης του κάθε φύλλου εργασίας., κατόπιν η παρουσίαση των υλικών, οι οδηγίες εκτέλεσης, τα συμπεράσματα και τέλος οι ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης (εμπέδωσης) κλειστού τύπου για την κατανόηση της ύλης. Οι μαθητές μπορούν έτσι να συγκρίνουν τα νέα δεδομένα που προέκυψαν με τις αρχικές τους υποθέσεις, να εκτιμήσουν την αξία των τελικών συμπερασμάτων και να οδηγηθούν στον αυτοέλεγχο και στη συνειδητοποίηση της γνωστικής τους πορείας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η επιστήμη της Φυσικής συνδέεται με πολλές εφαρμογές της εποχής μας και δεν είναι κάτι που συναντάμε μόνο στο εργαστήριο. Στο σπίτι μας, στο δρόμο, στην καθημερινότητά μας αντιμετωπίζουμε διάφορα φυσικά φαινόμενα. Η επαφή αυτή δεν είναι οργανωμένη και γίνεται τυχαία. Στο σχολείο ωστόσο, ο μαθητής αντιμετωπίζει τα φυσικά φαινόμενα οργανωμένα. Τα φυσικά φαινόμενα αντιμετωπίζονται μεθοδικά, μέσω κατάλληλων περιβαλλόντων μάθησης και διδακτικών προσεγγίσεων. Η επιτυχία ενός μαθήματος Φ.Ε. στηρίζεται στο δίπτυχο: διδακτική μεθοδολογία – πείραμα. Τα βιντεοσκοπημένα πειράματα βοηθούν στη σύνδεση των φαινομένων που μελετώνται με την καθημερινή ζωή. Ο πειραματισμός με οικεία όργανα και υλικά βοηθά στην ισχυροποίηση της αντίληψης ότι το μάθημα στο σχολείο δεν αποτελεί παρά μία νέα μεθοδολογικά προσέγγιση της μελέτης των φυσικών φαινομένων της καθημερινής ζωής.

Η βιντεοσκόπηση πειραμάτων Φυσικής με απλά υλικά με βάση την ύλη του μαθήματος «Φυσικά» της ΣΤ΄ τάξης στόχευσε στην παρουσίαση με απλό και κατανοητό τρόπο των πειραμάτων που προτείνονται στο σχολικό εγχειρίδιο σε όλη την εκπαιδευτική και μαθητική κοινότητα της Π.Ε. και συνάμα, την ενίσχυση του εκπαιδευτικού έργου του δασκάλου. Τα βιντεοσκοπημένα πειράματα που παρήχθησαν παραμένουν «αναλλοίωτα» και μπορούν να (επανα)χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια της εκπαιδευτικής προσέγγισης που επιλέγει ο εκάστοτε δάσκαλος παρέχοντάς του ένα πολύτιμο εργαλείο αναλλοίωτο στο χρόνο, για την εκτίμηση του βαθμού κατανόησης από μέρους των μαθητών της διδαχθείσας ύλης.

Εν κατακλείδι, η παρούσα εργασία παρέχει το έναυσμα για τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς όλων των τάξεων της Π.Ε. να πραγματοποιήσουν τα ίδια ή και άλλα εκτός σχολικού εγχειριδίου, πειράματα με απλά υλικά με κεντρικό στόχο να έρθουν οι μαθητές πιο κοντά στις Φ.Ε. και να κατανοήσουν έννοιες και φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με αυτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κόκκοτας, Π. (2004). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης, Μέρος Π. Αθήνα
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Koronen, I.T., & Mäntylä, T., (2006). Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education*, Volume 15, Number 1, 31-54, DOI: 10.1007/s11191-005-3199-6.
- Κώτσος, Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Ιωάννινα: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
- Κώτσος Κ. & Μπασιάκος Γ. (2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φ.Ε. και Ν.Τ. στην Εκπαίδευση, Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας* Φλώρινα.
- Μπακάλη, Β., Κουμαράς, Π., (1997). *Πειράματα στο σπίτι με χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης*, Ανοικτό σχολείο, τεύχος 66, σ. 5-10.
- Μπακάλη, Β., Κουμαράς, Π., (1998). *Πειράματα στο σπίτι με χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης*, Ανοικτό σχολείο, τεύχος 67, σ. 5-10.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2002). Διαθεματικό Ενιαίο πλαίσιο προγραμμάτων σπουδών των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Στύλος, Γ. (2014). *Στάσεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Διδακτορική διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Woolnough, B., Allsop, T., (1985), *Practical work in science*, Cambridge University Press, London p.74.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2002). Διαθεματικό Ενιαίο πλαίσιο προγραμμάτων σπουδών των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Χαλκιά, Κ. (1999), *Το πείραμα στην καθημερινή σχολική πρακτική: Διερεύνηση των αντιλήψεων των στάσεων και των απόψεων των ελλήνων εκπαιδευτικών για τη διδακτική αξιοποίηση των πειραμάτων στο μάθημα της φυσικής*. Σύγχρονη εκπαίδευση, τεύχος 107, σελίδες 81–90.

«Ταξίδι στ’ αστέρια με οδηγό τη μυθολογία» μέσα από Slowmation (Slow Motion Animation) και τη χρήση Τ.Π.Ε. στο Δημοτικό Σχολείο

Κωνσταντίνος Φαντέλας ¹, Παρασκευή – Αικατερίνη Κολοκυθά ² & Βασιλική Σίμινα ³

¹ Μεταπτυχιακός Φοιτητής ΠΤΔΕ ΑΠΘ, fantelas@eled.auth.gr

² Εκπαιδευτικός ΠΕ70 – Δασκάλων, 1ο 12/θεσιο Πειραματικό Δημοτικό Θεσσαλονίκης ΑΠΘ, katerinaki0708@yahoo.gr

³ Εκπαιδευτικός ΠΕ06 – Αγγλικών, 1ο 12/θεσιο Πειραματικό Δημοτικό Θεσσαλονίκης ΑΠΘ, vsimina@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πρόταση περιγράφεται η διδασκαλία του ηλιακού συστήματος με την χρήση της ψηφιακής αφήγησης και συγκεκριμένα της τεχνικής του slowmation στην Δ2 τάξη του 1^{ου} Πειραματικού Δ.Σ. Θεσσαλονίκης από δύο εκπαιδευτικούς και έναν μεταπτυχιακό φοιτητή του Π.Τ.Δ.Ε. Οι μαθητές υλοποίησαν ομαδοσυνεργατικά βιωματικές δράσεις με τελικό προϊόν την ταινία «Θυσία για τα αστέρια».

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ψηφιακή αφήγηση, slowmation, φυσικές επιστήμες, διάστημα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αφήγηση, εκτός από ένα ψυχαγωγικό μέσο και μια κοινωνική πρακτική που συναντάται σε όλες τις ηλικίες, αποτελεί ένα βασικό μέσο διαπαιδαγώγησης στην εκπαίδευση. Η εισαγωγή των πολυμέσων συνέβαλε στην ανάπτυξη της ψηφιακής αφήγησης ενισχύοντας την εκπαιδευτική διαδικασία και ειδικότερα τη διδασκαλία των θετικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, όπου οι μαθητές λόγω της γνωστικής τους ανάπτυξης δυσκολεύονται να κατανοήσουν (Thagard, 1992) αλλά και οι γνώσεις των εκπαιδευτικών δεν είναι επαρκείς (Hoban, 2007).

Η τεχνική του slowmation αποτελεί ένα από τα διάφορα είδη ψηφιακής αφήγησης, καθώς και μια νέα διδακτική προσέγγιση στα πλαίσια των φυσικών επιστημών. Συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα είδος αργού animation κατά το οποίο εμφανίζονται διαδοχικά δύο εικόνες ανά ένα δευτερόλεπτο (Hoban, 2005, Σέρογλου κ.ά., 2014).

Η δημιουργία ταινιών με την τεχνική του slowmation από τα ίδια τα παιδιά, μπορεί να προσδώσει σημαντικά οφέλη στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι έννοιες, τα φαινόμενα και οι θεωρίες των φυσικών επιστημών ζωντανεύουν με τη χρήση πολυμέσων

μέσα από τους ήρωες και τις περιπέτειες τους που επινοούν οι μαθητές και δημιουργούν τις δικές τους περιεκτικές ταινίες (Hoban, 2007). Τέτοιου είδους ψηφιακές αφηγήσεις προωθούν τη διαφοροποιημένη διδασκαλία παρέχοντας ευκαιρίες μάθησης με ποικίλους τρόπους (Lathem, 2005). Επιπρόσθετα, προάγουν την αυτενέργεια και την αυτονομία των μαθητών ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στην ανάπτυξη της κοινωνικότητάς τους καθώς δύναται να εργαστούν ομαδικά, να συζητήσουν και να λύσουν τις απορίες τους για τις έννοιες που διαπραγματεύονται στις ταινίες τους, δημιουργώντας συνθήκες για την ανακάλυψη της γνώσης από τους ίδιους τους μαθητές (Σέρογλου κ.ά., 2014). Τέλος, η διαδικασία της μάθησης παίρνει έναν ευχάριστο, ψυχαγωγικό και αποτελεσματικό χαρακτήρα, χρησιμοποιώντας υλικά με τα οποία τα παιδιά είναι εξοικειωμένα, όπως παιχνίδια, μαρκαδόρους, φωτογραφίες, πλαστελίνες, κá (Seroglou et al., 2008; Keast et al., 2010; Brown, 2011).

Η ανάπτυξη ενός Slowmation ακολουθεί σε γενικές γραμμές τα παρακάτω διακριτά στάδια: α) προσανατολισμός και οργάνωση, β) ενασχόληση με δραστηριότητες, γ) διατύπωση του σεναρίου, δ) κατασκευή ηρώων και σκηνικών, ε) ηχογράφηση, στ) φωτογράφιση και ζ) σύνθεση της ταινίας. Χρησιμοποιώντας προγράμματα όπως το Pixlr Editor, το Audacity τα παιδιά επεξεργάζονται τις φωτογραφίες και τις ηχογραφήσεις και σε ένα πρόγραμμα ή λογισμικό δημιουργίας ταινίας όπως το Windows Movie Maker προσθέτουν τις εικόνες και τους διαλόγους και δημιουργούν την ταινία τους. Στο τέλος τα παιδιά βλέπουν την ταινία τους και αναστοχάζονται.

Το 2013, οι Σέρογλου κ.ά. μελέτησαν περίπου 120 παιδιά όλων των τάξεων, τα οποία δημιούργησαν ομαδικά τις δικές τους ψηφιακές αφηγήσεις slowmation για τις φυσικές επιστήμες (Σέρογλου κ.ά., 2014). Οι ψηφιακές αφηγήσεις που προέκυψαν αναλύθηκαν με βάση τα ερευνητικά μοντέλα GNOSIS και STARS και βρέθηκε ότι τα παιδιά αποτυπώνουν στις αφηγήσεις τους, όχι μόνο γνώσεις περιεχομένου, αλλά και τη σημασία των γνώσεων αυτών στην καθημερινή ζωή. Από την ανάλυση τους προέκυψε, επίσης, ότι με τον τρόπο αυτό καλλιεργούνται στα παιδιά, όχι μόνο γνωστικές δεξιότητες, αλλά και μεταγνωστικές δεξιότητες, στάσεις και αξίες. Τέλος, στην ίδια δημοσίευση αναφέρεται ότι τα παιδιά σε συνεργασία με τον/την εκπαιδευτικό σχεδιάζουν και παράγουν πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το σχέδιο εργασίας με τίτλο «Ταξίδι στ' αστέρια με οδηγό τη μυθολογία», που υλοποιήθηκε την ώρα της Μελέτης Περιβάλλοντος και των Αγγλικών, συνάδει με τις αρχές της ομαδοσυνεργατικής μάθησης (Brown & Ciuffetelli Parker, 2009). Σύμφωνα με αυτές, οι μαθητές συμμετέχουν στη μάθηση ενεργά έχοντας ως μέλη της ομάδας μία συγκεκριμένη εργασία, ρόλο και ευθύνη. Ακόμα, αναπτύσσουν τη δημιουργικότητά τους και αποκτούν εμπειρίες και γνώσεις που έχουν νόημα για αυτούς (Αυγητίδου, 2014. Κοσσυβάκη, 2003. Ματσαγγούρας, 2008).

Έτσι, οι 21 μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε 4 ή 5 ανομοιογενείς ομάδες, ως προς το φύλο και την επίδοση, ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε δραστηριότητας. Τα μέλη των ομάδων κλήθηκαν να συλλέξουν υλικό, να το επεξεργαστούν, να ανταλλάξουν ιδέες

και να αποφασίσουν το σενάριο της ταινίας, την κατασκευή των ηρώων και των σκηνικών από κοινού. Όσον αφορά την αξιολόγηση της δράσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της παρατήρησης των μαθητών κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων καθώς και η χρήση ερωτηματολογίου.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Τίτλος διδακτικού σεναρίου: «Ταξίδι στα αστέρια με οδηγό τη μυθολογία»

Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές: Μελέτη Περιβάλλοντος, Αγγλικά, Γλώσσα, Ιστορία (μυθολογία), Τ.Π.Ε., Μουσική, Εικαστικά, Θεατρική Αγωγή, Ευέλικτη Ζώνη.

Τάξη: Δ΄ Δημοτικού

Διάρκεια: 4 μήνες, περίπου 30 διδακτικές ώρες

Σκοπός: Η ανάπτυξη γραμματισμών και δεξιοτήτων μέσα από τη συνεργατική μάθηση και την κριτική μελέτη με αποτέλεσμα την ενίσχυση των γνώσεων για τις φυσικές επιστήμες. Ειδικότερα, οι μαθητές να γνωρίσουν τη δομή του ηλιακού συστήματος μέσα από την Ψηφιακή Αφήγηση και συγκεκριμένα της τεχνικής του slowmation.

Διδακτικοί στόχοι:

- **Για το γνωστικό αντικείμενο:** Να ασκηθούν στη συλλογή, στην καταγραφή, στην ταξινόμηση και στην περιγραφή στοιχείων μελέτης των πλανητών και να γνωρίσουν τους πλανήτες, τους αστερισμούς και τους μύθους που σχετίζονται μ' αυτούς αλλά και τις απόψεις της επιστήμης για τη δημιουργία του ηλιακού συστήματος.
- **Για τη μαθησιακή διαδικασία:** Να συνεργάζονται, να αναπτύξουν τις επικοινωνιακές τους ικανότητες και να μπορούν να παρουσιάσουν την εργασία τους. Ακόμα, να αναπτύξουν δεξιότητες κριτικής και δημιουργικής σκέψης, μετα-γνώσης και αυτό-αξιολόγησης.
- **Για την χρήση Τ.Π.Ε.:** Να εξοικειωθούν με την χρήση του Η/Υ ως ένα μεθοδολογικό εργαλείο ψηφιακού γραμματισμού και να προβάλλουν τις ιδέες τους μέσα από τη δημιουργία της δικής τους ταινίας με την τεχνική του slowmation.

Μέσα και Υλικά: Φύλλα εργασίας, εγκυκλοπαίδειες, λογοτεχνικά βιβλία, φωτογραφίες, πογιές, χαρτόνια, Η/Υ, Internet, προτζέκτορας.

Πορεία διδασκαλίας: Το πρώτο διδακτικό δίωρο ο μεταπτυχιακός φοιτητής επισκέφτηκε το τμήμα ώστε να ακούσει τις προτάσεις και τις ιδέες των παιδιών για το θέμα των φυσικών επιστημών που θα επεξεργάζονταν. Οι μαθητές της τάξης επέλεξαν το

ηλιακό μας σύστημα, συναποφασίζοντας με τις δασκάλους τους και τον φοιτητή τις υποενότητες που θα επεξεργαστούν (Ηλιακό σύστημα, Πλανήτες και μυθολογία, Γαλαξίας, Αστερισμοί, Αστρονομία και Μυθολογία, Αστρονομία και Τέχνη). **Την τρίτη ώρα** οι μαθητές σύναψαν ένα συμβόλαιο ομάδας με το οποίο δεσμεύτηκαν πως όλο το πρόγραμμα θα διακατέχεται από ομαδικό πνεύμα. **Την τέταρτη ώρα** προβλήθηκε ένα απόσπασμα από την ταινία «Πολιτική Κουζίνα», καταγράψαμε τις υπάρχουσες ιδέες των παιδιών για το θέμα και φτιάξαμε τον Εννοιολογικό χάρτη. Στη συνέχεια, **την πέμπτη και έκτη ώρα** οι μαθητές χωρίστηκαν σε 4 ομάδες και μελέτησαν τους πλανήτες υπό το πρίσμα της μυθολογίας, της τέχνης, της ποίησης και του θεάτρου. Αφού επεξεργάστηκαν σχετικό υλικό, η κάθε ομάδα παρουσίασε το τελικό προϊόν της στην ολομέλεια (αφίσες, ζωγραφιές - κόμικς, ποίημα, θεατρικό δρώμενο). **Το επόμενο τρία δίωρο** προβλήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς επιμορφωτικά βίντεο από το youtube για την κίνηση των πλανητών, για τους αστερισμούς, καθώς και για τη ζωή των αστροναυτών. Επίσης, αρκετοί μαθητές παρουσίασαν στην ολομέλεια της τάξης powerpoint που έφτιαζαν για τους αγαπημένους τους πλανήτες. **Το επόμενο δίωρο** οι μαθητές κατασκεύασαν μόνιπλε για το διάστημα, πυραύλους και τρισδιάστατη κατασκευή του ηλιακού συστήματος με πλαστελίνες. Στη συνέχεια, **τις επόμενες 2 ώρες** οι μαθητές γνώρισαν τους αστερισμούς μέσα από την επεξεργασία υλικού και συμπληρώνοντας ανάλογα φύλλα εργασίας. Αυτά συρράφηκαν και δημιουργήθηκε το βιβλίο της Δ΄ 2 τάξης για τους αστερισμούς. **Τις επόμενες 8 διδακτικές ώρες** οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με πληθώρα λογοτεχνικών βιβλίων σχετικών με το διάστημα (π.χ. Ο μικρός πρίγκιπας, ο Εέ από τα άστρα, κá), τα οποία επεξεργάστηκαν και παρουσίασαν στην τάξη. Στη συνέχεια, αφού πήραν ιδέες από τα αποσπάσματα των βιβλίων που μελέτησαν, συζήτησαν για την ιστορία του σεναρίου και τους ήρωες που θα περιείχε. Όσον αφορά τη συγγραφή του σεναρίου, αφιερώθηκαν **6 διδακτικές ώρες**. Ειδικότερα οι μαθητές με τις ομάδες τους συνέγραψαν την ιστορία για το σενάριο όπως τη φαντάζονταν. Η κάθε ομάδα παρουσίασε την ιστορία της στην ολομέλεια. Τέλος, οι μαθητές αποφάσισαν τι θα κρατήσουν από την κάθε εκδοχή της ιστορίας της κάθε ομάδας και φρόντισαν να χρησιμοποιήσουν την Αγγλική γλώσσα όπου μπορούσαν. Με προσθήκες και αφαιρέσεις συνέγραψαν το τελικό κείμενο του σεναρίου συναποφασίζοντας τον τίτλο «Θυσία για τα αστέρια». **Δύο διδακτικές ώρες** αφιερώθηκαν στην κατασκευή των ηρώων και των σκηνικών για την ταινία. Στη συνέχεια, σε **ένα διδακτικό δίωρο** πραγματοποιήθηκε η ηχογράφιση του σεναρίου στη βιβλιοθήκη του σχολείου και συμμετείχαν κάθε φορά τα μέλη μιας ομάδας. Οι μαθητές, ανάλογα με το ρόλο τους διάβασαν το απόσπασμα του σεναρίου που τους αναλογούσε, «έπαιξαν» με το χρώμα της φωνής τους και πειραματίστηκαν. **Τις επόμενες δύο ώρες** αναπαρέστησαν με τις κατασκευές που έφτιαζαν μία-μία τις σκηνές, και μετακινώντας τους ήρωες σταδιακά τράβηξαν τις φωτογραφίες. Την **τελευταία ώρα** του σεναρίου οι μαθητές παρακολούθησαν την ταινία που επιμελήθηκε ο φοιτητής με την τεχνική του slowmation. Συζήτησαν, σχολίασαν, γέλασαν και εξέφρασαν τις εντυπώσεις τους για το σχέδιο εργασίας συμπληρώνοντας το ερωτηματολόγιο. Το σχέδιο εργασίας ολοκληρώθηκε με τη συμμετοχή της τάξης στο φεστιβάλ μαθητικών ταινιών για τις φυσικές επιστήμες που διοργανώθηκε στο Π.Τ.Δ.Ε. Εκεί, οι μαθητές αντάλλαξαν τις

εμπειρίες τους από τη συμμετοχή τους στις δραστηριότητες. Μάλιστα ενθουσιάστηκαν ιδιαίτερα όταν κέρδισαν το βραβείο της καλύτερης ηχογράφησης.

Η δημιουργία του βίντεο: Με το διαδικτυακό εργαλείο Pixlr Editor πραγματοποιήθηκε η επεξεργασία των εικόνων που προέκυψαν από τις φωτογραφίες των παιδιών. Το Audacity χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία της καθαρότητας (μείωση θορύβων και μη επιθυμητών ήχων), καθώς για την απομάκρυνση ή τη συγκόλληση διαφόρων αποσπασμάτων ήχου. Η εφαρμογή Voice Changer with effects, συνέβαλε στην αλλαγή του ηχητικού τόνου ορισμένων αποσπασμάτων ήχου. Μετά την επεξεργασία τους, όλες οι τροποποιημένες φωτογραφίες και οι ηχογραφήσεις εισήχθησαν στο πρόγραμμα Windows Movie Maker, στο οποίο έγινε και η τελική σύνθεση τους σε μία ενιαία ταινία.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΔΡΑΣΗΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διάρκεια του project υιοθετήθηκε η διαμορφωτική αξιολόγηση, ενώ στο τέλος του έργου ακολουθήθηκε η τελική αξιολόγηση. Ειδικότερα, η διαμορφωτική αξιολόγηση εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών μέσα από τις παρατηρήσεις, τα σχόλια και τις ερωτήσεις των μαθητών/τριών. Η τελική αξιολόγηση εφαρμόστηκε μέσα από τη δημιουργία της ταινίας. Επίσης, μέσω ενός ερωτηματολογίου αποτυπώθηκαν οι εντυπώσεις των παιδιών που συμμετείχαν ενεργά στη δραστηριότητα.

Από τις απαντήσεις των μαθητών φάνηκε ο ενθουσιασμός τους και η χαρά της ομαδικής δημιουργίας. Αξιοσημείωτο είναι πως κανένας μαθητής δεν παρουσίασε δυσκολίες στην υλοποίηση κάποιας δραστηριότητας. Αντιθέτως, από όλα τα παιδιά τονίστηκε πως χάρηκαν τη συνεργασία και πως η ταινία ήταν ωραία γιατί ήταν προϊόν ανταλλαγής σκέψεων και ιδεών. Όλοι μαζί συνεργάστηκαν τόσο για τη συγγραφή του σεναρίου όσο και για την κατασκευή των ηρώων και των σκηνικών. Αξίζει να σημειωθεί πως παρά το γεγονός πως η ιστορία δεν ψηφιοποιήθηκε από τους ίδιους τους μαθητές, βλέποντας το τελικό αποτέλεσμα έδειξαν έντονα τον ενθουσιασμό τους. Εντυπωσιάστηκαν καθώς μέσα από τη δική τους ψηφιακή αφήγηση συνειδητοποίησαν ότι η ταινία τους είναι προϊόν συνεργασίας.

Ακόμα, η παρούσα διδακτική πρόταση επιβεβαιώνει τα ευρήματα πρόσφατων ερευνών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, η δημιουργία της ταινίας με την τεχνική του slowmotion κερδίζει τους μαθητές, δημιουργεί ένα ευχάριστο περιβάλλον μάθησης, σπάει τη μονοτονία και ενισχύει τη θετική διάθεση και το ενδιαφέρον των μαθητών για συμμετοχή στη γνώση και την εκπαιδευτική διαδικασία.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της δράσης ήταν ιδιαίτερα θετικά, καθώς οι μαθητές αύξησαν το ενδιαφέρον τους για τις φυσικές επιστήμες και ειδικότερα για το διάστημα υλοποιώντας παιγνιώδεις και ευχάριστες δράσεις. Τέλος, η περίπτωση των μαθητικών ταινιών αποτελεί ένα παράδειγμα που μελλοντικά θα είχε ενδιαφέρον να διερευνήσει τη συνεργασία των φυσικών επιστημών με την τέχνη (ζωγραφική, μουσική, θέατρο) στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Η ψηφιακή απεικόνιση της δράσης βρίσκεται στον ακόλουθο σύνδεσμο:

<https://www.youtube.com/watch?v=Bi34XyKUIE0&feature=youtu.be>

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε πολύ την κα Φανή Σέρογλου, υπεύθυνη καθηγήτρια του μαθήματος «Η φύση των Φυσικών Επιστημών και η Διδασκαλία της με Διαδικτυακά Περιβάλλοντα Μάθησης και Πολυμεσικές Αφηγήσεις», για τη συνεργασία της και τις πολύτιμες συμβουλές της σε όλη τη διάρκεια του project.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυγητίδου, Σ. (2014). *Οι εκπαιδευτικοί ως ερευνητές και ως στοχαζόμενοι επαγγελματίες*. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- Κοσσυβάκη, Φ. (2003). *Εναλλακτική Διδακτική: Προτάσεις για μετάβαση από τη Διδακτική του Αντικειμένου στη Διδακτική του ενεργού Υποκειμένου*. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- Ματσαγγούρας, Η. (2008). *Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Σέρογλου Φ., Λέτσι Α., Γέντζη Ε., Δογάνη Κ. (2014). Δημιουργώ και μαθαίνω φυσικές επιστήμες: Η περίπτωση των μαθητικών ταινιών slowmation. *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Ανα-Στοχασμοί για την Παιδική Ηλικία*. p.1161-1182. Θεσσαλονίκη - Ελλάδα.
- Brown, H., & Ciuffetelli, D.C. (Eds.). (2009). *Foundational methods: Understanding teaching and learning*. Toronto: Pearson Education.
- Brown, J. (2011) The impact of student created slowmation on the teaching and learning of primary science. Post-graduate Thesis. School of Education Edith Cowan University, Perth, Western Australia.
- Hoban, G. F. (2007). Using slowmation to engage preservice elementary teachers in understanding science content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 7(2), 75- 91.
- Keast S., Cooper R., Berry A., Loughran J. & Hoban G. (2010). Slowmation as a pedagogical scaffold for improving science teaching and learning. *Brunei International Journal of Science & Mathematic Education*, 2(1), 01-15
- Lathem, S.A. (2005) Learning Communities and Digital Storytelling: New Media for Ancient Tradition. *Society for Information Technology and Teacher Education International Conference 2005*
- Seroglou, F., Koulountzos, V., Papadopoulos, P. & Knavas, O. (2008). Restructuring science stories in films & role-playing: Teaching science concepts in their social and cultural context. Invited paper presented at the second international conference in science teaching, July 14–18, 2008. Munich, Germany: Deutsches Museum.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. NJ: Princeton University Press

Μια πρόταση για διεπιστημονική διδασκαλία Γεωγραφίας στην Στ' τάξη του Δημοτικού Σχολείου με πειράματα Φυσικής.

Γεώργιος Πριμεράκης

3ο Δημοτικό Σχολείο Χαλάστρας, gprim@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή προτείνεται η διδασκαλία περιοχών του ΑΠΣ Γεωγραφίας με την εκτέλεση πειραμάτων Φυσικής. Πειράματα με απλά υλικά εκτελεσμένα από τους μαθητές και τις μαθήτριες μπορούν να τους και τις κινητοποιήσουν και να εμπλακούν με θετική στάση στην εκπαιδευτική διαδικασία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φυσικές Επιστήμες, Γεωγραφία, Φυσική, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, Διεπιστημονική Διδασκαλία, πειράματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδασκαλία της Γεωγραφίας εισήχθηκε στην εκπαίδευση στις αρχές του 19ου αιώνα με διαφορετικούς σκοπούς. Στην αρχή σαν επικουρική της Ιστορίας στην προσπάθεια για την δημιουργία Εθνών-Κρατών. Στην Γαλλία μετά από προαιρετική εφαρμογή τελικά εισήχθηκε σαν υποχρεωτικό καθημερινό μάθημα σαν Ιστορία και Γεωγραφία της Γαλλίας, ένα μάθημα ρητά συνδεδεμένο με την πολιτική αγωγή, την ηθική και τον πατριωτισμό (Moniot 2002). Στην Αγγλία ξεκίνησε και αυτή σαν επικουρική της Ιστορίας, υπήρχε μάθημα στις αρχές του 19ου αιώνα με τίτλο “Αρχαία και Σύγχρονη Γεωγραφία” (Gillard, 2011). Παράλληλα προϋπήρχε επαγγελματική εκπαίδευση στην ναυτική τέχνη όπου περιελάμβανε την “μελέτη των (υδρόγειων) σφαιρών” (Gillard, 2011).

Αργότερα εμφανίσθηκε και η Εμπορική Γεωγραφία που απευθυνόταν στην επαγγελματική εκπαίδευση των υπαλλήλων και στελεχών της κυβέρνησης και των εταιριών που χρειαζόταν για να διαχειριστούν την Βρετανική αυτοκρατορία του 19ου αιώνα που εξαπλωνόταν σε όλον τον πλανήτη. Τελικά η Φυσική Γεωγραφία στην υποχρεωτική εκπαίδευση στην Αγγλία εισήχθηκε στα τέλη του 19ου αιώνα σαν Φυσική Επιστήμη και μάλιστα σαν μια οικονομική λύση που κάλυπτε και τις ανάγκες διαχείρισης της Βρετανικής Αυτοκρατορίας :“Ένα αναλυτικό πρόγραμμα δεν μπορεί να είναι πλήρες άν δεν περιέχει τις Φυσικές Επιστήμες. Μια καλή αρχή μπορεί να γίνει με την εισαγωγή της Φυσικής Γεωγραφίας μιας και η διδασκαλία της δεν απαιτεί εργαστηριακό εξοπλισμό αλλά καλούς χάρτες” (Taunton Report, 1868, σχολιασμένο σε Gillard, 2011).

Στην σημερινή εποχή η Γεωγραφία έχει μετατοπισθεί περισσότερο προς την Ανθρωπογεωγραφία μελετώντας τις αλληλεπιδράσεις ανθρώπου και περιβάλλοντος

(ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Γεωγραφίας, 2003). Αλλά όμως τονίζεται και η ανάγκη διδασκαλίας βασικών γνώσεων (ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ, Γεωγραφίας 2003) για την ερμηνεία φαινομένων και καταστάσεων καθώς προτείνει και την δημιουργία διεπιστημονικών γεφυρών.. Κάποιες από αυτές διδάσκονται και στην Φυσική (π.χ. Ιδιότητες του αέρα, πίεση αερίων – ατμοσφαιρική πίεση, φαινόμενο θερμοκηπίου, μαγνητισμός – ηλεκτρομαγνητισμός, ιδιότητες του φωτός, καταστάσεις της ύλης κ.α.).

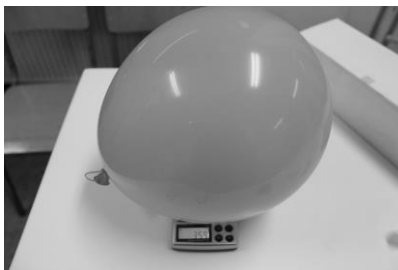
ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Προτείνουμε ενδεικτικά να διδαχθεί η ενότητα “Η ατμόσφαιρα” της Γεωγραφίας ΣΤ’ Δημοτικού και με πειράματα Φυσικής και μάλιστα με απλά υλικά (Κουμαράς, 2002) έτσι ώστε να γίνει ποιο ελκυστική η διδασκαλία και να κινητοποιηθούν και να συμμετάσχουν οι μαθητές και μαθήτριες. (Κουμαράς, 2006). Επιλέχθηκαν 5 πειράματα κάποια “παραδοσιακά” στην βιβλιογραφία όπως “ο αέρας περιέχει οξυγόνο” το οποίο μάλιστα διδασκόταν σε παλιότερη έκδοση των σημερινών βιβλίων της Ε’ Δημοτικού, και κάποια τροποποιημένα από την βιβλιογραφία αλλά και πρωτότυπες προσεγγίσεις.

Ο αέρας έχει βάρος

Υλικά: Ηλεκτρονική ζυγαριά ακριβείας (0,01 γραμμαρίου), μπαλόνι, λαστιχάκι. Εκτέλεση: Ζυγίζουμε το μπαλόνι άδειο και το λαστιχάκι. Φουσκώνουμε το μπαλόνι, ασφαλίζουμε το στόμιο δένοντάς το με το λαστιχάκι. Ζυγίζουμε το φουσκωμένο μπαλόνι και παρατηρούμε την αύξηση στην ένδειξη βάρους της ζυγαριάς (εικόνα 1).

Εικόνα 1: Ζύγιση φουσκωμένου μπαλονιού



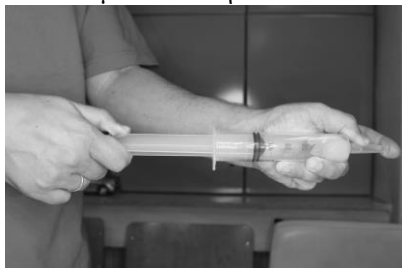
Το μπαλόνι είναι καλύτερα να το φουσκώσουμε με κάποια τρόπα γιατί αν χρησιμοποιήσουμε αέρα εκπνοής αυτός είναι διαφορετικός και βαρύτερος του ατμοσφαιρικού (περιέχει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς). Αποφεύγουμε τα μεγάλα μπαλόνια γιατί δέχονται μεγαλύτερη άνωση και τέλος προσέχουμε να μην υπάρχουν ρεύματα αέρα γιατί επηρεάζουν την ζυγαριά και την ζύγιση.

Ζώντας σε έναν ωκεανό αέρα

Υλικά: Σύριγγες των 60 ml, μπαλονάκια νερού, marshmallows. Εκτέλεση:

Φουσκώνουμε ελάχιστα ένα μπαλόνι, το δένουμε και το τοποθετούμε μέσα στη σύριγγα. Έπειτα σπρώχνουμε το έμβολο όσο το δυνατόν πιο μέσα, κλείνουμε το στόμιο με το δάχτυλό μας και τραβάμε το έμβολο. Το μπαλόνι φουσκώνει μόνο του γιατί η πίεση μέσα στην σύριγγα είναι μικρότερη από την πίεση του αέρα στο μπαλόνι (εικόνα 2) .

Εικόνα 2: Φούσκωμα μπαλονιού με υποπίεση.

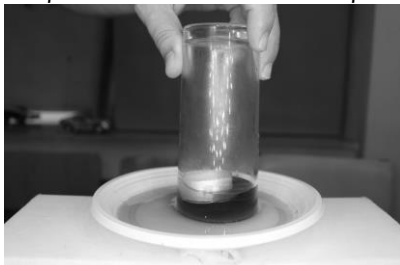


Επαναλαμβάνουμε το πείραμα χρησιμοποιώντας marshmallows. Εξηγούμε ότι ζούμε στον πυθμένα ενός ωκεανού αέρα ο οποίος λόγω του βάρους του (βλέπε προηγούμενο πείραμα) μας ασκεί πελώριες δυνάμεις που όμως δεν αντιλαμβανόμαστε γιατί ζούμε μέσα σ' αυτόν όπως τα ψάρια δεν “ενοχλούνται” από την υδροστατική πίεση. Αν βρισκόμασταν σε έναν πλανήτη χωρίς ατμόσφαιρα ή στο διάστημα τι θα παθαίναμε;

Οξυγόνο: ένα συστατικό της ατμόσφαιρας απαραίτητο για τη ζωή

Υλικά: Γυάλινο ποτήρι, κεράκι ρεσώ, πιάτο, χρώμα ζαχαροπλαστικής ή μελάνη. Εκτέλεση: Τοποθετούμε στο πιάτο λίγο νερό χρωματισμένο και ένα αναμμένο κεράκι. Με προσοχή σκεπάζουμε το κεράκι με το γυάλινο ποτήρι και το ακουμπάμε στο πιάτο. Σε λίγα δευτερόλεπτα το κεράκι “καίει” το οξυγόνο που περιέχει ο εγκλωβισμένος αέρας στο ποτήρι. Με την καύση το οξυγόνο ενώνεται με το άνθρακα και το υδρογόνο που υπάρχει στο ρεσώ (παραφίνη, μείγμα υδρογονανθράκων, αλκανίων C_nH_{2n+2} και $20 \leq n \leq 40$) και παράγεται νερό και διοξείδιο του άνθρακα που σιγά σιγά διαλύονται στο νερό. Έτσι στο εσωτερικό του ποτηριού δημιουργείται “κενό” και υποπίεση και ανεβαίνει η στάθμη του νερού εξαιτίας της διαφοράς πιέσεων με την ατμοσφαιρική.

Εικόνα 3: Το οξυγόνο του αέρα αντικαθίσταται από το νερό.

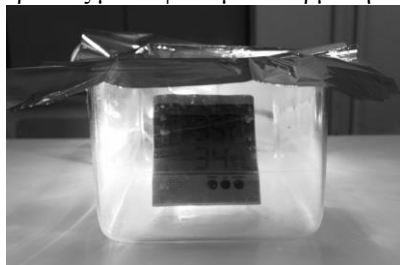


Τονίζουμε τη σημασία του οξυγόνου για τη διατήρηση τη ζωής στον πλανήτη Γη μας και η ζωή διατηρείται χάρη στις “καύσεις” στο εσωτερικό των κυττάρων φυτών και ζώων.

Ατμόσφαιρα: μία κουβέρτα που μας κρατάει ζεστούς

Υλικά: Θερμική κουβέρτα επιβίωσης, γυάλινη λεκάνη, θερμόμετρο, λάμπα πυρακτώσεως. Εκτέλεση: Τοποθετούμε μέσα στη λεκάνη το θερμόμετρο και στην απέναντι πλευρά την λάμπα. Το θερμόμετρο αποκαθιστά μία θερμοκρασία. Σκεπάζουμε τη λεκάνη με την κουβέρτα επιβίωσης. Γρήγορα η θερμοκρασία ανεβαίνει.

Εικόνα 4: Αύξηση θερμοκρασίας με το φαινόμενο θερμοκηπίου.



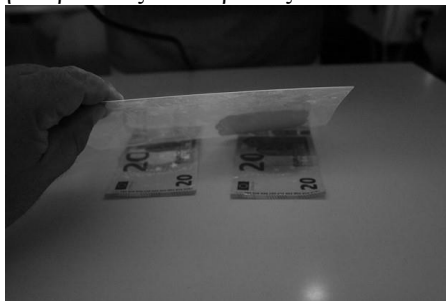
Εξηγούμε ότι η θερμική κουβέρτα επιβίωσης λειτουργεί όπως η ατμόσφαιρα και ειδικά το διοξείδιο του άνθρακα που περιέχει: ανακλά τη θερμότητα της λάμπας με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της λεκάνης. Με παρόμοιο τρόπο εξηγείται και το φαινόμενο θερμοκηπίου.

Ατμόσφαιρα: μία ασπίδα από την υπεριώδη ακτινοβολία του Ήλιου

Υλικά: Λάμπα υπεριώδους φωτός (black light) ή φακός υπεριώδους φωτός, χαρτονομίσματα, διαφάνεια A4, αντηλιακό. Εκτέλεση: Παίρνουμε δυο ίδια χαρτονομίσματα. Τα φωτίζουμε με τη λάμπα υπεριώδους φωτός και παρατηρούμε τα χαρακτηριστικά ασφαλείας δηλαδή τα σχήματα και χρώματα που φαίνονται μόνο με το υπεριώδες φως. Αυτά είναι τυπωμένα με ειδικές μελάνες που απορροφούν την υπεριώδη

ακτινοβολία και την επανεκπέμπουν στο ορατό φως. Καλύπτουμε τα χαρτονομίσματα με μία διαφάνεια όπου πάνω από το δεύτερο χαρτονόμισμα έχουμε κάνει μία επάλειψη με αντηλιακή κρέμα. Παρατηρούμε ότι η αντηλιακή κρέμα απορροφά το υπεριώδες φως και δεν φαίνονται πλέον τα χαρακτηριστικά ασφαλείας.

Εικόνα 5: Απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας.



Εξηγούμε ότι η ατμόσφαιρα και ειδικά το στρώμα του όζοντος λειτουργεί σαν το στρώμα αντηλιακού, απορροφά δηλαδή σημαντική ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τα προτεινόμενα πειράματα δραστηριότητες οι μαθητές και οι μαθήτριες εξερευνούν περιοχές του Αναλυτικού Προγράμματος των Φυσικών Επιστημών και ειδικά της Γεωγραφίας και Φυσικής, εκτελούν πειράματα, αποκτούν βασικές γνώσεις, ερμηνεύουν φαινόμενα, κατανοούν το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, αναπτύσσουν την περιβαλλοντική συνείδηση και αποκτούν επιστημονικές δεξιότητες με έναν ευχάριστο και ελκυστικό τρόπο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Gillard, D. (2011) *Education in England: a brief history*, www.educationengland.org.uk/history, ανακτήθηκε τον Ιούνιο του 2016
- Μονιότ, Η. (2002). *Διδακτική της Ιστορίας*, Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Γεωγραφία ΣΤ' Δημοτικού (2015), ΙΤΥΕ "Διόφαντος".
- ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ Γεωλογίας – Γεωγραφίας (2003), <http://www.pi-schools.gr/programs/deppls/>, ανακτήθηκε τον Ιούνιο του 2016.
- Ερευνώ και ανακαλύπτω Ε' Δημοτικού (2001), ΟΕΔΒ
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Κουμαράς, Π. (2006). Είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ενδιαφέρον στους μαθητές για την Φυσική;. *Πρακτικά 3^ο Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, σελ. 30-39.

Η Έννοια της Διαδρομής στο Πλαίσιο Διαφόρων Ψηφιακών Μέσων και Περιβαλλόντων σε Παιδιά Προσχολικής Ηλικίας.

Αρετή Παπανικολάτου¹ & Δέσποινα Χαλούλη¹

¹ Τμήμα Παιδαγωγικό Προσχολικής Εκπαίδευσης Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
arepapan@gmail.com, despina_haloulis@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν κείμενο εστιάζουμε στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και την αξιολόγηση παιδαγωγικού υλικού, όπου οι Τ.Π.Ε αξιοποιούνται σε μια τάξη παιδιών προσχολικής ηλικίας. Το παιδαγωγικό υλικό που σχεδιάστηκε βασίστηκε στη σύνθεση τριών περιβαλλόντων τεχνολογίας: α) το περιβάλλον *Bee-Bot*, που αφορά περιηγητή εδάφους και ανήκει στον ευρύτερο χώρο της εκπαιδευτικής ρομποτικής, β) το ψηφιακό χάρτη *Google Earth* και γ) το περιβάλλον *Ladybug maze* που βασίζεται σε μια απλή μορφή γλώσσας προγραμματισμού τύπου *logo*. Μέσω αυτών των τεχνολογιών γίνεται εστίαση στην διδασκαλία της έννοιας του προσανατολισμού (δεξιά, αριστερά, μπρος, πίσω, πάνω και κάτω) και της διαδρομής. Η σχεδίασή μας βασίστηκε σε δύο αλληλένδετες φάσεις: αρχικά διερευνήθηκαν οι γνώσεις των παιδιών γύρω από τις έννοιες του προσανατολισμού και της διαδρομής μέσω κατάλληλων έργων και στη συνέχεια διαμορφώθηκε κατάλληλα το παιδαγωγικό υλικό, ώστε οι τρεις τεχνολογίες να λειτουργούν συνδυαστικά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τ.Π.Ε, εκπαιδευτική ρομποτική, έννοιες προσανατολισμού, διαδρομή

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γενικά αποδεκτό ότι τα σημερινά παιδιά μεγαλώνουν μέσα σ' ένα πλούσιο τεχνολογικά περιβάλλον. Ακόμα και στο Νηπιαγωγείο, ο Η/Υ και οι Τ.Π.Ε έχουν καταλάβει σημαντική θέση (Μπράτιτσης, 2013) και η ενσωμάτωσή τους στις θεματικές ενότητες της διδασκαλίας, αποτελεί το καλύτερο έναυσμα, ώστε να ωφεληθούν τα μικρά παιδιά (Οικονομίδης & Ζαράνης, 2010). Η χρήση της Ρομποτικής υποστηρίζει αυτή την ένταξη της τεχνολογίας στο σχολικό πλαίσιο, μέσω της οποίας παρατηρείται ενεργή συμμετοχή των παιδιών σε δραστηριότητες που έχουν νόημα για αυτά (Bers, Ponte, Juelich, Viera & Schenker, 2002). Η Ρομποτική προσφέρει μια πληθώρα πλεονεκτημάτων τόσο στα παιδιά όσο και στον εκπαιδευτικό, κάτι που συμβάλλει στο να θεωρείται ένα χρήσιμο μαθησιακό εργαλείο, το οποίο βοηθά στην ενίσχυση της μάθησης και της ανάπτυξης της σκέψης του μαθητή (Alimisis, Moro, Arlegui, Frangou & Papanikolaou,

2007, Demo, 2008). Σύμφωνα με τον Bers (2007), μέσω της Ρομποτικής τα παιδιά όλων των ηλικιών μπορούν να μάθουν πώς να εφαρμόζουν τα μαθηματικά για την επίλυση αληθινών προβλημάτων και καταστάσεων, που τους επιτρέπουν τη μάθηση μέσα από τον πειραματισμό και την εξερεύνηση νέων μέσων (Bers, Ponte, Juelich, Viera & Schenker, 2002).

Στην αγορά είναι διαθέσιμοι διάφοροι τύποι προγραμματιζόμενων ρομπότ κατάλληλοι για τις διάφορες ηλικιακές ομάδες των παιδιών και το μαθησιακό τους επίπεδο (Alimisis, Moro, Arlegui, Frangou & Papanikolaou, 2007). Για παράδειγμα, κυκλοφορούν πολύ απλά εργαλεία προγραμματισμού, τα οποία δεν χρειάζονται από το παιδιά κάποια συναρμολόγηση, όπως το Bee-Bot, που συνήθως δίνεται στα παιδιά προσχολικής ηλικίας (Demo, 2008). Κυκλοφορούν και άλλα εργαλεία, που όμως έχουν πιο πολύπλοκα χαρακτηριστικά και μοιάζουν περισσότερο με ρομπότ.

Στην παρούσα έρευνά μας, θα ασχοληθούμε με την προγραμματιζόμενη συσκευή Bee-Bot, η οποία μπορεί να εκτελέσει μια σειρά από βήματα προγραμματιζόμενη από κάποιο παιδί με συγκεκριμένη σειρά οδηγιών. Όσον αφορά στην εξωτερική του εμφάνιση, μοιάζει με μια μεγάλη μέλισσα που στο πάνω μέρος του σώματός της έχει χρωματιστά κουμπιά, τα οποία αντιστοιχούν σε εντολές για κίνηση προς τα εμπρός, πίσω, δεξιά ή αριστερά. Επίσης, υπάρχουν άλλα τρία κουμπιά, το κουμπί «GO», που πατώντας το ξεκινάει να εκτελεί τη σειρά των οδηγιών, το κουμπί «PAUSE», που σταματά για κάποια δευτερόλεπτα και τέλος το κουμπί «CLEAR», που λειτουργεί σαν την ιδέα της μνήμης που αποθηκεύει τις οδηγίες και πατώντας το σβήνει τις εντολές που δόθηκαν (Demo, 2008). Ο τρόπος που τα παιδιά ελέγχουν το Bee-Bot είναι απλός: πατούν τα βελάκια που υπάρχουν πάνω του ανάλογα με την κατεύθυνση που θέλει να πάει και στη συνέχεια πατούν το πράσινο κουμπί «GO» (Ρεκάγονά, 2008). Όπως επισημαίνεται από τους Beraza, Pina & Demo (2010), η χρήση της μικρής μέλισσας ανέπτυξε στα παιδιά δεξιότητες υπολογισμού και λογικής σκέψης, στρατηγικές επίλυσης τοπολογικών προβλημάτων (δηλαδή το «δικό μου δεξιά», «το δικό του δεξιά») και μάθηση των αριθμών. Οι μαθητές μέσα από τη βιωματική εμπλοκή μαθαίνουν έννοιες, αποκτούν στρατηγικές για να λύσουν πραγματικά προβλήματα που έχουν νόημα για αυτά (Bers & Portsmore, 2005). Πέραν όμως από το Bee-Bot, ασχοληθήκαμε και με δυο ακόμα ψηφιακά περιβάλλοντα, το Google Earth και το Ladybug-maze. Στόχος ήταν να μελετηθούν κατά πόσο τα παιδιά μπορούν να ξεχωρίσουν έννοιες προσανατολισμού στο χώρο και χρησιμοποιώντας αυτές τις έννοιες να ακολουθήσουν μια συγκεκριμένη διαδρομή.

Σύμφωνα με παλαιότερες έρευνες που εστιάζουν στην χωρική γνώση, επιβεβαιώνεται η περιορισμένη ικανότητα των παιδιών να συντονίσουν με επιτυχία χωρικές πληροφορίες. Από την άλλη μεριά, νεότερες έρευνες έχουν δείξει ότι τα παιδιά μεγαλώνοντας προσεγγίζουν θέσεις και διευθύνσεις στο χώρο, κατηγοριοποιούν χωρικές πληροφορίες ή απομνημονεύουν και αναπαριστούν χωρικά δεδομένα (Clements, 1999). Σχετικά με τον χωρικό προσανατολισμό που αφορά στην τοποθέτηση και την κίνηση σε σχέση με διάφορες θέσεις στο χώρο, παρατηρείται, ότι σε ένα πρώτο στάδιο το παιδί προσανατολίζεται με κέντρο τον εαυτό του και τη θέση του (Newcomb & Huttenlocher,

2000), αλλά όσο μεγαλώνει μπαίνει στη διαδικασία να προσανατολιστεί με αλλοκεντρικά συστήματα ή ακόμα και να μπορεί να προσανατολιστεί σ' ένα χάρτη (Τζεκάκη, 2011).

Η γλώσσα για τις χωρικές σχέσεις αποκτάται από ένα παιδί σταδιακά (Bowerman, 1996). Οι πρώτοι όροι που έχουν σχέση με τον προσανατολισμό και που κατατάσσονται σε ένα παιδί, συνήθως είναι το «μέσα», «επάνω» και «κάτω», έννοιες δηλαδή που υποδεικνύουν την κατεύθυνση. Αυτές οι αρχικές έννοιες αναφέρονται σε μετασηματισμούς που «αναγκάζεται» το παιδί να κατακτήσει για την κατανόηση του προσανατολισμού. Στη συνέχεια, σ' ένα ανώτερο επίπεδο (αναφορικά με την ηλικία και το μαθησιακό τους επίπεδο) τα παιδιά μαθαίνουν κάποιες λέξεις εγγύτητας, όπως είναι το «δίπλα» και το «μεταξύ». Αργότερα, μαθαίνουν λέξεις, οι οποίες αναφέρονται σε πλαίσια αναφοράς, όπως είναι το "μπροστά" και το "πίσω". Τέλος, όσον αφορά στις λέξεις "αριστερά" και "δεξιά" το παιδί τις μαθαίνει πολύ αργότερα και είναι η πηγή της σύγχυσης στα παιδιά για αρκετά χρόνια (CFE, 2009).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Το «Διδακτικό Πείραμα» αποτελεί εναλλακτική προσέγγιση για τη μελέτη της διδακτικής παρέμβασης υιοθετώντας μια ανθρωποκεντρική σκοπιά μεθοδολογίας προσανατολισμένη στην διερεύνηση της ανάπτυξης και της διαπραγμάτευσης των νοημάτων που κατασκευάζουν και παράγουν τα δρώντα υποκείμενα σε συγκεκριμένα εκπαιδευτικά πλαίσια. Αυτή η προσέγγιση υποστηρίζει την ανάγκη πειραματισμού στο χώρο της διδακτικής και παράλληλα ευνοεί την αναζήτηση διαλογικής σχέσης μεταξύ θεωρίας και πράξης (Χρονάκη, 2007, σ.1).

Στην παρούσα μελέτη με τη βοήθεια του διδακτικού πειράματος διερευνήθηκαν οι διαφορές στις επιδόσεις των νηπίων σε σχέση με τη διδασκαλία της έννοιας της διαδρομής, τόσο στο γνωστικό, όσο και στο λεκτικό κομμάτι με τη χρήση διαφορετικών ψηφιακών περιβαλλόντων (Bee-Bot, Google Earth & Ladybug maze). Έτσι, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν είναι τα εξής:

1. Γνωρίζουν τα παιδιά τις έννοιες πάνω, κάτω, δεξιά, αριστερά, μπρος και πίσω;
2. Με ποιούς τρόπους αναπαριστούν τις έννοιες αυτές; (Λεκτικά ή γλώσσα σώματος)
3. Σε ποιο βαθμό αλληλεπιδρούν τα παιδιά με τη βοήθεια διάφορων ψηφιακών μέσων;

Διαδικασία

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε το πώς τα παιδιά μέσα από τρία διαφορετικά ψηφιακά μέσα (Bee-Bot, Google Earth & Ladybug maze) κατανοούν την έννοια του προσανατολισμού και πώς ανταποκρίνονται-χειρίζονται τις έννοιες αυτές στο κάθε ψηφιακό μέσο. Η μελέτη χωρίστηκε σε τρεις φάσεις, οι οποίες είναι: Α) Σαν πρώτη γνωριμία με την έννοια του προσανατολισμού παροτρύνουμε τα παιδιά να μας αναπαραστήσουν, όπως εκείνα πίστευαν, το δεξιά-αριστερά και το πάνω-κάτω, προκειμένου να διερευνηθούν οι προϋπάρχουσες γνώσεις τους σε σχέση με τις έννοιες προσανατολισμού έχοντας ως σημείο αναφοράς τον ίδιο τους τον εαυτό. Πιο

συγκεκριμένα, διατυπώθηκε η ακόλουθη οδηγία στα παιδιά «Με τη βοήθεια του σώματός σου δείξε μας ποιο είναι το δεξιά, το αριστερά, το πάνω και το κάτω». Τα παιδιά ανταποκρίθηκαν χρησιμοποιώντας τα χέρια τους για να δείξουν κάποια κατεύθυνση. Κάθε φορά που ήθελαν να δείξουν το «πάνω» σήκωναν τα χέρια τους ψηλά, ενώ για το «κάτω» τα κατέβαζαν προς το πάτωμα. Οι έννοιες «δεξιά» και «αριστερά» δυσκόλεψαν αρκετά τα παιδιά, καθώς δεν ήξεραν προς τα πού να δείξουν με τα χέρια τους.

Στη συνέχεια, τους μοιράσαμε κατάλληλα διαμορφωμένα φύλλα εργασίας για να διερευνηθούν και σε αυτό το σημείο οι γνώσεις τους γύρω από έννοιες προσανατολισμού στο χώρο, αλλά με βάση άλλο σημείο αναφοράς.

Β) Η τρίτη δραστηριότητα εστίασε την προσοχή της στη γνωριμία των παιδιών με την προγραμματιζόμενη συσκευή Bee-Bot, όπου πειραματίστηκαν με το ρομποτάκι και σχημάτιζαν διαδρομές για να εξοικειωθούν με το βήμα που κάνει η συσκευή Bee-Bot. Αρχικά μιλήσαμε σε όλα τα παιδιά (ολομέλεια της τάξης) για τα βελάκια που έχει πάνω της η συσκευή και τα ρωτήσαμε εάν ξέρουν τι σημαίνουν τα βελάκια της. Για να κατανοήσουν περισσότερο την κατεύθυνση των βελών, αρχικά τους δείξαμε καρτέλες-βελάκια και τα ρωτήσαμε να μας πουν προς τα πού δείχνουν αυτά. Στη συνέχεια, τα παιδιά πειραματίστηκαν με τις καρτέλες – βελάκια σχηματίζοντας διαδρομές, μέχρι που κρίναμε πως η εξοικείωσή τους ήταν αρκετή για τη χρήση της προγραμματιζόμενης συσκευής. Αυτό ήταν μια καλή αφορμή για τα παιδιά να δουν οπτικά και άμεσα ότι το βελάκι- εντολή αντιστοιχεί σε ένα κουμπάκι πάνω στο Bee-Bot και ότι με το πάτημά του, η συσκευή αντιδρά αναλόγως. Αυτό βοήθησε τα παιδιά στο να κατανοήσουν το αποτέλεσμα της πληκτρολόγησης των αντίστοιχων κουμπιών.

Αφού τα παιδιά είχαν εξοικειωθεί με τη συσκευή, προχώρησαν στη μακέτα, την οποία είχαμε φτιάξει, όπου το κάθε τετράγωνο είχε υπολογιστεί με βάση το βήμα της συσκευής. Στην συγκεκριμένη δραστηριότητα το σύνολο των παιδιών της τάξης χωρίστηκε σε μικρότερες ομάδες των τεσσάρων παιδιών, τα οποία καλούνταν να προγραμματίσουν σωστά το Bee-Bot, ώστε να το οδηγήσουν από το σημείο έναρξης στο σημείο τερματισμού, που είχαμε ορίσει.

Γ) Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά περιβάλλοντα: α) χάρτης του Google Earth (είχε οριστεί σημείο έναρξης και τερματισμού και τα παιδιά καλούνταν να βρουν τη διαδρομή χωρίς να πέσουν πάνω σε εμπόδια, όπως δέντρα ή σπίτια) και β) το Ladybug maze (στο οποίο τα παιδιά καλούνταν να οδηγήσουν μια πασχαλίτσα από το σημείο έναρξης στο σημείο τερματισμού δίνοντας εντολές με βελάκια που έδειχναν την αντίστοιχη κατεύθυνση). Στην συγκεκριμένη δραστηριότητα, το σύνολο της τάξης χωρίστηκε και τα παιδιά ανά δυο αλληλεπίδρασαν με τα ψηφιακά περιβάλλοντα. Τα παιδιά καλούνταν να εξηγήσουν μέσω χρήσης εννοιών προσανατολισμού πως θα φτάσουν από το σημείο εκκίνησης στο σημείο τερματισμού, που είχε οριστεί.

Όλες οι συνεδρίες πραγματοποιήθηκαν κυρίως σε ομάδες των 2 ή 4 ατόμων. Η ολομέλεια της τάξης χρησιμοποιήθηκε μόνο στη γνωριμία με το Bee-Bot, κάτι το οποίο προκάλεσε μια αναταραχή, γιατί όλα τα παιδιά ήθελαν να παίξουν με το ρομποτάκι. Οι μικρές ομάδες φαίνεται να είναι πιο λειτουργικές και προσφέρουν στα νήπια καλύτερη και πιο άμεση ανατροφοδότηση από τον εκπαιδευτικό.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της έρευνάς μας φαίνεται ότι τα ψηφιακά περιβάλλοντα ήταν ιδιαίτερα ελκυστικά για τα παιδιά και αποτέλεσαν μια αφορμή για ενεργή εμπλοκή σε προβληματισμούς που είχαν νόημα γι αυτά. Τα παιδιά καθ' όλη τη διάρκεια των δραστηριοτήτων, έδειξαν αμείωτο ενδιαφέρον και θέληση για συμμετοχή στις δραστηριότητες και στον πειραματισμό με τα νέα εργαλεία.

Στην πρώτη φάση, όπου στοχεύαμε στην αντίχρεση των προϋπαρχουσών γνώσεων των παιδιών, φάνηκε, πώς όλα τα παιδιά ξεχώρισαν το «πάνω» και το «κάτω», αλλά αντιμετώπισαν δυσκολίες στις έννοιες προσανατολισμού «αριστερά» και «δεξιά», όπως ήταν αναμενόμενο. Ακόμη, αντιμετώπισαν δυσκολίες στο να δώσουν οδηγίες και να χρησιμοποιήσουν τους σωστούς όρους. Για το λόγο αυτό, πολλά από αυτά χρησιμοποίησαν το δάχτυλό τους για «σχεδιασμό της διαδρομής στον αέρα», προκειμένου να μας δείξουν τη σωστή διαδρομή, ενώ αρκετά παιδιά έδιναν κάποιες οδηγίες με τη βοήθεια του χεριού τους.

Αναφορικά με τη δεύτερη φάση των δραστηριοτήτων παρατηρήθηκαν αρκετά σημεία, που θα θέλαμε να παρουσιάσουμε. Καταρχάς, αν και το Bee- Bot αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο και ενδιαφέρον εργαλείο για την εκπαιδευτική διαδικασία, κρίθηκε δύσκολη η εφαρμογή του στην ολομέλεια της τάξης προκαλώντας χαοτική κατάσταση μέσα στην τάξη, καθώς όλα τα παιδιά ήθελαν να το δουν και να το αγγίξουν, κρίνοντας έτσι καλύτερη την απόδοση της εργασίας σε μικρότερες ομάδες παιδιών. Άλλο ένα σημείο, που παρατηρήθηκε κατά τη πορεία των δραστηριοτήτων με το Bee- Bot, ήταν η απουσία αυτορρύθμισης από το μέρος των παιδιών. Δηλαδή, αυτή η συσκευή δεν διαθέτει κάποιο εργαλείο ή μηχανισμό που να δείχνει στο παιδί σε ποιο σημείο έκανε λάθος στην πληκτρολόγηση, κάτι που δυσκόλεψε τα παιδιά, καθώς δεν είχαν τη δυνατότητα να ελέγξουν την πορεία βηματισμών του ρομπότ. Κάθε φορά που τα παιδιά έκαναν λάθος και το συνειδητοποιούσαν, έπρεπε να σβήσουν όλα τα κουμπιά που πάτησαν και να το ξεκινήσουν από την αρχή.

Ενώ αρχικά στο σχεδιασμό των δραστηριοτήτων, περιμέναμε από τα παιδιά να προγραμματίσουν τη συσκευή πατώντας πολλά κουμπιά στη σειρά και να βρουν τη σωστή διαδρομή, αυτό στην πράξη δεν μπόρεσε να γίνει. Τα παιδιά δυσκολεύονταν πάρα πολύ στην ταυτόχρονη σκέψη (δηλαδή να σκεφτούν προς τα πού πρέπει να κινηθεί το ρομποτάκι, με ποιο βέλος θα πάει εκεί και στο τέλος να πατήσουν το σωστό κουμπί για να κινηθεί σωστά η συσκευή). Για το λόγο αυτό, «κόψαμε» τη μακέτα σε πιο μικρές διαδρομές. Έτσι τα παιδιά μπορούσαν με πιο άνεση να ελέγξουν τη συσκευή, διορθώνοντας πιο εύκολα τα λάθη τους.

Όσον αφορά στην τρίτη φάση των δραστηριοτήτων στο ψηφιακό περιβάλλον της Google Earth, τα παιδιά δυσκολεύτηκαν πολύ με την ανεύρεση της σωστής διαδρομής. Δεν μπορούσαν να προσανατολιστούν καθόλου στο χώρο που τους δόθηκε και επίσης δεν αναγνώριζαν βασικά στοιχεία, όπως ελεύθερους δρόμους, εμπόδια (σπίτια, δέντρα). Ακόμη, δεν ήταν σε θέση να κατανοήσουν τις έννοιες «αριστερά» και «δεξιά», καθώς το περιβάλλον δεν ήταν τρισδιάστατο. Και σε αυτή τη δραστηριότητα τα παιδιά

χρησιμοποίησαν άτυπες στρατηγικές για την απεικόνιση της διαδρομής δείχνοντας με το δάχτυλό τους αυτήν που θεωρούσαν ως σωστή. Το δάχτυλό τους ήταν σαν να «εξηγεί» την διαδρομή που θα ακολουθήσει για να φτάσει στο επιθυμητό σημείο στον χάρτη, χωρίς να χρειαστεί το παιδί να τη «διαβάσει» και να την εκφράσει λεκτικά.

Τέλος, στο περιβάλλον της Logo παρατηρήθηκε πως στην πλειοψηφία τους τα παιδιά δεν δυσκολεύτηκαν με την πλοήγησή τους στον χώρο αυτό. Η μοναδική δυσκολία που εμφανίστηκε ήταν τα εικονίδια που απεικόνιζαν τις γωνίες για στροφή της πασχαλίτσας. Τα παιδιά αρχικά δεν ήταν σε θέση να καταλάβουν πόσο στρίβει το κάθε κουμπί, αλλά στη συνέχεια, ύστερα από αρκετή εξάσκηση και πειραματισμούς συνειδητοποίησαν τις διαφορές στις κλίσεις των γωνιών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την διάρκεια των δραστηριοτήτων τα παιδιά έδειξαν να κατανοούν σε μεγάλο βαθμό τις έννοιες που εμπλέκονται στον προσανατολισμό σε σχέση με άλλα συστήματα αναφοράς εκτός του εαυτού τους. Αυτή η διαπίστωση έρχεται σε συμφωνία με παλαιότερες έρευνες, οι οποίες υποστηρίζουν ότι τα νήπια είναι σε θέση να κάνουν νοερούς μετασχηματισμούς για να προβλέψουν ή να αναπαραστήσουν τις αλλαγές που προκύπτουν καθώς όσο μεγαλώνουν τα παιδιά μπαίνουν στην διαδικασία προσανατολισμού με αλλοκεντρικά συστήματα (Τζεκάκη, 2011).

Ακόμη, τα νήπια στις περισσότερες δραστηριότητες αναγνώριζαν τις έννοιες «πάνω», «κάτω», «μπρος» και «πίσω». Όμως διαπιστώθηκε ότι συναντούσαν κάποιες φορές δυσκολίες στον διαχωρισμό των εννοιών «δεξιά» και «αριστερά». Η παραπάνω αδυναμία επιβεβαιώνεται από παλαιότερες έρευνες, οι οποίες έδειξαν την περιορισμένη ικανότητα των νηπίων να συντονίσουν με επιτυχία χωρικές πληροφορίες (Newcomb & Huttenlocher, 2000). Επίσης, υποστηρίζεται ότι οι έννοιες «δεξιά» και «αριστερά» αποτελούν πηγή σύγχυσης για τα μικρά παιδιά για αρκετά χρόνια (CFE, 2009).

Η φιλοσοφία σχεδίασης αυτού του εκπαιδευτικού σεναρίου στηρίχθηκε στην άποψη ότι η μάθηση επέρχεται μέσα από το παιχνίδι (Ατματζίδου, Μαρκέλης & Δημητρίου, 2008). Μέσα από την έρευνά μας μελετήθηκε ποιο από τα ψηφιακά μέσα, που χρησιμοποιήσαμε, βοήθησε περισσότερο τα νήπια να αναπτύξουν την έννοια του προσανατολισμού. Διαπιστώθηκε ότι τα νήπια ανταποκρίθηκαν πιο θετικά στην δραστηριότητα με το Bee-Bot εκλαμβάνοντάς το αρχικά ως παιχνίδι και κατάφεραν να χρησιμοποιήσουν τις έννοιες του προσανατολισμού με μεγαλύτερη ευκολία, παρά τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν μέχρι να κατανοήσουν τις λειτουργίες του. Η χρήση του Bee-Bot ανέπτυξε στα παιδιά δεξιότητες υπολογισμού και λογικής σκέψης και στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων. Παρ' όλαυτά λόγω απουσίας μηχανισμού για ένδειξη λάθους στην πληκτρολόγηση, τα παιδιά δυσκολεύτηκαν στο να πατήσουν το σωστό αριθμό εντολών στη συσκευή. Ίσως, θα ήταν πιο αποτελεσματικό για αυτές τις ηλικίες των παιδιών να υπάρχει πάνω στη συσκευή μια οθόνη ένδειξης εντολών. Σε ερευνά του ο Battista (2003), παρατήρησε ότι τα παιδιά όσον αναφορά στη μέτρηση αρχικά, εκτιμούν μια απόσταση χωρίς κριτήρια ή χρησιμοποιούν δικά τους αυθαίρετα

κριτήρια (άτυπες μονάδες μέτρησης). Στη συνέχεια, προχωρούν σε μια τμηματική σύγκριση όπου χωρίζουν την απόσταση σε τμήματα και κάνουν πάνω σ' αυτή συγκρίσεις.

Επίσης, τα παιδιά συνάντησαν μεγαλύτερη δυσκολία στο ψηφιακό περιβάλλον του Google Earth και χρειάστηκε η παρέμβασή μας πολλές φορές για να καταφέρουν να κατανοήσουν τη διαδρομή που έπρεπε να ακολουθήσουν. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στη μη εξοικείωση των νηπίων με τέτοιου είδους περιβάλλοντα. Τέλος, τα παιδιά ανταποκρίθηκαν θετικά στο περιβάλλον Logo (Ladybug maze) και κατάφεραν να πραγματοποιήσουν τις κατάλληλες μαθηματικές έννοιες για να μεταφέρουν την πασχαλίτσα στον τερματισμό. Σύμφωνα με τους Alimisis, et.al., (2007), το περιβάλλον της Logo δημιουργεί «νέους τρόπους σκέψης» βοηθώντας τα παιδιά να σκεφτούν για την επίλυση προβλημάτων έχοντας ως μεταβλητές το χρόνο και το διάστημα σε σχέση με την πραγματική κίνηση.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τα παιδιά καθώς και την εκπαιδευτικό του σχολείου, που συνεργάστηκαν μαζί μας με μεγάλο ενθουσιασμό και προθυμία. Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην κ. Χρονάκη που μας βοήθησε κατά τη διεξαγωγή της εργασίας μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alimisis, D., Moro, M., Arlegui, J., Pina, A., Frangou, S. & Papanikolaou, K. (2007). *EuroLogoBratislava*, 1-11.
- Ατματζίδου, Σ., Μαρκέλης, Η. & Δημητριάδης, Σ. (2008). Χρήση των LEGO Mindstorms στο Δημοτικό και Λύκειο: Το παιχνίδι ως έναυσμα μάθησης. Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής της Πληροφορικής στην Πάτρα.
- Beraza, I., Pina, A. & Demo, B. (2010). Soft & Hard ideas to improve interaction with robots for Kids & Teachers. *International Conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots*, 549-557.
- Bers, M.U. (2007). Project InterActions: A Multigenerational Robotic Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 537-552.
- Bers, M.U., Ponte, I., Juelich, K., Viera, A. & Schenker, J. (2002). Teachers as Designers: Integrating Robotics in Early Childhood Education. *Information Technology in Childhood Education*, 123-145.
- Bers, M.U. & Portsmore, M. (2005). Teaching Partnerships: Early Childhood and Engineering Students Teaching Math and Science Through Robotics. *Journal of Science Education and Technology*, 14 (1), 59-73.
- Bowerman, M. (1996). Learning how to structure space for language: A cross-linguistic perspective. In P. Bloom, M. A. Peterson, L. Nadel, & M. F. Garrett (Eds.), *Language and space* (385436). Cambridge, MA: MIT Press.
- Center for Education (2009). *Mathematics Learning in Early Childhood: Paths Toward Excellence and Equity*. Διαθέσιμο (20/1/2012) στο: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=12519&page=182

- Clements, D. (1999). Teaching Length Measurement: Research Challenges. *School Science and Mathematics* 99, 5-11.
- Demo, G.B. 2008. Programming Robots in Primary Schools Deserves a Renewed Attention. In Proceedings of the First WSKS (Athens, Greece, September 23-26, 2008). Springer, LNAI 5288, 322-331.
- Μπράτιτσης, Θ. (2013). Διδασκαλία της έννοιας του υπολογιστικού συστήματος στο νηπιαγωγείο: Μια μελέτη περίπτωσης. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 6(3), 181-195.
- Newcombe, N. S. and J. Huttenlocher (2000). *Making Space*. Cambridge MA: MIT Press.
- Οικονομίδης, Β. & Ζαράνης, Ν. (2010). Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή στην προσχολική εκπαίδευση: συνεντεύξεις με νηπιαγωγούς. Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*, (τόμος Β), Κόρινθος: Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.
- Ρεκάρονα, J. (2008). Using a Programmable Toy at Preschool Age: Why and How? *International Conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots*, 112-121.
- Τζεκάκη, Μ. (2011). *Μαθηματική Εκπαίδευση για την Προσχολική και την Πρώτη Σχολική Ηλικία*. Αθήνα: Ζυγός.
- Χρονάκη, Α. (2007). Το «διδασκτικό πείραμα»: μελετώντας την ανάπτυξη μάθησης στο πλαίσιο της διδακτικής πράξης. Πανελλήνιο Διεπιστημονικό Συμπόσιο, Θεωρία και Ποιοτικές Μέθοδοι Έρευνας: Προοπτικές και Όρια.

Εργαστήριο Ένταξης Εκπαιδευτικών Σεναρίων για τις Φυσικές Επιστήμες

Στέλιος Ορφανός ¹ & Γιώργος Κρητικός ¹

ΟΜΑΔΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ:

Άννα Μυρωνάκη ², Χριστίνα Μαστή ³, Χριστίνα Ανθούλας ⁴,
Βασίλειος Σκουλλής ⁵ & Γεωργία Περώνη ⁶

¹ ΥΠΠΕΘ, ΔΔΕ Δωδεκανήσου, stelios@sch.gr, gkritikos@aegean.gr

² 6^ο Γυμνάσιο Ηρακλείου, amironaki@gmail.com

³ ΓΕΛ Σορωνής, xr.masti@yahoo.gr

⁴ 4^ο ΓΕΛ Ρόδου, chanthoulas@gmail.com

⁵ 3^ο ΓΕΛ Ρόδου, vaskoul@gmail.com

⁶ 1^ο Γυμνάσιο Ρόδου, georgia.peroni@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός του παρόντος εργαστηρίου είναι η ευρύτερη αξιοποίηση των εκπαιδευτικών σεναρίων που έχουν δημιουργηθεί από εκπαιδευτικούς. Θα παρουσιαστούν τρόποι ένταξης του εκπαιδευτικού υλικού των σεναρίων σε συνθήκες πραγματικής τάξης. Θεωρούμε σημαντικό ο εκπαιδευτικός να εξοικειωθεί με το εκπαιδευτικό υλικό, να αναστοχαστεί, να πάρει ανατροφοδότηση από ομότιμους του ή επιμορφωτές του, μέσα από την ανάπτυξη κατάλληλου κλίματος στο οποίο καλλιεργείται η συνεργασία και η εξέλιξη των εκπαιδευτικών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *σενάρια φυσικών επιστημών, αναπαραγωγή ανθρώπου, 1^{ος} κανόνας Kirchhoff, περιεκτικότητες διαλυμάτων, ονοματολογία οργανικών ενώσεων, εσωτερικό γης.*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρουσία σεναρίων με χρήση των ΤΠΕ που διαθέσιμες στο διαδίκτυο καθώς και ο σημαντικός αριθμός των διαθέσιμων διδακτικών σεναρίων αξιοποίησης των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία, δεν επαρκούν για την ένταξη αυτού του εκπαιδευτικού υλικού σε μεγάλη κλίμακα. Έχουν δημιουργηθεί σενάρια στα πλαίσια επιμορφώσεων όπως του Β επιπέδου επιμόρφωσης στις ΤΠΕ (Ζαγούρας κ.ά., 2010) και στο Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης, (Αναστασιάδης, 2011).

Ο Οβαδίας (2011), αναφέρει στα συμπεράσματα μελέτης που πραγματοποίησε στο πλαίσιο επιμόρφωσης Β επιπέδου στις ΤΠΕ σε εκπαιδευτικούς κλάδου ΠΕ04: «Οι εκπαιδευτικοί του κλάδου ΠΕ04 συναντούν δυσκολίες κατά την μετάβαση στο νέο πλαίσιο. Οι δυσκολίες αυτές συνδέονται με τη μεταφορά της διδακτικής τους εμπειρίας (παραδοσιακή διδασκαλία) σε ένα νέο πλαίσιο, όπου χρησιμοποιούνται οι σύγχρονες διδακτικές μέθοδοι.»

Οι εκπαιδευτικοί επιθυμούν έτοιμα σενάρια ως αφετηρία. Ωστόσο, τα σενάρια από μόνα τους δεν αποτελούν κινητήριο δύναμη για αλλαγή στη μέθοδο διδασκαλίας και ένταξη των ΤΠΕ στη διδασκαλία. Χρειάζεται να πεισθούν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί για το μαθησιακό όφελος που θα προκύψει από τη χρήση τους και να διαπιστώσουν ότι η υλικοτεχνική υποδομή μπορεί να υποστηρίξει την εφαρμογή τους. Επίσης σημαντικό είναι να αισθάνονται ότι στηρίζονται από τα στελέχη της εκπαίδευσης χωρίς το άγχος της αξιολόγησης (Τρικοίλης, Βαρσαμίδου & Ορφανός, 2015).

Θεωρούμε σημαντικό ο εκπαιδευτικός να εξοικειωθεί με το εκπαιδευτικό υλικό, να αναστοχαστεί, να πάρει ανατροφοδότηση από ομότιμους του ή επιμορφωτές του, μέσα από την ανάπτυξη κατάλληλου κλίματος στο οποίο καλλιεργείται η συνεργασία και η εξέλιξη των εκπαιδευτικών. Στο εργαστήριο, θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ευρύτερη αξιοποίηση των εκπαιδευτικών σεναρίων που έχουν δημιουργηθεί από εκπαιδευτικούς, ορισμένα από τα οποία δημιουργήθηκαν στα πλαίσια επιμορφώσεων, όπως το Β επίπεδο επιμόρφωσης στις ΤΠΕ (Ζαγούρας κ.ά., 2010) και το Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης, (Αναστασιάδης, 2011). Θα παρουσιαστούν τρόποι ένταξης του εκπαιδευτικού υλικού των σεναρίων σε συνθήκες πραγματικής τάξης.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Εκπαιδευτικοί θα παρουσιάσουν σενάρια Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας και Γεωγραφίας τα οποία έχουν σχεδιάσει και υλοποιήσει στην τάξη, εστιάζοντας στους τρόπους ένταξης των διδακτικών σεναρίων που αξιοποιούν τις ΤΠΕ σε συνθήκες πραγματικής τάξης, τις δυσκολίες που χρειάστηκε να υπερβούν και τη συμβολή των σεναρίων στην αλλαγή της στάσης των μαθητών ως προς το διδασκόμενο μάθημα και στο μαθησιακό όφελος.

Οι σύνεδροι που θα συμμετάσχουν στο εργαστήριο θα έχουν την ευκαιρία να συζητήσουν με τους δημιουργούς των σεναρίων όλες τις φάσεις ενός σεναρίου τη σύλληψη την κατασκευή την εφαρμογή και τις φάσεις αξιολόγησης. Θα γίνει προσπάθεια τα σενάρια να εμπλουτιστούν με πραγματικά πειράματα αφενός ώστε ο εκπαιδευτικός να έχει στη διάθεση του περισσότερες επιλογές αλλά και να δοθούν περισσότερες ευκαιρίες στους μαθητές για επιπλέον δεξιότητες και εμπειρίες για το σχηματισμό αναπαραστάσεων. Ορισμένα από τα σενάρια που θα παρουσιαστούν έχουν αξιολογηθεί μέσω του ΙΕΠ και έχουν αναρτηθεί στην πλατφόρμα «ΑΙΣΩΠΟΣ». Στο εργαστήριο θα γίνει παρουσίαση του ιστοχώρου Phet Colorado, όπου υπάρχουν εικονικά εργαστήρια για το μεγαλύτερο μέρος της ύλης που διδάσκεται στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και θα γίνει ανάρτηση σεναρίων στον ιστοχώρο Phet Colorado στην Ελληνική γλώσσα.

Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των σεναρίων. Στο τέλος κάθε σεναρίου αναφέρεται ο σύνδεσμος που είναι αναρτημένο με τα φύλλα εργασίας μαθητή.

«Η ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ» (Α. Μυρωνάκη)

Εισαγωγή

Η διδακτική ενότητα 6.4 «*Η αναπαραγωγή στον άνθρωπο*» προσεγγίζεται στο σχολικό βιβλίο της Βιολογίας Α΄ Γυμνασίου (Μαυρικάκη κ.ά., 2007). Παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η κατανόησή της αφού αποτελεί σταθμό για τα επόμενα χρόνια στην εκπαίδευση. Στην καθημερινή ζωή όλοι έρχονται αντιμέτωποι με την κατανόηση της αναπαραγωγής. Ωστόσο αρκετές φορές οι μαθητές/τριες δημιουργούν αρκετές παρανοήσεις. Μετά από μικρή έρευνα στο βιβλίο του εκπαιδευτικού «*Φυσικά*» της Στ΄ τάξης Δημοτικού, αναφέρεται ότι πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι τα ωάρια της γυναίκας παράγονται κάθε μήνα και αγνοούν ότι όλα τα ωάρια της γυναίκας δημιουργούνται κατά την εμβρυϊκή της ηλικία, δε γνωρίζουν ότι το πλήθος των σπερματοζωαρίων μιας και μόνο εκσπερμάτωσης ανέρχεται σε αρκετά εκατομμύρια, πιστεύουν ότι είναι πολύ απλό και εύκολο μια γυναίκα να μείνει έγκυος, πιστεύουν ότι ένα έμβρυο από τις πρώτες κιόλας ημέρες της κύησης έχει ανθρώπινη μορφή αλλά πολύ μικρό μέγεθος.

Περιγραφή του Σεναρίου

Η αξιοποίηση των ΤΠΕ βοηθά τον εκπαιδευτικό να εστιάζει καλύτερα τους στόχους της διδακτικής του ενότητας. Η διδασκαλία με τη βοήθεια του λογισμικού «Βιολογία Α΄ και Γ΄ Γυμνασίου» είναι συμβατή με το ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Ζαγούρας κ.ά., 2010; Ζαγούρας κ.ά., 2011). Στο συγκεκριμένο σενάριο, αρχικά, γίνεται ένασμα ενδιαφέροντος με τη βοήθεια δυο βίντεο. Στη συνέχεια οι μαθητές/τριες καλούνται να ελέγξουν τις αντιλήψεις τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να τις αντικαταστήσουν ή να αναπτύξουν νέες αντιλήψεις. Στόχος είναι να οδηγηθούν οι μαθητές/τριες σε «αδιέξοδο» και να αναρωτηθούν γιατί δεν ταιριάζουν οι ιδέες τους με τα αποτελέσματα των αρχικών αντιλήψεων τους. Στη δεύτερη διδακτική ώρα γίνεται εφαρμογή σε νέες καταστάσεις και ανατροφοδότηση όπου ελέγχεται το κατά πόσο οι νέες γνώσεις μπορούν να εφαρμοστούν από τους μαθητές/τριες σε νέα ερωτήματα. Στο τέλος γίνεται αναστοχασμός πάνω στη διαδικασία μάθησης όπου οι μαθητές/τριες συγκρίνουν τη νέα γνώση με την αρχική (αρχικές αντιλήψεις) και συνειδητοποιούν με ποια διαδικασία αποκτήθηκε. Σε όλες τις φάσεις του σεναρίου οι μαθητές/τριες συμμετέχουν εργαζόμενοι συνεργατικά σε ομάδες. Ο εκπαιδευτικός γίνεται ερευνητής, συνεταιίρος και ενθαρρύνει τους μαθητές να επικοινωνήσουν και να ανταλλάξουν τις αντιλήψεις τους. Στο τέλος μοιράζεται φύλλο αξιολόγησης και μια εργασία για το σπίτι. Η αναζήτηση πληροφοριών διευκολύνεται στο λογισμικό παρά στο σχολικό βιβλίο, ευνοούνται ορθές απαντήσεις, όταν οι ερωτήσεις παραπέμπουν σε περιβάλλοντα με παιγνιώδη ή έντονα διαδραστικό χαρακτήρα. Οι δυσκολίες στο παραπάνω σενάριο σχετίζονταν με την αδυναμία των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών και το «φτωχό» περιεχόμενο του συγκεκριμένου λογισμικού. Παρόλα αυτά, το μεγαλύτερο ποσοστό των ομάδων ανταποκρίθηκε θετικά και πέτυχε σχεδόν το σύνολο των στόχων. Επίσης το σενάριο προσέκρουσε στο πρόβλημα του χρόνου. Το φύλλο αξιολόγησης δεν απαντήθηκε λόγω περιορισμένου χρόνου. Οι στόχοι δεν πρέπει να ξεπερνούν τους τρεις. Οι νέες τεχνολογίες διαμορφώνουν συνθήκες και παρέχουν

δυνατότητες για εμφάνιση και διεύρυνση της μαθησιακής διαδικασίας, εμπλέκουν δημιουργικά τους μαθητές, αλλά συνεπάγονται και ένα τεράστιο φόρτο εργασίας από πλευράς του εκπαιδευτικού. Μια τέτοια ριζική αλλαγή στον τρόπο και τη μέθοδο διδασκαλίας απαιτεί από το διδάσκοντα σημαντική επένδυση χρόνου και πρωτοβουλίες που θα χρειαστεί στο μέλλον συστηματική επιμόρφωση ώστε να επιφέρει θεμιτά αποτελέσματα στο παιδαγωγικό και διδακτικό γίγνεσθαι. Ωστόσο, η στάση των μαθητών/τριών ήταν πολύ θετική ακόμα και των πιο συνεσταλμένων. Απόλαυσαν την διδασκαλία και ικανοποιήθηκαν αφού μόνοι τους μπόρεσαν να διορθώσουν τα λάθη τους. Οι μαθητές συμμετείχαν ενεργά στη διδακτική διαδικασία. Το προτεινόμενο σενάριο μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα με τις υλικοτεχνικές υποδομές, το χρόνο και τις ανάγκες της τάξης.

Παραπομπή για το Σενάριο

Το παρόν σενάριο είναι διαθέσιμο στο αποθετήριο *θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού για τις φυσικές επιστήμες*: goo.gl/2xsGdm

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες στους μαθητές του 7^{ου} Γυμνασίου Ρόδου.

«ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΚΑΙ ΤΟ ΡΕΥΜΑ – 1^{ος} ΚΑΝΟΝΑΣ KIRCHHOFF» (X. Μαστή)

Εισαγωγή

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα έχουν διδαχτεί στη Φυσική της Γ' Γυμνασίου στη 2^η ενότητα (Αντωνίου κ.ά., 2007) και στη Β' Λυκείου, στη Φυσική Γενικής Παιδείας (Αλεξιάκης κ.ά., 2014) εισάγονται ξανά οι έννοιες. Παρόλα αυτά μερικές βασικές έννοιες μπερδεύουν τους μαθητές εξαιτίας των εναλλακτικών αντιλήψεων που έχουν οι οποίες πολλές φορές αποδεικνύονται ιδιαίτερα ισχυρές. Δύο από αυτές που έχουν σχέση με το σενάριο είναι: α) το λαμπάκι μπορεί να ανάψει αν συνδέσουμε τον ένα πόλο της μπαταρίας με τον ένα πόλο του και β) ότι το ρεύμα καταναλώνεται από τη λάμπα, οπότε μετά την λάμπα θα έχει μικρότερο ρεύμα (Arons, 1992).

Περιγραφή του Σεναρίου

Οι μαθητές καλούνται να πειραματιστούν με δυο διαφορετικούς τρόπους. Ο ηλεκτρισμός είναι ένα κομμάτι της φυσικής με φαινόμενα τόσο σε μακροσκοπικό επίπεδο όσο και σε μικροσκοπικό. Σε μακροσκοπικό επίπεδο ένα λαμπάκι, ένα καλώδιο και μια κοινή μπαταρία των 1,5V (Arons, 1992) είναι αρκετά για να κατανοήσουν την έννοια του κλειστού κυκλώματος καθώς και να ανακαλύψουν τους πόλους στο λαμπάκι. Σε μικροσκοπικό επίπεδο την αντικειμενική δυσκολία να δουν τα ηλεκτρόνια στους μεταλλικούς αγωγούς και την κίνηση τους, έρχεται να καλύψει ο ιστότοπος PhET με την προσομοίωση «Κατασκευή κυκλωμάτων (μόνο DC)», goo.gl/6fRgdG. Το σενάριο πραγματοποιείται σε δύο διδακτικές ώρες. Αν κάποιος θέλει να αξιολογήσει το αποτέλεσμα αυτής της εργασίας, θα χρειαστεί μία ώρα επιπλέον για την αξιολόγηση.

Ιδανική περίπτωση αποτελεί η πραγματοποίηση του σεναρίου σε συνεχόμενο δίωρο στο εργαστήριο πληροφορικής σε ομάδες των δύο ατόμων. Το πραγματικό εργαστήριο δεν απαιτεί οπωσδήποτε το εργαστήριο φυσικών επιστημών και έτσι εξασφαλίζεται μια συνέχεια. Αυτό απαιτεί περισσότερο χρόνο προετοιμασίας από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος πρέπει να εξασφαλίσει ότι η προσομοίωση θα εγκατασταθεί σε όλους τους υπολογιστές και ότι η java θα είναι ενημερωμένη ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς σύνδεση (κάποιες φορές μια δεκάλεπτη διακοπή στη σύνδεση, μπορεί να καταστρέφει όλη τη ροή και τον σχεδιασμό της διδασκαλίας). Παρόλα αυτά το ίδιο σενάριο έχει πραγματοποιηθεί και στο εργαστήριο φυσικών επιστημών με έναν υπολογιστή και έναν βιντεοπροβολέα και χωρίς να εξασφαλιστεί το δίωρο.

Το σενάριο ακολουθεί το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης, οπότε οι μαθητές πρέπει πρώτα να απαντήσουν στις ερωτήσεις χωρίς να έχουν πραγματοποιήσει τα πειράματα (γι' αυτό είναι καλό να μην είναι ανοιχτή η προσομοίωση αρχικά έτσι ώστε να μην ανατρέξουν σ' αυτήν πριν απαντήσουν) και μετά καλούνται εκ νέου να δώσουν απαντήσεις στις ίδιες ερωτήσεις για να έρθουν σε γνωστική σύγκρουση, ώστε να αντικαταστήσουν τις εναλλακτικές τους αντιλήψεις με τις ορθές μέσα από το πείραμα.

Στο πρώτο φύλλο εργασίας η επιλογή των συγκεκριμένων υλικών για το πραγματικό εργαστήριο απαιτεί οπωσδήποτε τη συνεργασία και το συντονισμό των δύο μαθητών στην ομάδα, αλλά δίνει τη δυνατότητα να επαναλάβουν το πείραμα και στο εικονικό εργαστήριο στο οποίο με το άνοιγμα της εφαρμογής φαίνεται και η κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στους αγωγούς. Στο δεύτερο φύλλο εργασίας κατασκευάζουν κυκλώματα με ένα λαμπάκι ή δύο λαμπάκια συνδεδεμένα σε σειρά και παράλληλα και με τα αμπερόμετρα της προσομοίωσης ελέγχουν τις εντάσεις των ρευμάτων στα διάφορα σημεία του κυκλώματος και οδηγούνται (ή επαληθεύουν) τον 1^ο κανόνα του Kirchhoff.

Οι μαθητές αντέδρασαν θετικά στον παραπάνω τρόπο διδασκαλίας. Στο συνεχόμενο δίωρο την ώρα του διαλείμματος παρέμειναν στην τάξη χωρίς να τους ζητηθεί και δοκίμαζαν την κατασκευή διαφόρων κυκλωμάτων. Η εξοικείωση με την προσομοίωση έγινε γρήγορα και ανταπεξήλθαν χρονικά και στα δυο φύλλα εργασίας. Σε ερωτήσεις κατά την αξιολόγηση και μετά από καιρό στις τελικές εξετάσεις οι απαντήσεις τους ήταν σε μεγάλο ποσοστό σωστές. Επίσης μαθητές που συνήθως στον κλασικό δασκαλοκεντρικό τρόπο διδασκαλίας ήταν αδιάφοροι σ' αυτό τον τρόπο διδασκαλίας ήταν ιδιαίτερα ενεργοί. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι όλοι ήταν συγκεντρωμένοι για δυο ώρες. Σε επόμενες διδακτικές ώρες του μαθήματος αρκετοί μαθητές ρωτούσαν πότε θα ξαναγίνει μάθημα στο εργαστήριο πληροφορικής.

Παραπομπή για το Σενάριο

Το παρόν σενάριο πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά στα πλαίσια της πρακτικής άσκησης κατά την επιμόρφωση επιμορφωτών στο ΠΑ.Κ.Ε. Νοτίου Αιγαίου, σε δύο τμήματα της Β' Λυκείου και επαναλήφθηκε τα επόμενα σχολικά έτη με τροποποιήσεις ανάλογες των συνθηκών κάθε φορά. Είναι διαθέσιμο στο αποθετήριο εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων του Β' επιπέδου «ΙΦΙΓΕΝΕΙΑ»: ifigenia.cti.gr/repository και στο αποθετήριο *θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού για τις φυσικές επιστήμες*: goo.gl/8Q41i0

«% w/w ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ» (Χ. Ανθούλας)

Εισαγωγή

Οι % περιεκτικότητες διαλύματος είναι έννοιες που διδάσκονται στο μάθημα της Χημείας στη Β' γυμνασίου και έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, αφού η κατανόησή τους αποτελεί προϋπόθεση για τις επόμενες τάξεις. Επίσης, αν και στην καθημερινή ζωή όλοι έρχονται αντιμέτωποι με προβλήματα που σχετίζονται με τις έννοιες αυτές, παρατηρείται πολλές φορές τα παιδιά να δημιουργούν αντιλήψεις οι οποίες διαφέρουν από την επιστημονική γνώση και έτσι θα πρέπει να τροποποιηθούν. Μια αντίληψη που έχουν οι μαθητές, ή δημιουργείται κατά τη διδασκαλία, είναι ότι η % περιεκτικότητα ενός διαλύματος αναφέρεται στα 100 του διαλύτη και όχι στα 100 του διαλύματος.

Οι ΤΠΕ και ιδιαίτερα οι προσομοιώσεις προσφέρουν δυνατότητες για την αντιμετώπιση αυτών των αντιλήψεων των μαθητών. Ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα, ότι τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που βασίζονται σε προσομοιώσεις, μέσα από κατάλληλα σενάρια και διδακτικές προσεγγίσεις βοηθούν τους μαθητές να ξεπεράσουν τις γνωστικές δυσκολίες που οφείλονται στις λανθασμένες αντιλήψεις τους και να βελτιώσουν αυτές τις αντιλήψεις (Jimoyiannis & Komis, 2001; Jimoyiannis, Mikropoulos & Ravanis, 2000). Οι προσομοιώσεις του λογισμικού «Ο Θυμαστός κόσμος της Χημείας» δίνουν τη δυνατότητα στο μαθητή να παρασκευάσει ένα διάλυμα και να ελέγξει μόνος του, αν το διάλυμα που παρασκεύασε έχει την επιθυμητή περιεκτικότητα. Οπότε ο μαθητής μπορεί να πειραματιστεί, να αλλάξει τις ποσότητες που χρησιμοποίησε και να καταλήξει στο σωστό τρόπο παρασκευής του διαλύματος, χωρίς την παρέμβαση του εκπαιδευτικού.

Περιγραφή του Σεναρίου

Οι μαθητές δουλεύουν σε ομάδες των τριών ατόμων στο εργαστήριο πληροφορικής. Το σενάριο οργανώθηκε σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας των Driver και Oldham (1986). Οι Driver και Oldham (1986) πρότειναν ένα μοντέλο διδασκαλίας, που περιλαμβάνει τη φάση του προσανατολισμού, της ανάδειξης των αντιλήψεων των μαθητών, της αναδόμησης των αντιλήψεων, της εφαρμογής των νέων αντιλήψεων και της ανασκόπησης. Αφού λοιπόν γίνει μια εισαγωγή στο θέμα, οι μαθητές δουλεύουν με τέσσερα φύλλα εργασίας. Στο πρώτο φύλλο εργασίας οι μαθητές προσπαθούν να επιλύσουν ένα πρόβλημα από την καθημερινή ζωή. Αφού απαντήσουν ατομικά, συζητούν τις απαντήσεις τους στην ομάδα τους, ομαδοποιούν τις τελικές τους απόψεις και τις παρουσιάζουν στην ολομέλεια της τάξης (ανάδειξη των αντιλήψεων). Στο δεύτερο φύλλο εργασίας, οι μαθητές αφού απαντήσουν με βάση τις γνώσεις που έχουν σε κάποια προβλήματα, συζητούν στην ομάδα τους, κάνουν πειράματα σε εικονικό εργαστήριο για να ελέγξουν τις αντιλήψεις τους με σκοπό να τις επεκτείνουν ή να τις αντικαταστήσουν με άλλες ή να αναπτύξουν αντιλήψεις στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη. Στόχος του εκπαιδευτικού είναι η αυτόβουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες αντιλήψεις, οι οποίες είναι πλησιέστερες στο επιστημονικό πρότυπο (αναδόμηση αντιλήψεων). Στο τρίτο φύλλο εργασίας οι μαθητές εφαρμόζουν τη νέα

γνώση σε ένα νέο πρόβλημα (εφαρμογή των νέων αντιλήψεων) και τελικά, στο τέταρτο φύλλο εργασίας, καλούνται αφού απαντήσουν ξανά στο πρόβλημα που απάντησαν στο πρώτο φύλλο εργασίας να συγκρίνουν τις νέες απόψεις με αυτές που είχαν στην αρχή του μαθήματος, έτσι ώστε να προβούν σε αυτοέλεγχο και να συνειδητοποιήσουν τη γνωστική τους πορεία (ανασκόπηση των αντιλήψεων).

Κατά την εφαρμογή του σεναρίου, οι μαθητές δούλεψαν σε ομάδες, κάτι που δεν το συνήθιζαν και δικαιολογημένα διαπιστώθηκαν κάποια προβλήματα στην οργάνωση της ομάδας, τα οποία αντιμετωπίστηκαν σχετικά γρήγορα με την παρέμβαση του εκπαιδευτικού. Ένα άλλο πρόβλημα ήταν ο χρόνος υλοποίησης. Επειδή τα παιδιά δεν είχαν εμπειρία σε αυτό τον τρόπο εργασίας, χρειάστηκαν δύο διδακτικές ώρες για την ολοκλήρωση του, οπότε χρησιμοποιήθηκε και μια ώρα από άλλο μάθημα. Παρόλα αυτά, η στάση των μαθητών ήταν πολύ θετική, ακόμα και εκείνων που ήταν αδιάφοροι σε άλλους τρόπους διδασκαλίας. Απόλαυσαν τη διδασκαλία και ικανοποιήθηκαν, αφού μπόρεσαν να διορθώσουν τα λάθη τους μόνοι τους, αλλά και να λύσουν ένα πρόβλημα από την καθημερινή ζωή. Ο εκπαιδευτικός είχε το ρόλο του συντονιστή, οργάνωνε τη συζήτηση, αλλά δεν είχε το ρόλο του κριτή του «σωστού-λάθους». Επίσης, ενθάρρυνε τους μαθητές να συμμετέχουν στη συζήτηση και να εκφράσουν τις απόψεις τους χωρίς δισταγμό, πράγμα που το κατάφερε. Η πλειοψηφία των μαθητών δούλεψε στην ομάδα με μεγάλη προθυμία, δηλαδή οι περισσότεροι συμμετείχαν ενεργά στη διδακτική διαδικασία αλληλεπιδρώντας τόσο με συμμαθητές τους, όσο και με τον εκπαιδευτικό.

Την επόμενη διδακτική ώρα (μετά από μια εβδομάδα) οι μαθητές κλήθηκαν να παρασκευάσουν διαλύματα σε πραγματικό εργαστήριο. Δούλεψαν πάλι σε ομάδες και τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά, αφού όλες οι ομάδες μετά από τη συζήτηση και τη συνεργασία που υπήρχε μεταξύ των μελών τους αλλά και με τις νέες γνώσεις που απέκτησαν, κατάφεραν να παρασκευάσουν τα σωστά διαλύματα. Άρα, οι μαθητές κατάφεραν να αποκτήσουν αντιλήψεις συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο και να τις διατηρήσουν τουλάχιστον για αυτό το μικρό χρονικό διάστημα.

Παραπομπή για το Σενάριο

Το παρόν σενάριο είναι διαθέσιμο στο αποθετήριο *θησαυρός εκπαιδευτικού υλικού για τις φυσικές επιστήμες*: goo.gl/8LYQku

«ΔΟΜΗ & ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ» (Β. Σκουλλής)

Εισαγωγή

Οι μαθητές έχοντας αποκτήσει στοιχειώδεις μόνο γνώσεις περί οργανικής χημείας στο Γυμνάσιο, έρχονται αντιμέτωποι, από τα πρώτα μαθήματα στην Χημεία Β' Λυκείου (Λιοδάκης κ.ά., 2015), με το πρόβλημα της κατανόησης της δομής και της ονοματολογίας των οργανικών ενώσεων. Πολλές φορές, ακόμα και αφού έχουν διδαχθεί το αντίστοιχο μάθημα, δυσκολεύονται να αντιληφθούν την τρισδιάστατη δομή των οργανικών μορίων, νομίζοντας ότι πρόκειται για επίπεδα μόρια. Επίσης δυσκολεύονται ιδιαίτερα στο να γράψουν τον συντακτικό τύπο μίας οργανικής ένωσης με βάση την ονομασία της, ακόμα

κι αν καταφέρνουν να κάνουν το αντίθετο (από τον συντακτικό τύπο στην ονομασία), γιατί έχουν παρανοήσει τον τρόπο σύνδεσης των επιμέρους ατόμων.

Το παρόν εκπαιδευτικό σενάριο αποσκοπεί στο πρώτο του μέρος στην περαιτέρω εξοικείωση των μαθητών με την δομή των οργανικών ενώσεων και στο δεύτερο στην εξάσκηση του με την ονοματολογία απλών οργανικών ενώσεων.

Περιγραφή του Σεναρίου

Οι μαθητές καλούνται οι ίδιοι να διερευνήσουν, να κατασκευάσουν και να πειραματιστούν εικονικά με την δημιουργία μορίων αξιοποιώντας τις δυνατότητες που παρέχουν οι ΤΠΕ και συγκεκριμένα τα εικονικά εργαστήρια. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται το applet «Δημιουργία μορίου» του ιστοτόπου PhET, το οποίο εξομοιώνει ένα εικονικό εργαστήριο δημιουργίας χημικών μορίων από τα συστατικά τους άτομα, goo.gl/vO7OHo Όλο το εκπαιδευτικό σενάριο χωρίζεται σε δύο φάσεις, με την καθεμία να ολοκληρώνεται σε μία διδακτική ώρα.

Στην πρώτη φάση, για τη διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών, αρχικά τους δίνεται μία λίστα με γνωστές οργανικές ενώσεις και καλούνται, εργαζόμενοι ανά ομάδες, να προβλέψουν με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους τα σχήματα των μορίων, επιλέγοντας μεταξύ συγκεκριμένων περιγραφών. Στη συνέχεια ξεκινά συζήτηση επί των απαντήσεων με όλη την τάξη, όπου ο καθηγητής τελικά δίνει τις σωστές απαντήσεις. Προκειμένου να κατανοήσουν οι μαθητές τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων σε μία οργανική ένωση, ακολουθεί μία άσκηση όπου ελέγχουν τις γνώσεις τους σχετικά με τους ομοιοπολικούς δεσμούς. Για τον έλεγχο των όσων έμαθαν, καλούνται στη συνέχεια να δημιουργήσουν στο εικονικό εργαστήριο συγκεκριμένα οργανικά μόρια με την σωστή βέβαια δομή.

Στην δεύτερη φάση, αρχικά οι μαθητές προσπαθούν να προβλέψουν τις ονομασίες κάποιων απλών οργανικών ενώσεων, των οποίων δίδονται οι συντακτικοί τύποι. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας την προσομοίωση, δημιουργούν αυτά τα μόρια κι επαληθεύουν τις απαντήσεις τους, σχολιάζοντάς τες με τους συμμαθητές και τον καθηγητή τους. Έπειτα καλούνται να συνδυάσουν τα όσα έχουν διδαχθεί και να γράψουν τους συντακτικούς τύπους κάποιων απλών οργανικών ενώσεων. Ακολουθεί και πάλι επαλήθευση των απαντήσεών τους με τη βοήθεια της προσομοίωσης και συζήτηση των αποτελεσμάτων. Τέλος, για αναστοχασμό, καλούνται να εξασκηθούν και στο αντίστροφο, δηλαδή να γράψουν τις ονομασίες κάποιων απλών οργανικών ενώσεων των οποίων έχουν δοθεί οι συντακτικοί τύποι.

Οι μαθητές σε όλες τις προαναφερθείσες ασκήσεις εργάζονται σε ολιγομελείς ομάδες και προσπαθούν να απαντήσουν στα ερωτήματα που τίθενται στα φύλλα εργασίας χρησιμοποιώντας την προσομοίωση. Η διδακτική προσέγγιση βασίζεται στον εποικοδομητισμό και καταφέρνει μέσω της συνεργασίας των ομάδων και του διαλόγου που ακολουθεί κάθε άσκηση να ενεργοποιήσει όλη την τάξη. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι κυρίως καθοδηγητικός, συντονιστικός και μόνο στις περιπτώσεις που ο ίδιος κρίνει απαραίτητο απευθύνεται στο σύνολο της τάξης.

Οι μαθητές βρήκαν τον προτεινόμενο τρόπο παρουσίασης της σχετικής ενότητας αρκετά διασκεδαστικό και ενδιαφέροντα. Οι διδακτικοί στόχοι που τέθηκαν επιτεύχθηκαν πιο γρήγορα και το γεγονός ότι η μάθηση έγινε με διερευνητικό τρόπο συνετέλεσε ώστε οι μαθητές να έχουν κατανοήσει καλύτερα την δομή και τους κανόνες ονοματολογίας των οργανικών ενώσεων. Πολλοί μάλιστα μαθητές πειραματίστηκαν με την προσομοίωση και στο σπίτι τους, αναφέροντας τις εντυπώσεις τους και τις απορίες τους στον διδάσκοντα σε επόμενο μάθημα.

Παραπομπή για το Σενάριο

Το παρόν σενάριο έχει χαρακτηριστεί ως Βέλτιστο ύστερα από αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε βάσει κριτηρίων που ορίστηκαν από το ΔΣ του ΙΕΠ. Είναι διαθέσιμο στην πλατφόρμα «ΑΙΣΩΠΟΣ»: aesp.iep.edu.gr/node/11424

«ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΓΗΣ» (Γ. Περώνη)

Εισαγωγή

Το γνωστικό αντικείμενο στο οποίο αναφέρεται το συγκεκριμένο σενάριο αποτελεί μέρος της υποενότητας *Το εσωτερικό της Γης* (B4.2) του σχολικού βιβλίου Γεωλογία – Γεωγραφία Α΄ Γυμνασίου, (Παυλόπουλος & Γαλάνη, 2007).

Οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν τη δομή του εσωτερικού της γης, την κατανομή των λιθοσφαιρικών πλακών και τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών προκειμένου να προετοιμαστούν κατάλληλα για να κατανοήσουν τις ενδογενείς δυνάμεις που δρουν στο εσωτερικό της γης και διαμορφώνουν το ανάγλυφό της, όπως θα διδαχθούν σε επόμενο μάθημα. Το κύριο ζητούμενο δεν είναι η αποστήθιση εννοιών αλλά η κατανόηση των απόψεων της επιστήμης σχετικά με τη δομή της γης και την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών. Άλλωστε οι μαθητές της Α΄ Γυμνασίου έχουν ήδη δει χάρτες με τα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών στο μάθημα της Γεωγραφίας της Ε΄ και της Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου. Στην τάξη αυτή οι μαθητές καλούνται να ανακαλέσουν στη μνήμη τους τις προϋπάρχουσες γνώσεις και να κατανοήσουν, όσο το επιτρέπουν οι νοητικές δυνατότητες της ηλικίας τους, γεωλογικές διεργασίες που συμβαίνουν στο εσωτερικό της γης και επηρεάζουν τη μορφή της επιφάνειας της Γης.

Περιγραφή του Σεναρίου

Το διδακτικό σενάριο μελετά τη «Δομή του εσωτερικού της γης» με το λογισμικό «Γεωλογία – Γεωγραφία Α΄ και Β΄ Γυμνασίου», το Διαδίκτυο (ιστοσελίδα www.youtube.com), καθώς και το εμπλουτισμένο ηλεκτρονικό βιβλίο του μαθητή Γεωγραφία Β΄ Γυμνασίου που διατίθεται στην ιστοσελίδα ebooks.edu.gr.

Το σενάριο περιλαμβάνει δύο φάσεις που απαιτούν μια διδακτική ώρα η καθεμία και ολοκληρώνεται με ένα σύντομο τεστ αξιολόγησης. Η πρώτη φάση του διδακτικού σεναρίου έχει ως στόχο τη μελέτη του εσωτερικού της γης και περιλαμβάνει 1 φύλλο εργασίας στο οποίο αναπτύσσονται 3 σύντομες δραστηριότητες. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες 3-4 ατόμων και εργάζονται μιστά σε Η/Υ. Οι μαθητές παρακολουθούν το τρέιλερ της ταινίας ΤΑΞΙΔΙ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΓΗΣ του Eric Brevig

(2008). Διαθέσιμο στον ιστότοπο: www.myfilm.gr/article2951.html. Συζητούν στην ομάδα και απαντούν τις ερωτήσεις που τους τίθενται βασιζόμενοι είτε στις γνώσεις που ήδη έχουν είτε αναζητώντας στοιχεία από το διαδίκτυο.

Στη συνέχεια, οι μαθητές μελετούν τη δομή του εσωτερικού της γης χρησιμοποιώντας το λογισμικό «ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ Α΄-Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ» ακολουθώντας τις αναλυτικές οδηγίες που τους παρέχονται. Κατόπιν καλούνται να ελέγξουν την ορθότητα των προηγούμενων απαντήσεών τους που έδωσαν στην προηγούμενη δραστηριότητα. Κατά την ολοκλήρωση κάθε δραστηριότητας τα θέματα συζητούνται στην ολομέλεια.

Στη δεύτερη φάση μελετώνται οι κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών με τη διεξαγωγή τριών δραστηριοτήτων οι οποίες περιλαμβάνονται σε ένα φύλλο εργασίας. Οι μαθητές χρησιμοποιούν την εμπλουτισμένη έκδοση του ηλεκτρονικού βιβλίου «ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ Α΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ», που παρέχεται από τον ιστότοπο ebooks.edu.gr, προκειμένου να δουν την κατανομή των λιθοσφαιρικών πλακών και να καταγράψουν ορισμένες από τις κυριότερες πλάκες (Δραστηριότητα 1^η).

Ακολούθως (Δραστηριότητα 2^η), οι μαθητές παρακολουθούν μια προσομοίωση για τις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών στον ιστότοπο www.youtube.com (The Earth 3D Convection currents & tectonic plates) και στη συνέχεια καταγράφουν απλά πόσες κινήσεις είδαν ότι κάνουν οι λιθοσφαιρικές πλάκες. Στην επόμενη (3^η) δραστηριότητα οι μαθητές χρησιμοποιούν εκ νέου το λογισμικό «ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ Α΄-Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ» ανατρέχοντας στην υποενότητα «Κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών, ρηγμάτων» της ενότητας «Εσωτερικό της γης» για να μελετήσουν πιο εμπεριστατωμένα τις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών και να συγκρίνουν τις απαντήσεις τους με αυτές που δόθηκαν στην 2^η Δραστηριότητα.

Το σενάριο ολοκληρώνεται με ένα ατομικό φύλλο αξιολόγησης που περιλαμβάνει σύντομες ερωτήσεις κλειστού τύπου (πολλαπλών επιλογών, συμπλήρωση κενών, κλπ) που αποσκοπεί σε μια σύντομη διερεύνηση της εμπέδωσης των γνώσεων των συμμετεχόντων μαθητών γύρω από τη δομή του εσωτερικού της γης και τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών.

Παραπομπή για το Σενάριο

Το παρόν ψηφιακό διδακτικό σενάριο έχει χαρακτηριστεί ως Βέλτιστο ύστερα από αξιολόγηση που πραγματοποιήθηκε βάσει κριτηρίων που ορίστηκαν από το ΔΣ του ΙΕΠ. Είναι διαθέσιμο στην πλατφόρμα «ΑΙΣΩΠΟΣ»: aesop.iep.edu.gr/node/18887

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arons, A. (1992). Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής. Στο Α. Βαλαδάκης (Επιμ.), *Ηλεκτρικό ρεύμα* (σσ. 263-300). Αθήνα: Τροχαλία.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, 18, 105-122.

- Jimoyiannis, A., & Komis V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183-204.
- Jimoyiannis, A., Mikropoulos, T. A., & Ravanis, K., (2000). Students' performance towards computer simulations on kinematics. *Themes in Education*, 1(4), 357-372.
- Αλεξιάκης, Ν. Αμπατζής, Σ., Γκουγκούσης, Γ., Κουντούρης, Β., Μοσχοβίτης, Ν., Οβαδίας, Σ., Πετρόχειλος, Κ., Σαμπράκος, Μ., Ψαλίδας, Α., Γεωργακάκος, Π., Σκαλωμένος, Α., Σφαρνάς, Ν., & Χριστακόπουλος, Ι. (2014) *Φυσική Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας*, ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- Αναστασιάδης, Π. (2011). *Βασικό Επιμορφωτικό Υλικό, τόμος Β': Ειδικό Μέρος ΠΕ04 Φυσικών Επιστημών*, Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης, ΠΙ, Αθήνα.
- Αντωνίου, Ε., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασιμπα, Α. (2007). *Φυσική Γ' Γυμνασίου*. Αθήνα: ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.
- Ζαγούρας, Χ., Δαγδιλέλης Β., Κόμης, Β. Κουτσογιάννης, Δ., Κυνηγός Χ., & Ψύλλος, Δ. (2010). *Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα Κέντρα Στήριξης Επιμόρφωσης*, ΙΤΥ, Πάτρα.
- Ζαγούρας, Χ., Δαγδιλέλης, Β., Κυνηγός, Χ., Κουτσογιάννης, Δ., Κόμης, Β., & Ψύλλος, Δ. (2011). *Επιμορφωτικό υλικό για την εκπαίδευση των επιμορφωτών στα πανεπιστημιακά κέντρα επιμόρφωσης*, Τεύχος 1, Πάτρα: ΥΠΕΠΘ, ΠΙ, ΕΑΙΤΥ.
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π., & Κάλλης, Α. (2015). *Χημεία Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας*, Αθήνα: ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ
- Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ., & Καμπούρη, Α. (2007). *Βιολογία Α' Γυμνασίου & Τετράδιο Εργασιών*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Οβαδίας, Σ. (2011). Προβλήματα κατά την εκπόνηση σεναρίων από επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς στην επιμόρφωση Β επιπέδου στο πλαίσιο των σύγχρονων αντιλήψεων για τη διδασκαλία των Φ.Ε. Στο Κ. Γλέζου & Ν. Τζιμόπουλος (Επιμ.), *Πρακτικά 6^ο Πανελληνίου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»*, Σύρος, 6-8 Μαΐου, σσ. 1-5.
- Παυλόπουλος, Κ., & Γαλάνη, Α. (2007). *Γεωλογία Γεωγραφία Α' Γυμνασίου*. Αθήνα: ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.
- Τρικοίλης, Δ., Βαρσαμίδου, Α., & Ορφανός, Σ., (2015). Η αξιοποίηση σχεδίου διδασκαλίας ως επιμορφωτική φάση των ΤΠΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. 8^ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη», Σύρος, 26-28 Ιουνίου.

Σχεδιάζοντας μαθησιακά περιβάλλοντα για την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας με την αξιοποίηση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων

Δρ Ανδρεανή Μπάιτελμαν¹

¹ Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου, baytel@ucy.ac.cy

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, συζητείται η σημασία της ανάπτυξης οικοδομιστικών μαθησιακών περιβαλλόντων για την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας για τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Επίσης, αναλύονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού τέτοιων μαθησιακών περιβαλλόντων. Επιπλέον, με βάση το υφιστάμενο θεωρητικό υπόβαθρο επεξηγείται ο ρόλος των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων ως μέσο για την προώθηση της επιχειρηματολογίας σε οικοδομιστικά μαθησιακά περιβάλλοντα. Παρουσιάζεται, επίσης, ένα παράδειγμα μαθησιακού περιβάλλοντος, το οποίο στοχεύει στην προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας στο μάθημα της Βιολογίας της Β' Λυκείου, με βάση τα αναθεωρημένα Αναλυτικά Προγράμματα Βιολογίας για τα δημόσια σχολεία της Κυπριακής Δημοκρατίας. Το μαθησιακό περιβάλλον εντάσσεται στην ενότητα «Η χημεία της ζωής», αφορά στο νερό και φέρει τον τίτλο «Νερό της Υδατοπρομήθειας Vs. Εμφιαλωμένο Νερό».

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Επιχειρηματολογία, Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, Οικοδομιστικά μαθησιακά περιβάλλοντα, Φυσικές Επιστήμες

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, η επιχειρηματολογία θεωρείται ως μια σημαντική συνιστώσα του επιστημονικού γραμματισμού στην κοινωνία του 21^{ου} αιώνα (Iordanou & Constantinou, 2015; Simon, Erduran & Osborne, 2006) και αποτελεί σημαντικό πεδίο εκπαιδευτικής έρευνας. Ειδικότερα, όσον αφορά στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), η σημασία της ανάπτυξης δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας έχει αναγνωρισθεί από διάφορους επίσημους φορείς χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής (NGSS Lead States, 2013), καθώς και από αρκετούς ερευνητές της διδακτικής των ΦΕ (Baytelman, Iordanou & Constantinou, 2016; Simon, Erduran & Osborne, 2006).

Στη διεθνή βιβλιογραφία, υποδεικνύονται ποικίλοι λόγοι για τη σημασία και συνεισφορά της επιχειρηματολογίας στις ΦΕ. Μερικοί από τους λόγους που καταγράφονται στη βιβλιογραφία, αναλύονται στη συνέχεια, σε συντομία: Η επιχειρηματολογία, δυνητικά, συνεισφέρει στη μάθηση των ΦΕ, διότι η ανταλλαγή

απόψεων και ιδεών μεταξύ των μαθητών, καθώς και η οικοδόμηση επιχειρημάτων που λαμβάνει χώρα στο πλαίσιο της διαδικασίας της επιχειρηματολογίας, προωθεί την εννοιολογική κατανόηση για τα διάφορα φαινόμενα και συστήματα των ΦΕ (Albe, 2008). Επιπλέον, η κατανόηση του τρόπου οικοδόμησης επιχειρημάτων, καθώς και της ίδιας της διαδικασίας της επιχειρηματολογίας, δυνητικά, προωθεί την επιστημολογική κατανόηση των μαθητών και τους επιτρέπει να κατανοήσουν τις επιστημολογικές και κοινωνικές πτυχές της επιστήμης, με βάση τις οποίες η επιστημονική γνώση δημιουργείται, μετασχηματίζεται, αναδιοργανώνεται ή και αντικαθίσταται από νέα γνώση (Sandoval & Millwood, 2007). Η επιστημολογική αυτή κατανόηση μπορεί να συνεισφέρει, επίσης, στη γενικότερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας.

Σύμφωνα με την Kuhn (1993), η επιχειρηματολογία μπορεί να συνεισφέρει στη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών, δεδομένου ότι στο πλαίσιο της διαδικασίας της επιχειρηματολογίας οι μαθητές καλούνται να αξιολογήσουν και να συνδέσουν τα δεδομένα τους με υφιστάμενες θεωρίες, αναπτύσσοντας με αυτόν τον τρόπο τη δεξιότητα οικοδόμησης συνδέσεων μεταξύ δεδομένων και θεωριών, καθώς και τη δεξιότητα αξιολόγησης της εγκυρότητας των θεωριών. Επιπλέον, η επιχειρηματολογία αποτελεί ένα ισχυρό μέσο για προώθηση δεξιοτήτων συλλογισμού σε ατομικό, καθώς και σε κοινωνικό επίπεδο (Mercier, 2011), αλλά και δεξιοτήτων επικοινωνίας και συμπεριφορών που αφορούν στη δημοκρατική πολιτότητα (Simons, et al., 2006).

Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, διάφοροι ερευνητές των ΦΕ έχουν μελετήσει την επιχειρηματολογία στο πλαίσιο των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (Socioscientific Issues - SSI), υποστηρίζοντας ότι τα SSI λόγω της φύσης τους μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο για την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Στη διεθνή βιβλιογραφία, ως SSI χαρακτηρίζονται ανοικτού τύπου ζητήματα τα οποία σχετίζονται με την επιστήμη, την τεχνολογία και την κοινωνία, εμπεριέχουν επιστημονικές, κοινωνικές, ηθικές, κ.λπ. πτυχές, και, συνήθως, είναι επίμαχα ζητήματα λόγω έλλειψης ομοφωνίας των επιστημόνων γι' αυτά (Zeidler, 2014).

Παρόλη, όμως, την κοινή αποδοχή εκ μέρους των πλείστων ερευνητών και παιδαγωγών για τη μεγάλη σημασία της επιχειρηματολογίας στη μαθησιακή διαδικασία και την καθημερινή ζωή, εντούτοις τα ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι οι μαθητές δεν διαθέτουν επαρκείς δεξιότητες επιχειρηματολογίας (Iordanou & Constantinou, 2015) και δυσκολεύονται να οικοδομήσουν έγκυρα και αξιόπιστα επιχειρήματα. Επιπρόσθετα, όπως έχει υποδειχθεί και από την Kuhn (1992), παρόλο που η ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας είναι ένας επιθυμητός μαθησιακός στόχος, τα υπάρχοντα μαθησιακά περιβάλλοντα δεν ευνοούν την ανάπτυξη αυτή. Με βάση τα πιο πάνω υπάρχοντα δεδομένα που αφορούν στην προώθηση της επιχειρηματολογίας στη μάθηση στις ΦΕ, στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο που αφορά στον σχεδιασμό οικοδομιακών μαθησιακών περιβαλλόντων για την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο SSI για τη μάθηση στις ΦΕ. Επιπλέον, προτείνεται ως παράδειγμα ένα μαθησιακό περιβάλλον για το νερό, το οποίο στοχεύει στην προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας στο μάθημα της Βιολογίας της Β' Λυκείου, με βάση τα αναθεωρημένα Αναλυτικά Προγράμματα (ΑΠ) Βιολογίας της Κυπριακής Δημοκρατίας

(Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, 2016). Το συγκεκριμένο παράδειγμα εντάσσεται στην ενότητα *Η χημεία της ζωής*, και φέρει τον τίτλο *Νερό της Υδατοπρομήθειας Vs. Εμφιαλωμένο Νερό*.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο που αφορά στις δεξιότητες επιχειρηματολογίας και στην αξιοποίηση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (SSI) ως βασικών συγκείμενων για τον σχεδιασμό οικοδομιστικών μαθησιακών περιβαλλόντων μάθησης. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού τέτοιων περιβαλλόντων μάθησης στις ΦΕ για την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο SSI, όπως έχουν προκύψει μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, αλλά και μέσα από τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη περιβαλλόντων μάθησης για το μάθημα της Βιολογίας στο πλαίσιο των αναθεωρημένων ΑΠ της Βιολογίας της Κύπρου, καθώς και των επιμορφωτικών δράσεων του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου Κύπρου.

Δεξιότητες Επιχειρηματολογίας

Σύμφωνα με την Kuhn (2010), οι δεξιότητες επιχειρηματολογίας αφορούν αφενός σε γνωστικές δεξιότητες και αφετέρου σε μεταγνωστικές δεξιότητες. Οι γνωστικές δεξιότητες υποστηρίζουν την οικοδόμηση επιχειρημάτων και τη διεξαγωγή διαλογικής συζήτησης με την αξιοποίηση επιχειρημάτων (διαδικασία επιχειρηματολογίας), ενώ οι μεταγνωστικές δεξιότητες αφορούν στην κατανόηση των στόχων της επιχειρηματολογίας, καθώς και στην επιστημολογική κατανόησή της. Ειδικότερα, η επιστημολογική κατανόηση όσον αφορά στην επιχειρηματολογία σχετίζεται με την κατανόηση για το τι είναι ισχυρισμός, τι είναι δεδομένα, γιατί τα δεδομένα πρέπει να αξιολογούνται για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία τους, πώς τα δεδομένα οργανώνονται για την οικοδόμηση επιχειρημάτων και πώς τα δεδομένα υποστηρίζουν τις διάφορες θεωρίες, καθώς και την ανάπτυξη και εγκυροποίηση της επιστημονικής γνώσης (Sandoval & Millwood, 2007). Οι μαθητές που δεν έχουν ανεπτυγμένη την επιστημολογική κατανόηση για θέματα επιχειρηματολογίας, κατέχουν μειωμένες δεξιότητες επιχειρηματολογίας σε σχέση με τους μαθητές που διαθέτουν ανεπτυγμένη επιστημολογική κατανόηση. Επίσης, οι μαθητές με μειωμένη επιστημολογική κατανόηση, συνήθως, διατυπώνουν γραπτούς ή προφορικούς ισχυρισμούς χωρίς να τους συνοδεύουν από αιτιολόγηση με βάση υπάρχοντα δεδομένα (Baytelman, et al., 2016).

Στη βιβλιογραφία περιγράφονται διάφορες προσεγγίσεις για την προώθηση της ανάπτυξης δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Για παράδειγμα, προτείνεται όπως οι μαθητές υποστηριχθούν ούτως ώστε να αντιλαμβάνονται την «ορθή» δομή ενός επιχειρήματος, στοχεύοντας να γίνει σαφής η θεμελιώδης σημασία της αιτιολόγησης των ισχυρισμών με τη χρήση έγκυρων και αξιόπιστων δεδομένων. Παράλληλα, δίνεται έμφαση στην επαγγελματική μάθηση και ανάπτυξη των εκπαιδευτικών και προτείνονται καλές πρακτικές οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Επιπρόσθετα, διάφορες άλλες ερευνητικές εργασίες επικεντρώνονται στη χρήση ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης για την προώθηση της

επιχειρηματολογία. Συγκεκριμένα, προτείνεται η αξιοποίηση του διαδικτύου, καθώς και ειδικών σχεδιασμένων εργαλείων τα οποία στοχεύουν στο να υποστηρίξουν τους εκπαιδευόμενους να δημιουργούν έγκυρα και αξιόπιστα επιχειρήματα (Jordanou & Constantinou, 2015).

Παράλληλα, όμως, αρκετοί ερευνητές (Osborne, Simon & Erduran, 2013) διασαφηνίζουν ότι καθοριστικό ρόλο για την προώθηση της επιχειρηματολογίας στην αίθουσα διδασκαλίας διαδραματίζουν οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών για την ίδια την επιχειρηματολογία, καθώς και η σχετική στήριξη που παρέχουν στους μαθητές τους για την ανάπτυξη της επιστημολογικής τους κατανόησης στο πλαίσιο της μαθησιακής διαδικασίας. Επιπρόσθετα, η Jimenez-Aleixandre (2007) τονίζει τη θεμελιώδη σημασία που έχει η ανάπτυξη κατάλληλων μαθησιακών περιβαλλόντων που στοχεύουν στην προώθηση γνωστικών και μεταγνωστικών δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Σύμφωνα με τη Jimenez-Aleixandre (2007) τέτοια μαθησιακά περιβάλλοντα μπορούν να αποτελέσουν σημαντικά μέσα για την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας στις ΦΕ, δεδομένου όμως ότι ενσωματώνεται λειτουργικά η επιχειρηματολογία στις διάφορες δραστηριότητες για την προώθηση των διαφόρων στόχων των ΑΠ. Στο πλαίσιο της προσπάθειας ανάπτυξης οικοδομιστικών μαθησιακών περιβαλλόντων για την προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας, την τελευταία δεκαετία, διάφοροι ερευνητές των ΦΕ (Zeidler, 2014) προτείνουν τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (SSI) ως βασικά συγκείμενα διδασκαλίας και μάθησης.

Κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες

Η επιλογή των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (SSI) ως μέσο για την προώθηση μαθησιακών στόχων των ΦΕ σχετίζεται άμεσα με τα δεδομένα της σύγχρονης εποχής. Συγκεκριμένα, η εποχή του 21ου αιώνα χαρακτηρίζεται ως εποχή της γνώσης, των επιστημονικών επιτευγμάτων, των επίμαχων κοινωνικο-επιστημονικών και ηθικών διλημάτων, της τεχνολογικής ανάπτυξης, των νέων Μέσων Μαζικής Επικοινωνίας (ΜΜΕ), της παγκοσμιοποίησης και των ραγδαίων αλλαγών. Τα νέα αυτά δεδομένα, πολλές φορές, απαιτούν όπως οι πολίτες είναι σε θέση να λαμβάνουν υπεύθυνες, τεκμηριωμένες αποφάσεις για τους ίδιους και για την κοινωνία, να μπορούν να διαχειρίζονται υπεύθυνα σύνθετα ζητήματα με τα οποία έρχονται καθημερινά αντιμέτωποι, και για τα οποία, συχνά, υπάρχουν διάφορες αντιτιθέμενες και αντιμαχόμενες πληροφορίες, προσεγγίσεις και προοπτικές χωρίς, συνήθως, να δίνεται για αυτά μια ξεκάθαρη απάντηση από τις αρμόδιες αρχές. Τα επίμαχα αυτά ζητήματα, που στη βιβλιογραφία χαρακτηρίζονται ως SSI, επηρεάζουν άμεσα τους πολίτες, διότι εκτός των επιστημονικών πτυχών τους, συνήθως, έχουν και κοινωνικές, ηθικές, πολιτικές, οικονομικές και οικολογικές πτυχές (Baytelman et al., 2016; Zeidler, 2014). Με βάση τα πιο πάνω δεδομένα και τις προκλήσεις της σύγχρονης εποχής, τα τελευταία χρόνια, προτάθηκε ένα νέο μοντέλο μάθησης στις ΦΕ, το οποίο στοχεύει στην προώθηση των διαφόρων δεξιοτήτων που πρέπει να κατέχουν οι πολίτες του 21ου αιώνα και βασίζεται στα SSI (Μοντέλο μάθησης SSI), (Zeidler, Sadler et al., 2009). Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου μοντέλου, τα SSI χρησιμοποιούνται ως βασικό συγκείμενο διδασκαλίας

και μάθησης. Με βάση το μοντέλο αυτό, οι εκπαιδευτικοί αναμένεται να παρέχουν ευκαιρίες στους εκπαιδευόμενους για να μπορούν να συνεργάζονται μεταξύ τους για την επίλυση επίμαχων αυθεντικών προβλημάτων με κοινωνικο-επιστημονικό περιεχόμενο. Για τον σκοπό αυτό, οι εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να εμπλέκονται σε διαδικασίες διερεύνησης, επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης, να συνδέουν τις προσωπικές τους εμπειρίες, καθώς και της κοινότητάς τους, με συγκεκριμένα SSI και να αναστοχάζονται για θέματα επιστήμης, επιστημολογίας, κοινωνίας και τεχνολογίας (Zeidler et al., 2009). Οι διαδικασίες αυτές, δυνητικά, συμβάλλουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης, επιχειρηματολογίας, λήψης απόφασης, καθώς και στην ανάπτυξη της επιστημολογικής κατανόησης των μαθητών. Ειδικότερα, οι εκπαιδευόμενοι, αξιοποιώντας SSI μπορούν να αναπτύξουν την επιστημολογική τους κατανόηση, διότι μπορούν να αντιληφθούν τον τρόπο ανάπτυξης της γνώσης, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς της επιστήμης στην καθημερινή ζωή, καθώς και τη σχέση μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας. Επίσης, μπορούν να αναπτύξουν τέτοιες δεξιότητες που θα τους επιτρέπουν να καταναλώνουν κριτικά και υπεύθυνα τις πληροφορίες που εντοπίζουν στα ΜΜΕ, χωρίς να είναι παθητικοί καταναλωτές τους.

Διάφοροι άλλοι ερευνητές (Sadler, 2009) υποστηρίζουν ότι ένα επιπλέον όφελος από την εμπλοκή των εκπαιδευόμενων σε δραστηριότητες που αφορούν σε SSI είναι η ανάπτυξη υπεύθυνων πολιτών, οι οποίοι θα είναι σε θέση να διαχειρίζονται, υπεύθυνα, SSI-διλήμματα και να εφαρμόζουν αποτελεσματικά την αποκτηθείσα επιστημονική γνώση στην καθημερινή τους ζωή. Επιπρόσθετα, οι εκπαιδευόμενοι, από την εμπλοκή τους με SSI, μπορούν να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα ηθικής, διότι τους παρέχεται η δυνατότητα να αντιληφθούν ότι στα SSI διλήμματα υπάρχουν ηθικές προεκτάσεις και ότι η λήψη απόφασης κάθε ατόμου για τα διλήμματα αυτά επηρεάζεται καθοριστικά από τις αρχές και τις αξίες του ατόμου (Zeidler, 2014). Από την άλλη, η αντίληψη των ηθικών προεκτάσεων των SSI δημιουργεί την ανάγκη για διερεύνηση όλων των πτυχών και προσεγγίσεων των SSI πριν τη λήψη τελικών αποφάσεων. Επίσης, στο πλαίσιο της διαχείρισης SSI, μπορεί να γίνει κατανοητή η σχέση που υπάρχει μεταξύ επιστημονικής και τεχνολογικής προόδου και αναγκών της κοινωνίας. Οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα των SSI και να αντιληφθούν ότι η λήψη απόφασης για πολλά προβλήματα της καθημερινής μας ζωής είναι μια περίπλοκη διαδικασία, στηριζόμενη αφενός σε δεδομένα, αλλά και σε αρχές και αξίες και για αυτό απαιτείται αναστοχασμός, αξιολόγηση και κριτική προσέγγισή τους.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού περιβαλλόντων μάθησης για την προώθηση της επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (SSI) στηρίζονται στη θεωρία μάθησης του οικοδομισμού και του κοινωνικού οικοδομισμού. Τα οικοδομιστικά περιβάλλοντα μάθησης εστιάζουν σε μαθητές, οι οποίοι πρέπει να καθίστανται υπεύθυνοι για τη μάθησή τους, δρώντας ως παραγωγοί γνώσης παρά ως καταναλωτές γνώσεων, τις οποίες παράγουν άλλοι (Jimenez-Aleixandre, 2007). Με βάση

τη θεωρητική αυτή παραδοχή, οι βασικές αρχές για τον σχεδιασμό των προτεινόμενων οικοδομιστικών μαθησιακών περιβαλλόντων αναφέρονται στο βασικό πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης με βάση τη διερώτηση, στον ρόλο του μαθητή και του εκπαιδευτικού και στις διάφορες μορφές αξιολόγησης.

Στην παρούσα εργασία, ως βασικό πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης προτείνεται η αξιοποίηση της κοινωνικο-επιστημονικής διερώτησης. Δηλαδή, η διερώτηση στο πλαίσιο της οποίας αξιοποιούνται ως συγκείμενα διερεύνησης τα SSI. Η προώθηση της επιχειρηματολογίας αποτελεί βασικό στόχο της όλης διερευνητικής διαδικασίας. Η επιχειρηματολογία ενσωματώνεται λειτουργικά στις διάφορες δραστηριότητες του μαθησιακού περιβάλλοντος. Το εκάστοτε επιλεγόμενο SSI πρέπει να συνδέεται με τους αντίστοιχους μαθησιακούς στόχους των ΑΠ που αφορούν στο εκάστοτε μάθημα. Συγκεκριμένα, ανάλογα με το ποιες έννοιες, φαινόμενα και αρχές των ΦΕ επιλέγονται για να μελετηθούν σε κάθε μάθημα, επιβάλλεται η επιλογή του κατάλληλου SSI. Οι διάφορες δραστηριότητες που θα σχεδιασθούν και θα αναπτυχθούν για την προώθηση των υπό έμφαση μαθησιακών στόχων, θα πρέπει να στοχεύουν στην εμπλοκή των μαθητών σε αυθεντικές διαδικασίες οικοδόμησης της γνώσης, στην αυτονομία των μαθητών για διερεύνηση, επιχειρηματολογία και λήψη απόφασης, καθώς και στην ανάπτυξη της επιστημολογικής τους επάρκειας, και θετικών στάσεων και συμπεριφορών για τη δημοκρατική πολιτότητα.

Ο ρόλος των μαθητών για την προώθηση της επιχειρηματολογίας στο πλαίσιο της διερώτησης με βάση SSI είναι καθοριστικός. Συγκεκριμένα, οι μαθητές θα πρέπει να έχουν ευκαιρίες να εμπλακούν ενεργά σε στοχευμένες δραστηριότητες και διαδικασίες, όπως είναι η διατύπωση ισχυρισμών για το SSI-δίλημμα της διερώτησης που θα χρησιμοποιηθεί, η άντληση σχετικών πληροφοριών και δεδομένων από πολλές και διαφορετικές πηγές, η αιτιολόγηση των ισχυρισμών με τα δεδομένα τα οποία οι μαθητές θα πρέπει να συλλέξουν, να αναλύσουν και να αξιολογήσουν για την εγκυρότητα και αξιοπιστία τους, η διατύπωση και η κοινοποίηση τεκμηριωμένων αποφάσεων καθώς και η διαβούλευσή τους με τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας.

Επίσης, άλλες σημαντικές οικοδομιστικές διαδικασίες που θα πρέπει να προωθηθούν είναι η ανάπτυξη και αξιοποίηση κριτηρίων για την αξιολόγηση επιχειρημάτων και ο διαχωρισμός ενός έγκυρου ή/και ισχυρού επιχειρήματος από ένα μη έγκυρο ή/και μη ισχυρό επιχείρημα (Osborne, Erduran & Simon, 2004), καθώς και η έμφαση στην αυτοαξιολόγηση και ετεροαξιολόγηση των επιχειρημάτων από τους μαθητές, με συγκεκριμένα κριτήρια. Επιπρόσθετα, η εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες επιλογής μεταξύ δύο ή περισσότερων αντιτιθέμενων θεωριών ή εξηγήσεων (Osborne et al., 2004) για ένα φαινόμενο ή μεταξύ διαφόρων εναλλακτικών δράσεων, η συζήτηση για τη φύση της επιστήμης, της σχέσης της με την τεχνολογία και την κοινωνία, καθώς και η κοινοποίηση διαφόρων τεκμηριωμένων επιλογών αποτελούν επίσης πολύ σημαντικές διαδικασίες σε οικοδομιστικά περιβάλλοντα μάθησης για την επιχειρηματολογία.

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού στην όλη μαθησιακή διαδικασία, στο πλαίσιο της διερώτησης με βάση SSI, πρέπει να εστιάζει, κυρίως, στην προώθηση διαδικασιών που

ενδυναμώνουν την επιστημολογική κατανόηση του μαθητή για θέματα επιχειρηματολογίας και για τη φύση της επιστήμης. Για παράδειγμα η ρητή αναφορά σε θέματα που αφορούν στο τι είναι επιχείρημα, ποια η σχέση μεταξύ ισχυρισμών, δεδομένων και θεωριών, τότε ένα επιχείρημα θεωρείται έγκυρο, τι είναι επιστήμη, ποια η σχέση μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας, κ.λπ είναι πολύ σημαντικές διαδικασίες που αφορούν στον ρόλο του εκπαιδευτικού.

Επίσης, η ενθάρρυνση των μαθητών από τον εκπαιδευτικό ούτως ώστε να υποστηρίζουν τις θέσεις/ισχυρισμούς τους με επιχειρήματα, υποβάλλοντας τους ερωτήσεις του τύπου *γιατί το σκέφτηκε αυτό;*, *πώς το γνωρίζουμε αυτό;*, *πόσο αξιόπιστη είναι η πηγή προέλευσης των πληροφοριών σου;* είναι επιβεβλημένη. Επιπρόσθετα, ο εκπαιδευτικός θα ήταν σημαντικό να εστιάζει σε θέματα που αφορούν στην προώθηση επιστημολογικών στόχων σχετικών με την επιχειρηματολογία, τη φύση της επιστημονικής γνώσης και τη σχέση της με την κοινωνία, ενθαρρύνοντας τους μαθητές να αναστοχάζονται για την εγκυρότητα των δεδομένων και των επιχειρημάτων τους, καθώς και για την αβεβαιότητα, την πολυπλοκότητα και μεταβλητότητα της επιστημονικής γνώσης, και την ανάγκη αξιολόγησής της, γεγονός που προωθεί την επιστημολογική κατανόηση (Baytelman, et al., 2016). Ειδικότερα, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να εστιάσει στην έννοια των αντιτιθέμενων πληροφοριών και προσεγγίσεων των SSI, οι οποίες, πιθανώς, να οφείλονται σε διαφορετικές κοσμοθεωρίες, διαφορετικό αξιακό σύστημα, διαφορετικές πολιτικές και κοινωνικές προσεγγίσεις των ειδικών, αλλά και σε περιορισμούς της ίδιας της επιστήμης.

Σημαντική συνιστώσα των οικοδομιστικών μαθησιακών περιβαλλόντων είναι και η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων με βάση τους μαθησιακούς στόχους, η οποία θα πρέπει να επιτυγχάνεται μέσω της αρχικής, της διαμορφωτικής και της τελικής αξιολόγησης, με τη χρήση ποικίλων μέσων και εγκυροποιημένων εργαλείων.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

Μαθησιακές επιδιώξεις

Στο μάθημα της Βιολογίας Κατεύθυνσης της Β΄ Λυκείου, με βάση τα ΑΠ της Κύπρου, στην ενότητα *Η Χημεία της Ζωής*, το νερό ως μέρος της μελέτης της χημικής σύστασης της έμβιας ύλης αποτελεί ένα σημαντικό αντικείμενο μελέτης. Στη συγκεκριμένη ενότητα, όπως και σε όλες τις άλλες ενότητες του μαθήματος της Βιολογίας της Μέσης Εκπαίδευσης για τα δημόσια σχολεία της Κύπρου, δίνεται έμφαση στην προώθηση όλων των συνιστωσών της μάθησης στις ΦΕ (εννοιολογική κατανόηση, συλλογιστικές και επιστημονικές δεξιότητες, επιστημολογική επάρκεια, προώθηση στάσεων και εμπειριών) (Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, 2016). Οι επιμέρους μαθησιακές επιδιώξεις της συγκεκριμένης ενότητας που αφορούν στο νερό, ως μέρος της χημείας των ζωντανών οργανισμών, είναι η προώθηση της εννοιολογικής κατανόησης των χαρακτηριστικών του μορίου του νερού που στηρίζουν όλες τις μορφές ζωής, η προώθηση επιστημονικών και πρακτικών δεξιοτήτων που αφορούν σε πειραματικές διαδικασίες για την ποιότητα του πόσιμου νερού, η προώθηση συλλογιστικών δεξιοτήτων και επιστημολογικής

κατανόησης με έμφαση στην επιχειρηματολογία, καθώς και η ανάπτυξη θετικών στάσεων και συμπεριφορών που αφορούν στην αειφορική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Με τις συγκεκριμένες μαθησιακές επιδιώξεις, στην παρούσα εργασία προτείνεται το μαθησιακό περιβάλλον με τίτλο: *Πόσιμο Νερό της Υδατοπρομήθειας ή Εμφιαλωμένο Νερό* που στοχεύει στην προώθηση της επιχειρηματολογίας.

Οι προτεινόμενες δραστηριότητες του συγκεκριμένου μαθησιακού περιβάλλοντος στοχεύουν στο να στηρίζουν τον μαθητή στην προσπάθειά του να οικοδομήσει την απαιτούμενη γνώση που αφορά στο μόριο του νερού, τη σημασία του για τη ζωή και την αειφορική διαχείριση των υδάτινων πόρων, να αναπτύξει δεξιότητες διερεύνησης, να συλλέξει δεδομένα, να οικοδομήσει επιχειρήματα, να επιχειρηματολογήσει και στο τέλος να δώσει μια τεκμηριωμένη απάντηση στο SSI-δίλημμα που χρησιμοποιείται.

Στην πρώτη δραστηριότητα παρουσιάζεται η αποστολή των μαθητών βασισμένη σε ένα κοινωνικό επιστημονικό ζήτημα (SSI) με τίτλο: *Πόσιμο Νερό της Υδατοπρομήθειας Vs. Εμφιαλωμένο Νερό*. Το προτεινόμενο σενάριο της αποστολής είναι το εξής: *Τις τελευταίες εβδομάδες, στην πόλη που κατοικείς, συζητείται έντονα το κατά πόσο οι κάτοικοι της πόλης πρέπει να καταναλώνουν εμφιαλωμένο πόσιμο νερό ή νερό του δικτύου της υδατοπρομήθειας. Αυτός ο προβληματισμός των κατοίκων είναι αποτέλεσμα μιας είδησης της τοπικής τηλεόρασης της πόλης σας που υποστηρίζει ότι το νερό του δικτύου της υδατοπρομήθειας δεν είναι κατάλληλο για κατανάλωση, από τους κατοίκους. Οι δημοτικές αρχές της πόλης, καθώς και οι εκπρόσωποι του κρατικού χημείου, υποστηρίζουν ότι το νερό της υδατοπρομήθειας είναι κατάλληλο για κατανάλωση και ότι δεν υπάρχει οποιοσδήποτε κίνδυνος από τη χρήση του. Μια άλλη ομάδα ειδικών που ασχολείται με θέματα υγείας, καθώς και εισαγωγείς και μεταπωλητές εμφιαλωμένου νερού υποστηρίζουν ότι το μόνον ασφαλές πόσιμο νερό είναι το εμφιαλωμένο νερό. Επιπλέον, υποστηρίζουν ότι παρόλο που το εμφιαλωμένο νερό κοστίζει λίγο περισσότερο από το νερό της υδατοπρομήθειας, τα πλεονεκτήματά του είναι τόσα πολλά που αξίζει τον κόπο να το αγοράζουμε. Εσύ καλείσαι να πάρεις μια τεκμηριωμένη απόφαση για το εξής θέμα: Πρέπει να χρησιμοποιείς ως πόσιμο νερό, το νερό της υδατοπρομήθειας, ή πρέπει να αγοράζεις εμφιαλωμένο νερό; Ακολουθεί η διατύπωση των αρχικών/εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για τη χημική σύσταση του νερού και τη σημασία της ποιότητας του πόσιμου νερού και γενικότερα για τη σημασία του νερού για τη ζωή στον πλανήτη μας, με απώτερο σκοπό την εννοιολογική αλλαγή στο πλαίσιο των άλλων δραστηριοτήτων.*

Στη δεύτερη δραστηριότητα, με βάση μια αλληλουχία επιμέρους υποδραστηριοτήτων, οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν και να κατανοήσουν τα φυσικά-χημικά χαρακτηριστικά του μορίου του νερού, τα οποία στηρίζουν όλες τις μορφές ζωής στον πλανήτη μας. Επίσης, προβληματίζονται και αναστοχάζονται για την ανάγκη της αειφόρου διαχείρισης των υδάτινων πόρων στον πλανήτη μας.

Στην τρίτη δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν αυθεντικά δεδομένα που αφορούν παραμέτρους ποιότητας του πόσιμου νερού σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας και το Υπουργείο Υγείας της Κύπρου. Στη συνέχεια,

καλούνται να διατυπώσουν ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις, να σχεδιάσουν και να διεξάγουν πειράματα που αφορούν παραμέτρους για την ποιότητα του πόσιμου νερού.

Στην τέταρτη δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται να συλλέξουν δεδομένα για την ποιότητα του πόσιμου νερού της υδατοπρομήθειας και του εμφιαλωμένου νερού στην Κύπρο και το εξωτερικό, αξιοποιώντας πολλαπλές πηγές πληροφόρησης, και να τις αξιολογήσουν για την εγκυρότητα και αξιοπιστία τους, με βάση συγκεκριμένα κριτήρια αξιολόγησης. Ακολουθεί συζήτηση στις ομάδες και στην ολομέλεια της τάξης για τη σημασία αξιοποίησης πολλαπλών πηγών πληροφόρησης, για τη σημασία αξιολόγησης των δεδομένων, καθώς και τη σημασία της σχέσης δεδομένων και θεωριών.

Στην πέμπτη δραστηριότητα, οι μαθητές, με βάση την αποστολή τους, καλούνται να οικοδομήσουν επιχειρήματα, αντεπιρήματα και αντικρούσεις αντεπιχειρημάτων για ένα από τους δύο ισχυρισμούς, *Πόσιμο Νερό της Υδατοπρομήθειας ή Εμφιαλωμένο Νερό*, αξιοποιώντας δομημένο για τον σκοπό αυτό φύλλο εργασίας, καταγράφοντας κοινωνικά, ηθικά, επιστημονικά, οικονομικά, οικολογικά επιχειρήματα, με στόχο τον αναστοχασμό γύρω από όλες τις πτυχές του εξεταζόμενου SSI, και την ολιστική προσέγγισή του. Πριν αρχίσει η καταγραφή των επιχειρημάτων, οι μαθητές καλούνται να εκφράσουν τις αρχικές τους ιδέες για το τι είναι ένας ισχυρισμός, τι είναι ένα επιχείρημα, τότε ένα επιχείρημα είναι έγκυρο, ποια η σχέση ισχυρισμών, δεδομένων και θεωριών, κ.λπ. Ακολουθεί συζήτηση στις ομάδες και στην ολομέλεια και αυτοαξιολόγηση και ετεροαξιολόγηση της εγκυρότητας των επιχειρημάτων με βάση συγκεκριμένα κριτήρια.

Στην έκτη δραστηριότητα, οι μαθητές ανάλογα με τους ισχυρισμούς και τα επιχειρήματα που θα έχουν διατυπώσει για το SSI της αποστολής τους: *Πόσιμο Νερό της Υδατοπρομήθειας Vs. Εμφιαλωμένο Νερό*, θα χωρισθούν σε δύο ομάδες και ακολουθεί η διαδικασία της επιχειρηματολογίας στην ολομέλεια της τάξης, καθώς και συζήτηση για την αλληλεπίδραση της επιστήμης με την τεχνολογία και την κοινωνία και την ανάγκη για κριτική προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης. Ακολουθεί τελική αξιολόγηση των σχετικών επιχειρημάτων και της επιχειρηματολογίας από τον εκπαιδευτικό και παρέχεται σχετική ανατροφοδότηση.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε το θεωρητικό υπόβαθρο για τον σχεδιασμό οικοδομιστικών μαθησιακών περιβαλλόντων για την προώθηση της επιχειρηματολογίας στις Φυσικές Επιστήμες, με τη χρήση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων, καθώς και ένα παράδειγμα από το μάθημα της βιολογίας. Ο προτεινόμενος σχεδιασμός που βασίζεται στην κοινωνικο-επιστημονική διερώτηση στοχεύει στην προώθηση όλων των συνιστώσων της μάθησης στις ΦΕ με έμφαση στις δεξιότητες επιχειρηματολογίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38 (1), 67–90.

- Baytelman, A., Iordanou, K., Constantinou, C., (2016). *The effects of epistemological beliefs and prior-knowledge on the construction of arguments*. Lavonen, J., Juuti, K., Lampiselkä, J., Uitto, A., & Hahl, K. (Eds.). (2016). *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future*. Helsinki, Finland: University of Helsinki.
- Iordanou, K. & Constantinou, C. (2015). Supporting Use of Evidence in Argumentation Through Practice in Argumentation and Reflection in the Context of SOCRATES Learning Environment. *Science Education*, 99(3), 292-311.
- Jimenez- Aleixandre, M. P. (2007). *Designing Argumentation Learning Environments: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht, (pp. 91-115). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62, 155–178.
- Kuhn, D. (1993). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94(8), 810-824.
- Mercier, H. (2011). Reasoning serves argumentation in children. *Cognitive Development*, 26(1), 177-191.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell-Richardson, C., & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), 315 – 347.
- Sadler, T. D., (2009). Situated Learning in science education: Socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42.
- Sandoval, W., & Millwood, K. (2007). *What can argumentation tell us about Epistemology*. In S. Erduran and M.P. Jimenez-Aleixandre (Eds), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht, (pp. 71 – 88). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Simon, S., Erduran, S., Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: *Research and development in the science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού (2016). *Δείκτες Επιτυχίας και Επάρκειας Βιολογίας Β' Λυκείου Κατεύθυνσης*. Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου.
- Zeidler, D. L. (2014). *Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research and Practice*. Handbook of Research on Science Education.
- Zeidler, D. L., Sadler, T.D., Applebaum, S., & Callahan, B.E. (2009). Advancing reflective judgment through socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 74-101.

Πρόταση διδασκαλίας για την ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση μέσω υπολογιστικής προσομοίωσης και μέσω ρομποτικής εξομοίωσης

Δημήτρης Δανελλάκης ¹, Δημήτρης Κλαδογένης ²,
Γιώργος Κρητικός ³, Κωνσταντίνος Κωσταλίας ⁴ &
Αργυρώ Πέτρου ⁵

¹ 2^ο ΕΚ Ρόδου, danel@sch.gr

² 2^ο ΕΚ Ρόδου, kladogenis@sch.gr

³ ΕΚΦΕ Ρόδου, ekritikos@aegean.gr

⁴ ΚΕΠΛΗΝΕΤ Δωδεκανήσου, kostalias@sch.gr

⁵ 2^ο ΕΚ Ρόδου, petrou@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πρόταση διδασκαλίας που περιγράφουμε, αφορά στην ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση, όπως αυτή διδάσκεται στη Φυσική της Α' Λυκείου. Οι μαθητές προσπαθούν να λύσουν ένα πρόβλημα, χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις κίνησης, αρχικά στο χαρτί, στη συνέχεια μέσα από υπολογιστική προσομοίωση και, τέλος, μέσα από ρομποτική εξομοίωση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Κινηματική, υπολογιστική προσομοίωση, ρομποτική εξομοίωση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σενάριο διδασκαλίας που ακολουθεί, περιγράφει δύο διαδοχικές κινήσεις ενός σώματος. Αρχικά, το σώμα κινείται ομαλά επιταχυνόμενα, ενώ κάποια στιγμή αρχίζει να επιβραδύνεται ομαλά. Το σενάριο χρησιμοποιεί ύλη της Φυσικής Α' Λυκείου. Οι μαθητές προσπαθούν να λύσουν ένα πρόβλημα, χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις κίνησης, αρχικά στο χαρτί, στη συνέχεια μέσα από υπολογιστική προσομοίωση και, τέλος, μέσα από ρομποτική εξομοίωση. Η εκφώνηση του προβλήματος είναι:

Ένα σώμα βρίσκεται ακίνητο σε ένα σημείο ενός ευθύγραμμου δρόμου. Σε απόσταση d από το σώμα βρίσκεται ένα ακλόνητο εμπόδιο. Το σώμα μπορεί να αναπτύξει σταθερή επιτάχυνση μέτρου α_1 και σταθερή επιβράδυνση μέτρου α_2 . Το σώμα πρέπει να ξεκινήσει επιταχυνόμενα και κάποια στιγμή να αρχίσει να επιβραδύνεται, μέχρι να φτάσει ακριβώς μπροστά στο εμπόδιο. Να υπολογίσετε τη χρονική στιγμή που το σώμα πρέπει να αρχίσει να επιβραδύνεται και τον συνολικό χρόνο της κίνησής του. Εφαρμογή: $\alpha_1=2\text{cm/s}^2$, $\alpha_2=4\text{cm/s}^2$, $d=24\text{cm}$.

Από τις εξισώσεις κίνησης, καταλήγουμε ότι ο ζητούμενος χρόνος είναι: $\Delta t_1 = \sqrt{2\alpha_2 d / (\alpha_1^2 + \alpha_1 \alpha_2)}$ ή $\Delta t_1 = 2s$. Κατά την επίλυση στο χαρτί, οι μαθητές μπορεί να επιλέξουν δύο διαφορετικές προσεγγίσεις. Στη μία προσέγγιση, οι μαθητές αντικαθιστούν τις τιμές των μεγεθών ($\alpha_1 = 2\text{cm/s}^2$, $\alpha_2 = 4\text{cm/s}^2$, $d = 24\text{cm}$) απευθείας στις εξισώσεις κίνησης. Στη δεύτερη προσέγγιση, οι μαθητές επιλύουν παραμετρικά τις εξισώσεις κίνησης και αντικαθιστούν τις τιμές στο τέλος. Σύμφωνα με μία πιλοτική έρευνα που πραγματοποιήσαμε σε δείγμα 10 μαθητών, η πρώτη προσέγγιση είναι προτιμότερη από τους μαθητές, καθώς τους διευκολύνει στην επίλυση των εξισώσεων. Ωστόσο, η παραμετρική επίλυση πλεονεκτεί σε δύο σημεία. Πρώτον, εμφανίζει σχέσεις ανάμεσα στα μεγέθη, που με την αριθμητική επίλυση δεν φαίνονται. Για παράδειγμα, κατά την παραμετρική επίλυση προκύπτουν οι σχέσεις $S_1/S_2 = \alpha_2/\alpha_1$ και $\Delta t_1/\Delta t_2 = \alpha_2/\alpha_1$ (όπου S_1, S_2 οι αποστάσεις κατά την επιταχυνόμενη και την επιβραδυνόμενη κίνηση, αντίστοιχα και $\Delta t_1, \Delta t_2$ οι αντίστοιχοι χρόνοι κίνησης). Από αυτές εξάγονται τα χρήσιμα συμπεράσματα ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η επιτάχυνση από την επιβράδυνση (κατά απόλυτη τιμή), τόσο μικρότερη απόσταση και τόσο μικρότερο χρόνο το σώμα θα κινείται επιταχυνόμενα απ' ό,τι επιβραδυνόμενα. Το δεύτερο πλεονέκτημα της παραμετρικής επίλυσης, είναι ότι αν αλλάξουν οι τιμές των δεδομένων, είναι πολύ εύκολο να υπολογιστεί αμέσως το νέο αποτέλεσμα, σε αντίθεση με την αριθμητική επίλυση, όπου ο μαθητής πρέπει πολύ προσεκτικά να δει ποια μεγέθη επηρεάζονται από την αλλαγή των δεδομένων. Τα δύο αυτά πλεονεκτήματα εμφανίζονται τόσο στην υπολογιστική προσομοίωση, όσο και στην ρομποτική εξομοίωση.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Η προσομοίωση είναι ένα ισχυρό εργαλείο, τόσο για την Επιστήμη, όσο και για την Εκπαίδευση. Σύμφωνα με τους Rutten et al. (2012), οι προσομοιώσεις έχουν αντικαταστήσει ορισμένες εργαστηριακές ασκήσεις και έχουν σημαντική επίδραση στη μάθηση μέσω της οπτικοποίησης φαινομένων. Ωστόσο, οι προσομοιώσεις, ενδεχομένως να οδηγούν τους μαθητές σε συγχύσεις και υπεραπλουστεύσεις, αντί να προσεγγίζουν τις παραδεκτές επιστημονικές θεωρίες (Δημητρακοπούλου, 1999).

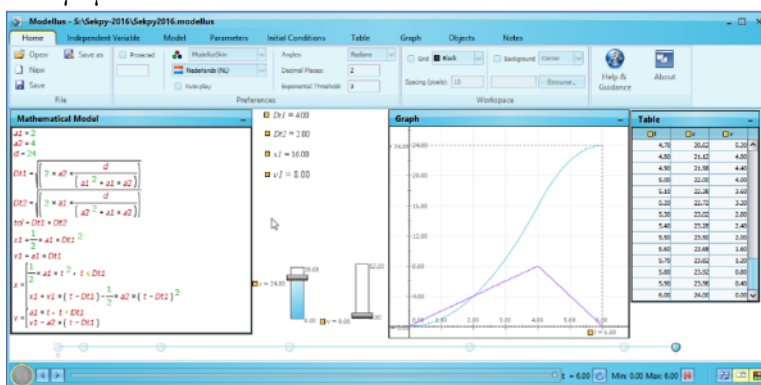
Επίλυση του προβλήματος με το λογισμικό Modellus

Το Modellus (Teodoro & Neves, 2011) είναι ένα ελεύθερο εκπαιδευτικό λογισμικό μαθηματικής μοντελοποίησης, το οποίο παρέχει πολλαπλές αναπαραστάσεις, όπως προσομοίωση, στροβοσκοπική αναπαράσταση, γραφικές παραστάσεις, εξισώσεις περιγραφής του φαινομένου και διανυσματική αναπαράσταση των μεγεθών. Η επίλυση του προβλήματος αρχίζει από την μαθηματική μοντελοποίηση, σε ειδικό παράθυρο του λογισμικού (Εικόνα 1).

Στη συνέχεια, οι μαθητές οφείλουν να «ενσαρκώσουν» το μαθηματικό μοντέλο, δίνοντας σε μία οντότητα τις ιδιότητες που θα του επιτρέψουν να προσομοιώσει την κίνηση. Για παράδειγμα, επιλέγουν από το μενού «αντικείμενα» ένα σφαιρικό σωματίδιο, στο οποίο αντιστοιχούν την οριζόντια χωρική συντεταγμένη με τη μεταβλητή x (θέση) του

μαθηματικού μοντέλου και την κατακόρυφη χωρική συντεταγμένη με 0, αν κίνηση είναι οριζόντια. Στο σημείο αυτό έχει ολοκληρωθεί το κομμάτι της μαθηματικής μοντελοποίησης και της προσομοίωσης. Επιπλέον, οι μαθητές μπορούν να επιλέξουν ποιες από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις επιθυμούν. Στην Εικόνα 1, φαίνεται ένα σώμα που εκτελεί διαδοχικά επιταχυνόμενη και επιβραδυνόμενη κίνηση (σύμφωνα με το παραπάνω σενάριο) και, παράλληλα με την προσομοίωση (με στροβοσκοπική αναπαράσταση), το Modellus δημιουργεί τα γραφήματα θέσης-χρόνου και ταχύτητας-χρόνου. Δίπλα στα διαγράμματα, δίνονται οι αντίστοιχοι πίνακες τιμών, ενώ παράλληλα, παρουσιάζονται σε μορφή δυναμικής ράβδου (level indicator) οι τιμές της θέσης και της ταχύτητας και υπολογίζονται οι τιμές διαφόρων παραμέτρων.

Εικόνα 1: Λογισμικό Modellus.



ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ

Η Εκπαιδευτική Ρομποτική ασχολείται με έννοιες από διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους (Φυσική, Μαθηματικά, κλπ) με σκοπό να βελτιωθεί η κατανόηση των μαθητών ως προς διάφορες έννοιες, διαδικασίες και φαινόμενα (Parsons & Sklar, 2009; Resnick & Silverman, 2005). Έτσι, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η Εκπαιδευτική Ρομποτική συνεπάγεται μια διαθεματική προσέγγιση, δηλαδή η ρομποτική στην εκπαίδευση αποτελεί για πολλούς ένα σημαντικό εργαλείο σε πολλούς τομείς (Psycharis, Makri-Botsari & Xynogalas, 2008), ενώ για άλλους θεωρείται ένα όχημα που μπορεί να μεταφέρει νέους τρόπους μάθησης και διδασκαλίας στην εκπαίδευση (Alimisis, 2012).

Επίλυση του προβλήματος με τη ρομποτική διάταξη MINDSTORMS EV3

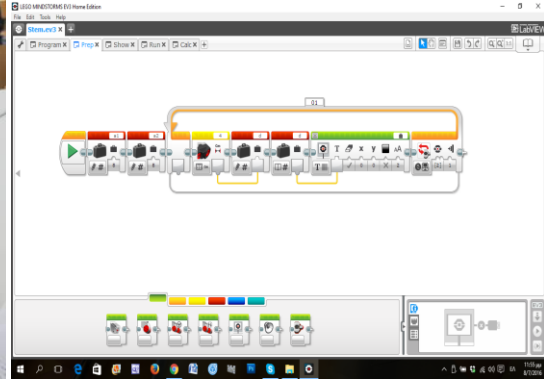
Η εξομοίωση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μιας απλής ρομποτικής διάταξης (express bot) (Εικόνα 2) που είναι απλή και εύκολη στην συναρμολόγηση από μαθητές. Με τη χρήση του λογισμικού EV3 (Εικόνα 3) δημιουργήθηκε κώδικας που χρησιμοποιεί την μαθηματική επίλυση του προβλήματος για να κινήσει κατάλληλα το ρομπότ. Το ρομπότ δέχεται σαν είσοδο από τους μαθητές την επιθυμητή τιμή της επιτάχυνσης (a_1) και της επιβράδυνσης (a_2) και με τη βοήθεια αισθητήρα απόστασης (υπερήχων) υπολογίζει την

απόσταση (d) από αντικείμενο (τοίχο) που βρίσκεται απέναντι του. Ο μαθητής επιβεβαιώνει τα δεδομένα από την οθόνη του ρομπότ και ξεκινάει την διαδικασία. Η μετροταινία που βρίσκεται κατά μήκος της διαδρομής του ρομπότ χρησιμεύει στην επιβεβαίωση της απόστασης από τον τοίχο αλλά και στην εκτίμηση για το σημείο που το ρομπότ θα σταματήσει την επιταχυνόμενη και θα ξεκινήσει την επιβραδυνόμενη κίνηση σύμφωνα με τις τιμές επιτάχυνσης και επιβράδυνσης που έδωσαν οι μαθητές.

Εικόνα 2: Ρομποτική διάταξη.



Εικόνα 3: Λογισμικό EV3.



Οι μαθητές, δίνοντας διαφορετικές τιμές στην επιτάχυνση και επιβράδυνση, μπορούν να μελετήσουν τη συμπεριφορά του ρομπότ και να επιβεβαιώσουν ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η επιτάχυνση από την επιβράδυνση (κατά απόλυτη τιμή), τόσο μικρότερη απόσταση και τόσο μικρότερο χρόνο το σώμα θα κινείται επιταχυνόμενα απ' ό,τι επιβραδυνόμενα, σύμφωνα με τις σχέσεις $S_1/S_2 = a_2/a_1$ και $\Delta t_1/\Delta t_2 = a_2/a_1$. Μέσα από το λογισμικό EV3 οι μαθητές μπορούν να κάνουν Συλλογή Δεδομένων (Data Logging) και στη συνέχεια να δουν γραφική αποτύπωση των διαφόρων φυσικών μεγεθών.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι, οι κινητήρες του ρομπότ δεν δέχονται ως παράμετρο κίνησης την ταχύτητα αλλά την ισχύ. Γι' αυτό, στο πρόγραμμα χρησιμοποιήσαμε έναν συντελεστή μετατροπής (factor).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ως προς το διδακτικό αποτέλεσμα, με βάση την πιλοτική εφαρμογή της διδακτικής πρότασης, θεωρούμε πως η νέα γνώση δημιουργήθηκε με αποτελεσματικότερο τρόπο από τις συμβατικές μεθόδους, εφόσον οι μαθητές ενεπλάκησαν ενεργά σε μια διεπιστημονική προσέγγιση φυσικών εννοιών, μέσω αλληλεπίδρασης με φυσικά υλικά. Επιπλέον, θεωρούμε ότι η οπτικοποίηση του αποτελέσματος, και μάλιστα με κάτι απτό και όχι μέσω μιας εικονικής προσομοίωσης στον Η/Υ, ήταν πειστικότερη, ελκυστικότερη και πιο παρακινητική, αυξάνοντας τον δείκτη πρόσληψης για τους μαθητές. Ακόμη κι αν στην πράξη παρουσιαστούν μικρές αποκλίσεις ή ανακρίβειες κατά τη διάρκεια της εξομοίωσης, θεωρούμε πως αυτό θα λειτουργήσει τελικά υπέρ των μαθητών, εφόσον θα κατανοήσουν

το πόσο απρόβλεπτος και περίπλοκος είναι ο φυσικός κόσμος και θα χρειαστεί να συνεργαστούν ώστε να εντοπίσουν τις αιτίες των αποκλίσεων και σταδιακά να τις απαλείψουν. Τέτοιου είδους ρεαλιστικές αποκλίσεις δεν φαίνονται σε μία υπολογιστική προσομοίωση, καθώς είναι δύσκολο έως αδύνατο να μοντελοποιηθούν με ακρίβεια οι πραγματικές συνθήκες ενός πειράματος.

Ως προς τις δυσκολίες που παρουσιάζει η ρομποτική εξομοίωση, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η κατασκευή ενός ρομπότ δεν είναι πάντα εύκολη υπόθεση. Όσο πολυπλοκότερη είναι η έννοια που επιδιώκουμε να μελετήσουμε, τόσο πιο απαιτητική θα είναι και η ρομποτική κατασκευή. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθούμε και στη δυσκολία του προγραμματισμού του ρομπότ. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά μοντέρνα λογισμικά οπτικού προγραμματισμού, πολύ φιλικά ακόμη και για παιδιά.

Εν κατακλείδι, θεωρούμε ότι η ρομποτική εξομοίωση, παράλληλα με την υπολογιστική εξομοίωση, μπορούν να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον στο οποίο οι μαθητές θα αξιοποιήσουν την υπάρχουσα γνώση αλλά και θα ανακαλύψουν νέα γνώση. Θα πρέπει όμως να γίνουν προσπάθειες, ώστε η ρομποτική εξομοίωση να αξιοποιηθεί σε συνθήκες πραγματικής τάξης, παρόλο που στην Ελλάδα δεν περιλαμβάνεται στο επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα. Προτείνουμε λοιπόν να υπάρξει ενημέρωση και συνεργασία μεταξύ εκπαιδευτικών Πληροφορικής και Θετικών Επιστημών ώστε να πραγματοποιηθούν πρότυπες διδασκαλίες με χρήση ρομποτικής, δημιουργώντας ένα δίκτυο σχολείων για ανταλλαγή καλών πρακτικών, ένα εκπαιδευτικό αποθετήριο.

Η παρούσα διδακτική πρόταση έχει μελετηθεί μόνο σε πιλοτικό επίπεδο και, συνεπώς, τα πορίσματά της δεν αποτελούν τεκμηριωμένα συμπεράσματα, αλλά υποθέσεις προς διερεύνηση σε μελλοντική έρευνα που σχεδιάζουμε.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alimisis, D. (2012). Integrating Robotics in Science and Technology Teacher Training Curriculum, In *Proceedings of 3rd International Workshop Teaching Robotics*, Rivadel Garda, Trento, Italy, 20 April, ISBN 978-88-95872-05-6, 170-179.
- Parsons, S., & Sklar, E. (2004). Teaching AI using LEGO Mindstorms. In *Proceedings of 2004 AAAI Spring Symposium*.
- Psycharis, S., Makri-Botsari, E., & Xynogalas, G. (2008). The use of Educational Robotics for the teaching of Physics and its relation to self-esteem, In *Workshop Proceedings of SIMPAR 2008*, Venice, Italy, 3-4 November, 132-142.
- Resnick, M., & Silverman, B. (2005). Some Reflections on Designing Construction Kits for Kids, In *Proceedings of Interaction Design and Children conference*, Boulder.
- Rutten, N., van Joolingen, W., & van der Veen, J. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58, 136-153.
- Teodoro, V. D., & Neves, R. G. (2011). Mathematical modelling in science and mathematics education. *Computer Physics Communications*, 182(1), 8-10.
- Δημητρακοπούλου, Α. (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Τι προσφέρουν και πώς τις αξιοποιούμε; *Επιθεώρηση Φυσικής*, Η'(30), 48-58.

Πρόταση διδασκαλίας-προπόνησης μαθητών/τριών στο πλαίσιο του διαγωνισμού πειραμάτων EUSO

Γιώργος Κρητικός¹ & Θεοχαρώ Ματζαβίνου²

¹ ΕΚΦΕ Ρόδου, gkritikos@aegean.gr

² ΓΕΛ Αφάντου, matzavinou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται, ως πρόταση διδασκαλίας-προπόνησης μαθητών/τριών, μια ενδεικτική εργαστηριακή άσκηση σε τοπικό διαγωνισμό EUSO και παρατίθενται τα συνήθη κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογούνται οι μαθητές/τριες στο πλαίσιο του διαγωνισμού. Παράλληλα, παρουσιάζεται η πορεία προετοιμασίας τριών μαθητριών που συμμετείχαν σε τοπικό και Πανελλαδικό επίπεδο του διαγωνισμού EUSO.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Εργαστηριακές ασκήσεις, Διαγωνισμός EUSO, Φύλλα εργασίας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ευρωπαϊκή Ολυμπιάδα Φυσικών Επιστημών (European Union Science Olympiad - EUSO) είναι ένας διαγωνισμός πειραμάτων στη Φυσική, τη Χημεία και τη Βιολογία για τριμελείς ομάδες μαθητών/τριών μέχρι 17 ετών από όλες τις χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο διαγωνισμός πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά το 2003 και από τότε διεξάγεται κάθε χρόνο, ενώ η χώρα μας συμμετείχε με ομάδα για πρώτη φορά το 2006 (EUSO, n.d.). Οι πειραματικές δραστηριότητες του διαγωνισμού είναι σχεδιασμένες ώστε να προκρίνεται η διασύνδεση των φυσικών επιστημών και να παρέχεται στους/ις μαθητές/τριες η δυνατότητα να παρουσιάσουν τις επιστημονικές τους ικανότητες και να αναπτύξουν δημιουργική σκέψη. Παράλληλα, οι μέντορες έχουν την ευκαιρία να συγκρίνουν τη διδακτέα ύλη και τις εκπαιδευτικές τάσεις στα κράτη μέλη της ΕΕ, με στόχο τη βελτίωση της επιστημονικής εκπαίδευσης σε εθνικό επίπεδο. Αρχικά, διαγωνίζονται οι τριμελείς ομάδες μαθητών/τριών σε τοπικό επίπεδο στο κάθε ΕΚΦΕ (Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών) και, στη συνέχεια, η ομάδα ή οι ομάδες που προκρίνονται διαγωνίζονται σε Πανελλαδικό επίπεδο. Τέλος, δύο ομάδες από την Ελλάδα εκπροσωπούν τη χώρα στον τελικό Ευρωπαϊκό διαγωνισμό.

Στην παρούσα εργασία, περιγράφουμε την πορεία προετοιμασίας τριών μαθητριών στο πλαίσιο του διαγωνισμού EUSO 2016. Για την προπόνηση των μαθητριών, σε τοπικό και Πανελλαδικό επίπεδο, χρησιμοποιήθηκε υλικό του υπουργείου παιδείας όπως, εργαστηριακοί οδηγοί, θέματα προηγούμενων τοπικών και Πανελλαδικών

διαγωνισμών EUSO, αλλά και πρωτότυπο υλικό από τα ΕΚΦΕ. Η προπόνηση των μαθητριών έγινε από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διάρκεια των ωρών που οι ίδιοι δεν είχαν διδασκαλία, οπότε απασχολούσαν τις μαθήτριες σε ώρες εντός του σχολικού ωραρίου. Μετά τη διάκριση της ομάδας στον τοπικό διαγωνισμό, ο υπεύθυνος ΕΚΦΕ συμμετείχε στην προπόνηση των μαθητριών για τον Πανελλαδικό διαγωνισμό.

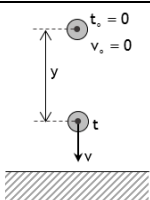
Για το θεωρητικό μέρος, οι μαθήτριες μελέτησαν τις ενότητες σχετικά με τη θεωρία σφαλισμάτων και τη χάραξη γραφικών παραστάσεων από τους εργαστηριακούς οδηγούς Α' και Β' Λυκείου. Στο πειραματικό μέρος, παρουσιάστηκαν εργαστηριακά όργανα στις μαθήτριες και στη συνέχεια κλήθηκαν να εξοικειωθούν με τις λειτουργίες τους και να εξασκηθούν στη συναρμολόγηση διατάξεων και στη λήψη μετρήσεων.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΠΤΩΣΗ

Παρακάτω, περιγράφουμε μία ενδεικτική εργαστηριακή άσκηση από τοπικό διαγωνισμό EUSO, η οποία αφορά στην ελεύθερη πτώση ενός σώματος. Για τη δημιουργία του αντίστοιχου φύλλου εργασίας, λήφθηκαν υπόψη τα εννοιολογικά εμπόδια των μαθητών/τριών, όπως «τα βαρύτερα πέφτουν πιο γρήγορα», «το ελαφρύτερο αντικείμενο δέχεται μεγαλύτερη αντίσταση από τον αέρα» και «στο κενό αέρος δεν υπάρχει βαρύτητα» (Κασσέτας, 2004). Επιπλέον, το φύλλο εργασίας θέτει ως μαθησιακούς στόχους την καλλιέργεια δεξιοτήτων, όπως η παρατήρηση, η ερμηνεία και η ταξινόμηση των παρατηρήσεων, η αναγνώριση και ο έλεγχος των μεταβλητών, η γενίκευση των συμπερασμάτων και η επικοινωνία (Κανδήλης, 2009).

Αρχικά, δόθηκαν στους/ις μαθητές/τριες συνοπτικές θεωρητικές επισημάνσεις (Εικόνα 1), ώστε να εστιάσουν στο εργαστηριακό μέρος και όχι στην αναζήτηση της σχετικής θεωρίας. Στη συνέχεια, οι μαθητές/τριες ενημερώθηκαν για τις διατάξεις που έπρεπε να κατασκευάσουν. Η ενημέρωση δεν ήταν αναλυτική, παρά μόνο σε σημεία που κρίθηκε απαραίτητο. Για παράδειγμα, σε μία διάταξη που περιείχε δύο φωτοπύλες, η τοποθέτηση της πρώτης φωτοπύλης ήταν κρίσιμη για τη διεξαγωγή του πειράματος. Έτσι, κρίθηκε απαραίτητο να δοθούν περαιτέρω αναλυτικές οδηγίες (Εικόνα 2).

Εικόνα 1: Θεωρητικές επισημάνσεις στο φύλλο εργασίας.



Για ένα σώμα που εκτελεί ελεύθερη πτώση ισχύουν οι σχέσεις: $v = gt$, $y = \frac{1}{2}gt^2$

Όπου, v η ταχύτητα σε μία χρονική στιγμή t , y η αντίστοιχη απόσταση που διένυσε το σώμα από το σημείο που αφέθηκε και g η επιτάχυνση της βαρύτητας. Με απαλοιφή χρόνου στις δύο παραπάνω σχέσεις, προκύπτει: $v = \sqrt{2gy}$

Στην ίδια σχέση μπορούμε να καταλήξουμε μέσα από ενεργειακή μελέτη. Σε οποιαδήποτε θέση του σώματος, η μηχανική ενέργεια (E) είναι σταθερή, δηλαδή:

$$E = E_p \Leftrightarrow U + K = U_0 + K_0$$

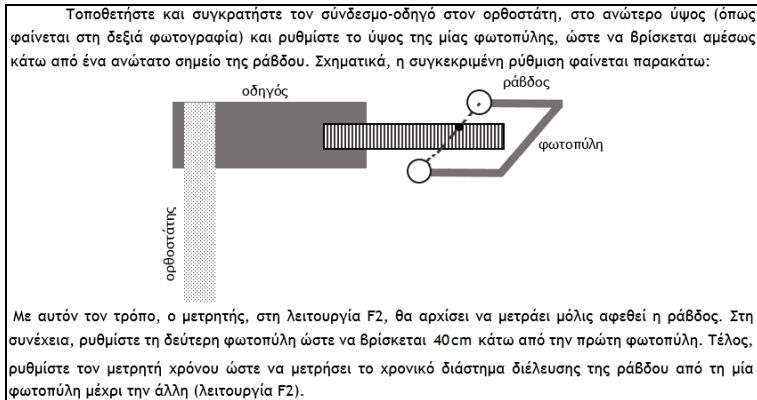
Επειδή το σώμα δεν έχει αρχική ταχύτητα ισχύει: $K_0 = 0$. Αν θεωρήσουμε ότι τη στιγμή t το σώμα βρίσκεται στο επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας, τότε: $U = 0$ και $U_0 = mgy$. Οπότε: $K = U_0 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = mgy \Rightarrow v = \sqrt{2gy}$

Πειραματική απόκλιση

Σε μια πειραματική μέτρηση ή σε έναν πειραματικό υπολογισμό, εμφανίζεται απόκλιση της πειραματικής τιμής ενός μεγέθους X από την αντίστοιχη θεωρητική. Το ποσοστό απόκλισης της μέτρησης ή του υπολογισμού, δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma = \frac{X_{\text{πειραματική}} - X_{\text{θεωρητική}}}{X_{\text{θεωρητική}}} \cdot 100\%$$

Εικόνα 2: Βοηθητικές οδηγίες για την πειραματική διάταξη.



Μετρήσεις και υπολογισμοί

Σε μια εργαστηριακή δραστηριότητα, οι μαθητές/τριες λαμβάνουν μετρήσεις τις οποίες επεξεργάζονται για να υπολογίσουν τους απαραίτητους υπολογισμούς, με βάση το αντίστοιχο φύλλο εργασίας. Σε αυτή τη φάση, οι πίνακες προς συμπλήρωση αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την καταγραφή των μετρήσεων και την πραγματοποίηση των αντίστοιχων υπολογισμών. Για παράδειγμα, ο πίνακας που απεικονίζεται στην Εικόνα 3 αποτελείται από δύο κεντρικές στήλες, τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς, ώστε να γίνει σαφές στους/ις μαθητές/τριες ποια μεγέθη έχουν μετρηθεί και ποια μπορούν να προκύψουν με υπολογισμούς από την επεξεργασία των μετρήσεων.

Ανάμεσα στους υπολογισμούς, είναι σημαντικό να περιλαμβάνονται και οι πειραματικές αποκλίσεις των μετρήσεων σε σχέση με τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές. Οι αποκλίσεις αυτές, αφενός, οδηγούν τους/τις μαθητές/τριες στην διαπίστωση ότι η θεωρία για την ελεύθερη πτώση αναφέρεται σε ιδανικές συνθήκες και, αφετέρου, προσφέρονται για αναζήτηση των ποικίλων αιτιών στις οποίες οφείλονται οι αποκλίσεις.

Εικόνα 3: Ο πίνακας καταγραφής μετρήσεων και πραγματοποίησης υπολογισμών.

Μετρήσεις		Υπολογισμοί			
Ύψος πτώσης: y (m)	Ένδειξη φωτοπύλης: Δt (s)	Πειραματική τιμή: $v_{\text{πειρ}} ; \bar{v} = \frac{d}{\Delta t}$ (m/s)	Θεωρητική τιμή: $v_{\text{θεωρ}} = \sqrt{2gy}$ (m/s)	Πειραματική απόκλιση: σ (%)	Τετράγωνο ταχύτητας: $v_{\text{πειρ}}^2$ (m ² / s ²)
0,4					
0,3					
0,2					
0,1					

Στην τελευταία φάση της εργαστηριακής δραστηριότητας, οι μαθητές/τριες εξάγουν συμπεράσματα με βάση τις μετρήσεις τους και την επεξεργασία των μετρήσεων. Στην παρούσα δραστηριότητα, οι μαθητές/τριες καλούνται να υπολογίσουν την επιτάχυνση της βαρύτητας από ένα γράφημα, το οποίο έχουν σχεδιάσει με βάση τις τιμές του παραπάνω πίνακα. Ο υπολογισμός αυτός απαιτεί κριτική σκέψη, καθώς η επιτάχυνση

της βαρύτητας είναι «κρυμμένη» στην κλίση του γραφήματος, η οποία είναι 2g. Επομένως, οι μαθητές/τριες δεν αρκεί να μπορούν να υπολογίζουν την κλίση ή το εμβαδό σε ένα γράφημα, αλλά να αναγνωρίζουν τι εκφράζει ο υπολογισμός τους.

Αξιολόγηση

Τα συνήθη κριτήρια με βάση τα οποία αξιολογούνται οι μαθητές/τριες σε μία εργαστηριακή άσκηση στο πλαίσιο του διαγωνισμού EUSO σχετίζονται με την ικανότητα κατασκευής της πειραματικής διάταξης, τη λήψη μέτρων ασφαλείας, την ορθότητα στη λήψη μετρήσεων, την επεξεργασία των μετρήσεων και τους υπολογισμούς, την κατασκευή γραφημάτων, τον εντοπισμό των αιτίων που προκαλούν πειραματικές αποκλίσεις, την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη συνεργατικότητα-επικοινωνία ανάμεσα στα μέλη της ομάδας μαθητών/τριών. Στην Εικόνα 4, παρουσιάζονται ενδεικτικά κριτήρια αξιολόγησης.

Εικόνα 4: Ενδεικτικά κριτήρια αξιολόγησης με την αντίστοιχη βαθμολογία.

Ρύθμιση της θέσης του οδηγού	5
Ρύθμιση λειτουργιών των φωτοπυλών	5
Μετρήσεις αποστάσεων για τις φωτοπύλες	10
Λήψη και καταγραφή των μετρήσεων - Στρογγυλοποιήσεις	5
Μετατροπές μονάδων	5
Υπολογισμοί τιμών στα ερωτήματα Α (5) και Β (15)	20
Βαθμονόμηση αξόνων γραφήματος	5
Τοποθέτηση πειραματικών σημείων στο σύστημα αξόνων	5
Σχεδίαση πειραματικής ευθείας	10
Υπολογισμός της κλίσης	5
Υπολογισμός της επιτάχυνσης (B)	5
Σχολιασμός σφαλμάτων στα ερωτήματα Α (5) και Β (5)	10
Συνεργασία και επικοινωνία στο πλαίσιο της ομάδας. Ανάλυση πρωτοβουλιών για επίλυση πιθανών προβλημάτων κατά την εκτέλεση.	10
ΣΥΝΟΛΟ ΜΟΝΑΔΩΝ	100

ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ

Τα οφέλη που αποκόμισαν οι συμμετέχουσες μαθήτριες είναι πολλαπλά, τόσο σε γνωστικό όσο και σε ψυχοκινητικό επίπεδο, αλλά και σε επίπεδο στάσεων και συμπεριφορών. Ωστόσο, οι εκτιμήσεις σχετικά με τις δεξιότητες που ανέπτυξαν δεν προκύπτουν από σταθμισμένα εργαλεία, αλλά αφενός από παρατήρηση της βελτιωμένης επίδοσης των μαθητριών στη διαχείριση των πειραματικών δραστηριοτήτων και αφετέρου από συζήτηση με τις ίδιες τις μαθήτριες σχετικά με τα όσα αποκόμισαν. Άλλωστε, το προς διερεύνηση στατιστικό δείγμα ήταν πολύ μικρό για να εξαχθούν γενικεύσιμα συμπεράσματα. Παρόλα αυτά, οι εκτιμήσεις που ακολουθούν μπορούν να αποτελέσουν υπόθεση για μια μελλοντική έρευνα σχετικά με τις δεξιότητες, τις στάσεις και τις αντιλήψεις των μαθητών/τριών για τις πειραματικές δραστηριότητες στις φυσικές επιστήμες και τους τρόπους με τους οποίους επιδρά ο διαγωνισμός σε αυτές.

Αναφορικά με το γνωστικό επίπεδο, οι μαθήτριες κλήθηκαν να εφαρμόσουν τη γνώση σε πραγματικές καταστάσεις, οπότε αναπτύχθηκαν, μεταξύ άλλων, ικανότητες εκτίμησης-πρόβλεψης των πειραματικών αποτελεσμάτων, ενώ ταυτόχρονα εμβαθύναν στις εμπλεκόμενες έννοιες προκειμένου να ερμηνεύσουν και να ελέγξουν την ορθότητα

των πειραματικών δεδομένων. Σταδιακά έμαθαν να επεξεργάζονται τα παρατηρησιακά δεδομένα, να συσχετίζουν δεδομένα, να εξάγουν συμπεράσματα και τελικά να αξιολογούν τα αποτελέσματα τους. Ως αποτέλεσμα, ανέπτυξαν κριτική θεώρησης της γνώσης και μυήθηκαν στην επιστημονική μεθοδολογία (Tobin, 1990).

Σε επίπεδο ψυχοκινητικών δεξιοτήτων οι μαθήτριες ανέπτυξαν επιδεξιότητα στο χειρισμό και στη λήψη μετρήσεων με ποικίλα εργαστηριακά όργανα, βελτίωσαν τις δεξιότητες τους ως προς την κατασκευή γραφικής παράστασης αλλά και ως προς την επεξεργασία της για την εξαγωγή συμπερασμάτων (Μπαγάκης & Καριώτογλου, 1993). Παράλληλα, η φιλική ατμόσφαιρα δημιούργησε ευκαιρίες για εποικοδομητική αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητριών και των εκπαιδευτικών προωθώντας την κοινωνική αλληλεπίδραση και τη δημιουργία ενός θετικού περιβάλλοντος μάθησης (Tobin, 1990). Επιπλέον, οι μαθήτριες της ομάδας που προκρίθηκε βελτίωσαν ιδιαίτερα τις δεξιότητες συνεργασίας (Hofstein & Lunetta, 1982; Lazarowitz & Tamir, 1994) αφού, λόγω της πίεσης χρόνου έπρεπε να μάθουν να συνεργάζονται και να διανέμουν ρόλους με τον πιο αποδοτικό τρόπο. Επιπλέον, ανέπτυξαν δεξιότητες διαλόγου και επιστημονικής τεκμηρίωσης, αφού κλήθηκαν να εξηγήσουν και να πείσουν τις συμμαθήτριες τους για την ορθότητα της άποψής τους σε διχογνωμίες που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια του διαγωνισμού.

Τέλος, ήταν αξιοσημείωτη η οξυμένη διάθεση συμμετοχής των μαθητριών στη μαθησιακή διαδικασία, γεγονός που συνηγορεί με το ερευνητικό πόρισμα του Hofstein (2004) ότι, η εμπλοκή με το εργαστήριο είναι ένα σημαντικό μέσο για την ενίσχυση της θετικής στάσης των μαθητών/ριών, την τόνωση του ενδιαφέροντος και της ευχαρίστησης και την παροχή κινήτρων για να ασχοληθούν με τις φυσικές επιστήμες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κανδήλης, Π. (2009). *Φυσικές Επιστήμες. Πειράματα με απλά μέσα και άλλες διαδικασίες έρευνας*, Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Κασσέτας, Α. (2004). *Το μήλο και το κουάρκ*, Αθήνα: Σαββάλας.
- EUSO (n.d.). History of the EUSO. Ανακτήθηκε Σεπτέμβριος 16, 2016, από <http://www.euso.dcu.ie/euso/history/index.htm>
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation and evaluation. *Chemistry Education Research and Practice*, 5, 247-264.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science, in D. L. Gabel. (Eds.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-130). New York: Macmillan.
- Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities; in pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.

Οι εικονικές αναπαραστάσεις ως μέσο κατανόησης του πολλαπλασιαστικού συλλογισμού σε παιδιά με διάγνωση συνδρόμου Asperger

Ιωάννης Νούλης

Πανεπιστήμιο Αιγαίου, inoulis@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα έρευνα, που διενεργήθηκε στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής, διερευνήθηκαν οι τρόποι λύσης των παιδιών με σύνδρομο Asperger, για τον υπολογισμό γινομένων σε ασύμμετρες πολλαπλασιαστικές καταστάσεις ίσων ομάδων. Χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλές μελέτες περίπτωσης, ενώ η συλλογή των δεδομένων έγινε με ημιδομημένες συνεντεύξεις. Στην έρευνα πήραν μέρος τέσσερα παιδιά με σύνδρομο Asperger και τέσσερα τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά, ταιριασμένα σε ζεύγη. Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζονται οι τρόποι λύσης που ανέπτυξαν τα παιδιά αυτά σε πολλαπλασιαστικά έργα με χρήση εικονικών αναπαραστάσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά με σύνδρομο Asperger ανέπτυξαν πολλαπλασιαστική σκέψη και εφάρμοσαν στρατηγικές γινομένων. Παρουσίασαν όμως διαφοροποιήσεις ως προς τις ενέργειες για την εκτέλεση πράξεων, ενώ φάνηκε να χρησιμοποιούν τις εικονικές αναπαραστάσεις τόσο για την επιλογή πράξης και της εκτέλεσης αυτής όσο και για την εφαρμογή στρατηγικών, σε αντίθεση με τα τυπικά, που φάνηκε όμως να τους διευκόλυναν στο να εφαρμόσουν στρατηγικές.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: σύνδρομο Asperger, πολλαπλασιαστικός συλλογισμός, εικονικές αναπαραστάσεις

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δυσκολίες των παιδιών με Σύνδρομο Asperger (ΣΑ) στο γνωστικό τομέα και ειδικότερα στα μαθηματικά, σε συνδυασμό με την αδυναμία τους για κοινωνική αλληλεπίδραση, τα οδηγεί πολλές φορές σε εκπαιδευτικό και κοινωνικό αποκλεισμό στην τάξη (Νούλης, 2014).

Σε αυτό το πλαίσιο εντάσσεται η έρευνα που παρουσιάζουμε στην παρούσα εργασία για την κατανόηση του πολλαπλασιαστικού συλλογισμού, μέσω έργων που γίνεται χρήση εικονικών αναπαραστάσεων, σε περιπτώσεις μαθητών στους οποίους έχει

διαγνωστεί το ΣΑ. Σκοπός μας είναι να συνδέσουμε τα ερευνητικά ευρήματα με τις δυνατότητες επιλογής κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού και δραστηριοτήτων διδακτικής υποστήριξης.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το ΣΑ συμπεριλήφθηκε για πρώτη φορά το 1994, ως ξεχωριστό σύνδρομο, στο διαγνωστικό εγχειρίδιο της Αμερικανικής Ψυχιατρικής Εταιρείας (American Psychiatric Association / APA) ως Διάχυτη Αναπτυξιακή Διαταραχή (ΔΑΔ). Στο νέο διαγνωστικό εγχειρίδιο DSM-5, που κυκλοφόρησε το Μάιο του 2013 και αντικατέστησε το DSM-IV, τα άτομα των διαφορετικών τύπων της ΔΑΔ έχουν μπει κάτω από την ίδια «ομπρέλα» της *Διαταραχής Αυτιστικού Φάσματος* (Autism Spectrum Disorder).

Το Σύνδρομο Asperger ως υποσύνολο της Αυτιστικής Διαταραχής

Οι χαρακτηριστικές δυσκολίες του ΣΑ, καθώς και γενικότερα του αυτισμού, οφείλονται στην «τριάδα κοινωνικών διαταραχών» (αλληλεπίδραση, επικοινωνία και φαντασία - φανταστικό παιχνίδι) (Wing, 1981; Frith, 1991; Attwood, 2009).

Οι βασικότερες διαφορές που παρουσιάζουν τα άτομα με ΣΑ από τα υπόλοιπα άτομα του αυτιστικού φάσματος είναι το υψηλότερο νοητικό τους επίπεδο, η καλύτερη γλωσσική τους ανάπτυξη και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για κοινωνική επαφή (Κάκουρος & Μανιαδάκη, 2006).

Έρευνα για τα γνωστικά χαρακτηριστικά των ατόμων με ΣΑ

Οι περισσότερες έρευνες για τα γνωστικά χαρακτηριστικά των ατόμων με ΣΑ εστιάζουν γύρω από το νευροψυχολογικό προφίλ και τη σχολική τους επίδοση. Σύμφωνα με τις έρευνες αυτές τα άτομα με ΣΑ:

- Φαίνεται να παρουσιάζουν καλές γλωσσικές ικανότητες και είναι ικανά να μάθουν βασικές σχολικές δεξιότητες (Reizel & Szatmari, 2003).
- Παρουσιάζουν δυσκολίες στην επεξεργασία πληροφοριών, την επιτελική λειτουργικότητα (δηλαδή της ικανότητας να εφαρμόζει κάποιος μια κατάλληλη στρατηγική επίλυσης προβλημάτων, για να πετύχει έναν σκοπό) και την κατανόηση αφηρημένων εννοιών. (Frith, 1991; Manijviora & Prior, 1999).
- Όταν οι πληροφορίες δίνονται οπτικά ή έχουν σχέση με τα ενδιαφέροντά τους ή γίνεται χρήση της φωναχτής σκέψης, τα άτομα ΣΑ φαίνεται να διευκολύνονται (Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002; Attwood, 2009).

Έρευνα για τη μαθηματική ικανότητα των ατόμων με ΣΑ

Η έρευνα για τη μαθηματική ικανότητα των ατόμων με ΣΑ, που στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά σε αποτελέσματα ψυχομετρικών δοκιμασιών σχολικών επιδόσεων (WISC, WIAT, TOPS-E, WRAT), έδειξε ότι τα άτομα με ΣΑ:

- Έχουν παρόμοια μαθηματική επίδοση με το μέσο όρο των συμμαθητών τους εμφανίζοντας μια τυπική μαθηματική ικανότητα (Chiang & Lin, 2007).

- Σχεδόν τα μισά παρουσιάζουν ειδικές μαθησιακές δυσκολίες στα Μαθηματικά (Reizel & Szatmari, 2003) και δε φαίνεται να κατανοούν στοιχειώδεις μαθηματικές έννοιες (Attwood, 2009; Jordan, 2003).
- Οι δυσκολίες των ατόμων με ΣΑ στα μαθηματικά εντοπίστηκαν στην επίλυση προβλήματος (Chiang & Lin, 2007), στον υπολογισμό αριθμητικών πράξεων (Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002) και στην εφαρμογή της μαθηματικής γνώσης σε καθημερινές καταστάσεις (Jordan, 2003).
- Έχουν «δικό τους» τρόπο σκέψης στην επίλυση προβλήματος, χωρίς γνωστική ευελιξία, δηλαδή ακολουθούν μια προσέγγιση για την επίλυση προβλήματος και δεν την αλλάζουν ακόμα και αν είναι λανθασμένη (Attwood, 2009).

Επιχειρήσαμε να μελετήσουμε ποιους τρόπους λύσεων αναπτύσσουν τα παιδιά με ΣΑ, ηλικίας 9 – 10 ετών, όταν διαχειρίζονται πολλαπλασιαστικά έργα με διαφορετικές αναπαραστάσεις του πολλαπλασιασμού. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η διερεύνηση της πολλαπλασιαστικής σκέψης των παιδιών με ΣΑ μέσα από έργα με χρήση εικονικών αναπαραστάσεων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μελέτη μας στηρίχθηκε στην ανάλυση των τρόπων λύσης των συμμετεχόντων στην κατηγορία πολλαπλασιαστικών έργων με χρήση εικονικών αναπαραστάσεων της κυρίως έρευνας του διδακτορικού, που εκπονήθηκε στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου με τίτλο «*Η διερεύνηση της πολλαπλασιαστικής σκέψης παιδιών με διάγνωση συνδρόμου Asperger*».

Η προβληματική και τα ερωτήματα της έρευνας

Οι πολλαπλασιαστικές δομές παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης των μαθητών, αλλά αποτελούν ταυτόχρονα γι' αυτούς ένα μεγάλο πεδίο δυσκολιών (Kafoussi, Skoumpourdi & Kalabassis, 2003). Υπάρχει έλλειψη συστηματικών ερευνητικών εργασιών για την πολλαπλασιαστική αντίληψη των παιδιών με ΣΑ. Εστίασαμε στις ασύμμετρες πολλαπλασιαστικές καταστάσεις καθώς σε αυτές μπορούν να ανταποκριθούν τα παιδιά της ηλικίας της έρευνάς μας.

Με βάση τις παραπάνω επιστημάνσεις, τα ερωτήματά μας, για την παρούσα έρευνα, διαμορφώθηκαν ως εξής:

- Ποιους τρόπους λύσης αναπτύσσουν τα παιδιά με ΣΑ για τον υπολογισμό γινομένων σε ασύμμετρες πολλαπλασιαστικές καταστάσεις ίσων ομάδων όταν αυτές αναπαριστώνται με εικονικές αναπαραστάσεις;
- Είναι οι αναπαραστάσεις αυτές πρόσφορες για παιδιά με ΣΑ προκειμένου: α) να αναπτύσσουν αυθόρμητα στρατηγικές γινομένων; β) να κατανοούν τη σχέση μερών-όλου μεταξύ δύο διαφορετικών επαναλαμβανόμενων μονάδων;
- Διεκόλυναν οι εικονικές αναπαραστάσεις την επιλογή πράξης και την ανάπτυξη στρατηγικών γινομένου;

Ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση της έρευνας

Στηριχτήκαμε σε μεθόδους της ποιοτικής προσέγγισης στην έρευνα της Διδακτικής των Μαθηματικών και συγκεκριμένα σε πολλαπλές μελέτες περίπτωσης (multiple-case studies) (Yin, 2003). Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ημιδομημένης συνέντευξης. Οι συμμετέχοντες διαχειρίστηκαν τα πολλαπλασιαστικά έργα ατομικά και οι τρόποι λύσεων και οι στρατηγικές γινομένων που ανέπτυξαν κατά τον υπολογισμό γινομένων αναλύθηκαν με το μοντέλο της εννοιολογικής και διαδικαστικής ανάλυσης.

Η έρευνα διενεργήθηκε το πρώτο τετράμηνο του 2012 σε τέσσερα διαγνωσμένα παιδιά με ΣΑ, που αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα και σε τέσσερα τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά, που αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Σχηματίσαμε τέσσερα ζεύγη συμμετεχόντων (παιδί Asperger (A) – παιδί Τυπικό (T)) ταιριασμένα ως προς:

- Δείκτη αντιστοίχισης της τιμής της μέτρησης της μαθηματικής ικανότητας (μεσαίας και προς τα κάτω A1-T1, υψηλής A2-T2, μεσαίας και προς τα πάνω A3-T3 και χαμηλής A4-T4).
- Δείκτη της τάξης φοίτησης (οι συμμετέχοντες φοιτούσαν στην Δ' Δημοτικού).
- Δείκτη του φύλου (συμμετείχαν τρία ζεύγη αγοριών και ένα κοριτσιών).

Προκειμένου να μελετήσουμε τους τρόπους λύσης που αναπτύσσουν οι μαθητές με ΣΑ κατά τον υπολογισμό γινομένων και να διερευνήσουμε την πολλαπλασιαστική τους σκέψη σχεδιάσαμε πολλαπλασιαστικά έργα με διαφορετικές αναπαραστάσεις του πολλαπλασιασμού, σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία της Διδακτικής των Μαθηματικών (NCTM, 2000; Steffe 1988; Angileri, 1989; Mulligan, 1992; Μπούφη, 1996; Τάτσης & Σκουμπουρδή, 2009).

Χρησιμοποιήσαμε τις παρακάτω κατηγορίες πολλαπλασιαστικών έργων: *Χειραπτικό Υλικό (ΧΥ)*, *Εικονικές Αναπαραστάσεις (ΕΑ)*, *Λεκτικά Προβλήματα (ΛΠ)*, *Αριθμητικούς Υπολογισμούς (ΑΥ)*.

Κάθε έργο δόθηκε σε τρεις φάσεις (1^η φάση, $\alpha \times \beta$), για να ερευνηθεί αν οι συμμετέχοντες κατέχουν τις επαναλαμβανόμενες μονάδες (2^η φάση, $(\alpha+1) \times \beta$, *στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστή*) και αν τις αξιοποιούν για την κατανόηση της σχέσης μερών-όλου μεταξύ δύο διαφορετικών επαναλαμβανόμενων μονάδων (3^η φάση $(\alpha+1) \times (\beta+1)$, *στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο*).

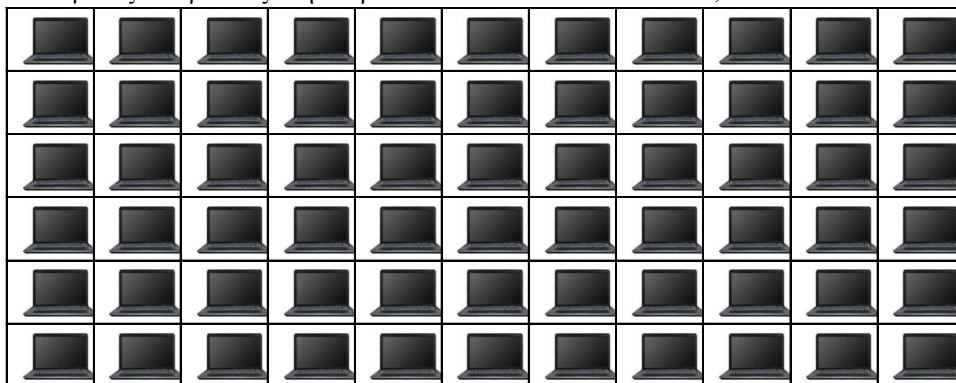
Η διάρκεια της κάθε συνάντησης (εφτά στο σύνολο, στον ιδιαίτερο χώρο του σπιτιού τους) καθορίστηκε από το πότε ο συμμετέχων ολοκλήρωνε τα έργα της.

Καθώς η παρούσα εργασία παρουσιάζει μόνο την κατηγορία των έργων με χρήση εικονικών αναπαραστάσεων με ορθογώνιο σχηματισμό ή σχηματισμό ομάδων με πραγματικά ή μη αντικείμενα (δύο έργα ρεαλιστικού, δύο τεχνητού ρεαλιστικού και δύο μαθηματικού πλαισίου), παραθέτουμε ενδεικτικά κάποια έργα, που χορηγήθηκαν σε μία συνάντηση στην έρευνα και τις τρεις φάσεις μόνο για το πρώτο έργο. Ένα από τα έργα αυτά (έργο 2) αναφερόταν στα ιδιαίτερα ενδιαφέροντα των παιδιών με ΣΑ:

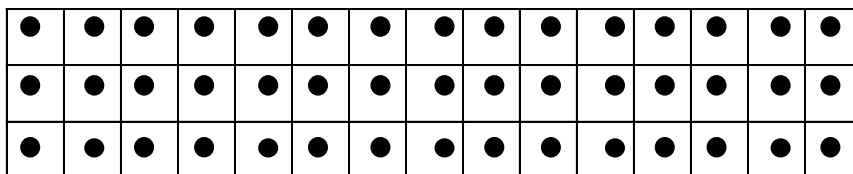
1. Στις εικόνες υπάρχουν 4 τραπέζια με 12 καρέκλες το καθένα. Πόσες καρέκλες υπάρχουν συνολικά;



- 1α) Αν βάζαμε άλλο ένα τραπέζι με τις καρέκλες του, πόσες καρέκλες θα είχαμε συνολικά;
 1β) Στα τραπέζια τώρα αυτά, αν βάζαμε από 1 επιπλέον καρέκλα, πόσες καρέκλες θα είχαμε συνολικά;
 2. Στα ράφια ενός καταστήματος ηλεκτρονικών υπολογιστών υπάρχουν οι φορητοί υπολογιστές που βλέπεις στην παρακάτω εικόνα. Πόσοι είναι όλοι;



3. Πόσες κουκίδες υπάρχουν συνολικά στο παρακάτω σχήμα;



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων, θα παρουσιάσουμε τη συγκριτική ανάλυση των συμμετεχόντων με ΣΑ με τους τυπικούς συμμετέχοντες στα έργα ΕΑ.

Συγκριτική ανάλυση συμμετεχόντων ΣΑ με τυπικούς (Α 1, 2, 3, 4 – Τ 1, 2, 3, 4)

Οι πίνακες 1 και 2 παρουσιάζουν αντίστοιχα την εννοιολογική και διαδικαστική σύγκριση των συμμετεχόντων με ΣΑ με τους τυπικούς συμμετέχοντες. Στους πίνακες αυτούς οι λόγοι δείχνουν το πλήθος των έργων στα οποία γίνονται οι συγκεκριμένες ενέργειες προς το σύνολο των έργων. Λόγω του ότι είχαμε έξι έργα με τρεις φάσεις το καθένα, θεωρούμε ότι έχουμε δεκαοχτώ (18) έργα εκτός από τις στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική και πολλαπλασιαστέο που γίνονται σε μία μόνο φάση και έτσι εδώ το σύνολο είναι έξι (6) έργα.

Πίνακας 1, Εννοιολογική σύγκριση Α 1, 2, 3, 4 – Τ 1, 2, 3, 4

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ
----------	------------------------------------

Επιλογή πράξης	A1	A2	A3	A4	T1	T2	T3	T4
Επαναλαμβανόμενη πρόσθεση	1/18	0/18	0/18	6/18	2/18	0/18	6/18	0/18
Πολλαπλασιασμός	16/18	6/18	18/18	11/18	18/18	6/18	18/18	18/18
Πρόσθεση	3/18	12/18	0/18	9/18	0/18	12/18	4/18	3/18
Σύγκριση πολλαπλασιασμού - πρόσθεσης	11/18	1/18	0/18	3/18	0/18	0/18	0/18	0/18

Ως προς την εννοιολογική σύγκριση:

- Τα έργα με ΕΑ φάνηκε να βοήθησαν όλους τους συμμετέχοντες (ΣΑ και τυπικούς) να εκφράσουν πολλαπλασιαστική σκέψη, αφού όλοι σχεδόν επέλεξαν την πράξη του πολλαπλασιασμού και στα έξι έργα (σε όλες τους σχεδόν τις φάσεις). Παρόλα αυτά οι συμμετέχοντες ΣΑ δυσκολεύτηκαν περισσότερο από τους τυπικούς να εξηγήσουν την επιλογή τους.
- Κάποιοι συμμετέχοντες ΣΑ, αλλά και κάποιοι από τους τυπικούς επέλεξαν το διαισθητικό μοντέλο της επαναλαμβανόμενης πρόσθεσης.
- Πρόσθεση δήλωσαν, τόσο οι συμμετέχοντες ΣΑ όσο και οι τυπικοί, για την εφαρμογή των στρατηγικών του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστή και πολλαπλασιαστέου.
- Μόνο οι συμμετέχοντες ΣΑ παρουσίασαν σύγκριση των πράξεων πολλαπλασιασμού και πρόσθεσης και αυτή περισσότερο ως προς το σύμβολο των πράξεων και όχι καθαρά εννοιολογική (εκτός ελάχιστα από τον Α1).
- Οι συμμετέχοντες ΣΑ χρησιμοποίησαν τις ΕΑ στην επιλογή της πράξης, ενώ οι τυπικοί δε φάνηκε να κάνουν κάτι τέτοιο, εκτός από ελάχιστες περιπτώσεις.

Πίνακας 2, Διαδικαστική σύγκριση Α 1, 2, 3, 4 – Τ 1, 2, 3, 4

ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ							
Άμεση μοντελοποίηση (χρήση δαχτύλων, μετρητών)	A1	A2	A3	A4	T1	T2	T3	T4
Αρίθμηση ανά ένα (counting all)	16/18	1/18	6/18	2/18	0/18	1/18	4/18	1/18
Αρίθμηση ανά ένα από 2 ^η ή 3 ^η ομάδα αντικειμένων	2/18	0/18	0/18	0/18	0/18	0/18	0/18	0/18
Σχεδίαση εικόνων - σχεδίων	10/18	0/18	5/18	0/18	0/18	0/18	1/18	0/18
Γινόμενα του 10 (επιμεριστική)	0/18	0/18	0/18	0/18	0/18	0/18	0/18	5/18

Πολλαπλασιαστικός υπολογισμός (αλγόριθμος)	0/18	6/18	18/18	8/18	18/18	6/18	16/18	18/18
Προσθετικός υπολογισμός	2/18	12/18	0/18	9/18	0/18	12/18	4/18	0/18
Στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική $(\alpha \times \beta) + \beta$	5/6	6/6	0/6	3/6	0/6	6/6	2/6	2/6
Στρατηγική του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστέο $(\alpha + 1) \times \beta + (\alpha + 1)$	5/6	6/6	0/6	3/6	0/6	6/6	1/6	1/6
Επιμονή σε λάθος	5/18	1/18	0/18	3/18	0/18	0/18	0/18	0/18

Ως προς τη διαδικαστική σύγκριση:

- Αρίθμηση ανά ένα χρησιμοποίησαν από τους συμμετέχοντες ΣΑ οι Α1, Α3 και Α4 με τον Α1 να χρησιμοποιεί σε όλα σχεδόν τα έργα και όλες σχεδόν τις φάσεις την ενέργεια αυτή. Η Α3 επέλεξε την αρίθμηση ανά ένα σε κάποια έργα και φάσεις, για να επιβεβαιώσει τον πολλαπλασιαστικό υπολογισμό (όχι όμως στο έργο ενδιαφερόντων της). Αρίθμηση ανά ένα δεν έκανε κανένας από τους τυπικούς, για να βρει τη λύση.
- Σχεδίαση εικόνων – σχεδίων φάνηκε να έχουν ανάγκη οι συμμετέχοντες ΣΑ (Α1 και Α3) που παρόλο που τα έργα είναι εικονικών αναπαραστάσεων σχεδίαζαν στις δεύτερες και τρίτες φάσεις. Οι τυπικοί φάνηκε να μην την έχουν ανάγκη.
- Από τους συμμετέχοντες ΣΑ η Α3 βασίστηκε σχεδόν αποκλειστικά σε πολλαπλασιαστικό υπολογισμό, ο Α2 χρησιμοποίησε στις πρώτες φάσεις πολλαπλασιαστικό υπολογισμό για την εύρεση του αρχικού γινομένου και ο Α4 στα περισσότερα έργα ορθογώνιου σχηματισμού. Οι περισσότεροι από τους τυπικούς επέλεξαν πολλαπλασιαστικό υπολογισμό σε όλα τα έργα και σε όλες τις φάσεις.
- Προσθετικό υπολογισμό χρησιμοποίησαν τόσο κάποιοι συμμετέχοντες ΣΑ όσο και κάποιοι τυπικοί για την εφαρμογή των στρατηγικών.
- Στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική και πολλαπλασιαστέο εφάρμοσαν όλοι σχεδόν οι συμμετέχοντες ΣΑ (εκτός από Α3) στην υποκατηγορία αυτή (έστω και διαισθητικά) και μάλιστα σχεδόν σε όλα τα έργα και τις αντίστοιχες φάσεις. Ο Α4 εφάρμοσε μάλιστα τις στρατηγικές αυτές με την αντίστοιχη πράξη μόνο στο έργο ενδιαφερόντων του. Στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική εφάρμοσαν οι περισσότεροι τυπικοί και από αυτούς μόνο ο Τ2 (υψηλής επίδοσης) σε όλα τα έργα.

- Οι περισσότεροι συμμετέχοντες ΣΑ παρουσίασαν επιμονή σε λάθος, αλλά κανένα στο έργο ενδιαφερόντων τους. Φάνηκε να μην έχουν καλή διαδικαστική γνώση του πολλαπλασιασμού (μηχανική εκτέλεση). Επιμονή σε λάθος δεν είχε κανένας από τους τυπικούς και όλοι σχεδόν είχαν πολύ καλή διαδικαστική γνώση του πολλαπλασιασμού (που υπερτερούσε της εννοιολογικής).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων των έργων με ΕΑ έδειξε ότι όλοι οι συμμετέχοντες ΣΑ ανέπτυξαν τρόπους λύσης που αναδεικνύουν πολλαπλασιαστική σκέψη. Ωστόσο υπήρχε διαφοροποίηση ως προς τις διαδικασίες επίλυσης.

- Όσον αφορά την εννοιολογική ανάλυση παρατηρήσαμε ότι:

Όλοι οι συμμετέχοντες ΣΑ δήλωσαν την πράξη του πολλαπλασιασμού σε όλα τα έργα που μας δείχνει ότι οι ΕΑ ίσως τους βοήθησαν να αποκτήσουν εννοιολογική γνώση της πράξης.

Οι χαμηλότερης μαθηματικής επίδοσης συμμετέχοντες ΣΑ (Α1 και Α4) δήλωσαν την πράξη της επαναλαμβανόμενης πρόσθεσης. Αυτό δηλώνει ότι ίσως ακόμα έχουν την ανάγκη του διαισθητικού μοντέλου του πολλαπλασιασμού.

Μόνο ένας συμμετέχων ΣΑ (Α1) παρουσίασε σύγχυση των πράξεων πολλαπλασιασμού και πρόσθεσης στην κατηγορία τόσο εννοιολογική όσο και ως προς το σύμβολο των δύο πράξεων. Οι ΕΑ φάνηκε να τον βοήθησαν να εκφράσει πολλαπλασιαστική αντίληψη, αλλά από μόνες τους δεν τον βοήθησαν να ενισχύσει την εννοιολογική γνώση της πράξης του πολλαπλασιασμού, ώστε να κατανοήσει τα ποικίλα είδη συλλογισμών που περιλαμβάνει και να τον ξεχωρίσει από την πρόσθεση. Φάνηκε πάντως ότι οι ΕΑ ίσως απέτρεψαν τα παιδιά ΣΑ από τη σύγχυση αυτή.

Οι τυπικοί επίσης συμμετέχοντες φάνηκε να έχουν πολύ καλή εννοιολογική γνώση του πολλαπλασιασμού και δε συνέχισαν πουθενά τις δύο πράξεις.

- Όσον αφορά την διαδικαστική ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήσαμε διαφοροποίηση των διαδικασιών των συμμετεχόντων ΣΑ:

Ο συμμετέχων Α1 προτίμησε αρίθμηση ανά ένα, συνήθως από την πρώτη ομάδα αντικειμένων, φανερώνοντας ότι βρίσκεται στο χαμηλότερο στάδιο της πολλαπλασιαστικής σκέψης (αριθμητικές μονάδες) σύμφωνα με τον Steffe (βλ. Steffe, 1988). Η Α3 χρησιμοποίησε την αρίθμηση ανά ένα, για να βεβαιωθεί ότι η πράξη πολλαπλασιασμού έδωσε το σωστό αποτέλεσμα. Αυτό έγινε πιθανόν γιατί η αναπαράσταση του πολλαπλασιασμού εικονικά της έδωσε τη δυνατότητα αυτή.

Σχεδίαση εικόνων – σχεδίων έκαναν οι συμμετέχοντες Α1 και Α3 στις δεύτερες και τρίτες φάσεις που δεν υπήρχε εικόνα φανερώνοντας την ανάγκη τους για οπτικοποίηση. Παρατηρήσαμε ότι αυτό τους βοήθησε να εκφράσουν την πράξη του πολλαπλασιασμού, και να βγουν από το αδιέξοδο, όπως δήλωσαν και οι ίδιοι.

Οι δύο συμμετέχοντες ΣΑ υψηλότερης μαθηματικής επίδοσης (Α2, Α3) χρησιμοποίησαν πολλαπλασιαστικό υπολογισμό με τον αλγόριθμο σε όλα τα έργα, για να επιλύσουν την πράξη πολλαπλασιασμού που δήλωσαν.

Παρατηρήσαμε ότι όλοι οι συμμετέχοντες ΣΑ, εκτός από την Α3, εφάρμοσαν τις στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική και πολλαπλασιαστέο κάτι που δείχνει ότι η υποκατηγορία αυτή τους βοήθησε να εκφράσουν αυθόρμητα τις στρατηγικές αυτές και ίσως να τις κατανοήσουν.

Μόνο οι Α1 και Α4 επέμειναν σε λανθασμένες στρατηγικές και τρόπους λύσης παρόλο που έβλεπαν ότι δεν αποδίδουν, λόγω ίσως της δυσκολίας τους στη διαταραχή της επιτελικής λειτουργικότητας, επιβεβαιώνοντας σχετικές έρευνες (Shu, Lung, Tien & Chen, 2001). Στα έργα ενδιαφέροντός τους όμως δεν παρουσίασαν επιμονή σε λάθος.

Οι τυπικοί συμμετέχοντες δεν παρουσίασαν διαφοροποιήσεις, δεν επέμειναν σε λάθος και φάνηκε να έχουν πολύ καλή διαδικαστική γνώση. Κάποιοι τυπικοί συμμετέχοντες εφάρμοσαν στρατηγικές του ένα παραπάνω σε πολλαπλασιαστική και πολλαπλασιαστέο (κυρίως ο Τ2) και ίσως βοήθησαν σε αυτό οι εικονικές αναπαραστάσεις.

- Όσον αφορά τη χρήση των εικονικών αναπαραστάσεων παρατηρήσαμε ότι:

Οι συμμετέχοντες με ΣΑ φάνηκε να χρειάζονται τις εικονικές αναπαραστάσεις για την επιλογή της πράξης και την ανάπτυξη πολλαπλασιαστικού συλλογισμού και το υλικό αυτό να τους βοήθησε στην ανάπτυξη στρατηγικών και ίσως την κατανόησή τους. Όπως έδειξαν προηγούμενες έρευνες τα παιδιά αυτά βασίζονται στις οπτικές πληροφορίες και απεικονίσεις για την κατανόηση εννοιών (Griswold, Barnhill, Myles, Hagiwara & Simpson, 2002; Attwood, 2009). Οι τυπικοί συμμετέχοντες φάνηκε να διευκολύνθηκαν ως προς την ανάπτυξη και κατανόηση στρατηγικών και όχι ως προς την επιλογή πράξης, που φάνηκε να αγνοούν το υλικό και να παρουσιάζουν ισχυρή διαδικαστική γνώση.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι είναι απαραίτητο να παρέχονται σε μαθητές με ΣΑ, έστω εξατομικευμένα, έργα με χρήση εικονικών αναπαραστάσεων (κυρίως από τα ενδιαφέροντά τους) από τον εκπαιδευτικό της τάξης, ο οποίος πρέπει να φροντίζει να συνδέει με τέτοιο τρόπο την πραξιακή με την εικονική και τη συμβολική αναπαράσταση του πολλαπλασιασμού, ώστε να αποτελούν μια συνεκτική γνώση και μια συμπαγή δομή, για να οδηγήσει τους μαθητές σε μάθηση με κατανόηση και να κατορθώσει την αρμονική ένταξη των παιδιών με ΣΑ στην τυπική εκπαίδευση.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε ιδιαίτερα τα παιδιά που έλαβαν μέρος στην έρευνά μας (ΣΑ και τυπικά) καθώς και τους γονείς τους που επέτρεψαν την πραγματοποίησή αυτής. Ακόμα τους δασκάλους των παιδιών αυτών για τις πολύτιμες πληροφορίες που μας έδωσαν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anghileri, J. (1989). An investigation of young children`s understanding of multiplication. *Educational Studies in Mathematics*, 20, 367-385.
- Attwood, T., (2009). *Σύνδρομο Asperger. Ένας πλήρης οδηγός*. Β. Παπαγεωργίου (Επιμ.) (Χ. Λυμπεροπούλου, Μετάφ.). Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα. (Το πρωτότυπο έργο δημοσιεύτηκε το 2007).

- Chiang, H., & Lin, Y. (2007). Mathematical ability of students with Asperger syndrome and high-function autism: A review of literature. *Autism, 11*(6), 547-556.
- Frith, U. (1991). Asperger and his syndrome. In U. Frith (ed), *Autism and Asperger Syndrome* (pp. 1 -35). Cambridge: Cambridge University Press.
- Griswold, D. E., Barnhill, G. P., Myles, B. S., Hagiwara, T., & Simpson, R. L. (2002). Asperger Syndrome and Academic Achievement. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities, 17*(2), 94- 102.
- Jordan, R. (2003). School-Based Intervention for Children with Specific Learning Difficulties. In M. Prior (Ed.), *Learning and Behavior Problems in Asperger Syndrome* (pp. 212-243). NY: The Guilford Press.
- Kafoussi, S., Skoumpourdi, C., & Kalabassis, F. (2003). An analysis of Greek school textbooks' pictorial representations about multiplication. *Proceedings of CIEAEM 55, The use of didactic materials for developing pupils mathematical activities*. Poland.
- Κάκουρος, Ε., & Μανιαδάκη, Κ. (2006). *Ψυχοπαθολογία παιδιών και εφήβων: Αναπτυξιακή προσέγγιση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Manjiviona, J., & Prior, M. (1999). Neuropsychological Profiles of children with Asperger syndrome and autism. *Autism: The International journal of Research and Practice, 3*(4), 327 – 356.
- Μπούφη, Α. (1996). Η πολλαπλασιαστική σκέψη του παιδιού ως βάση της διδασκαλίας. *Πρακτικά 1^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας*. Αθήνα, 261–276.
- Mulligan, J. (1992). Children's solutions to multiplication and division word problems: a longitudinal study. *Mathematics Education Research Journal, 4*(1), 24 - 41.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Νούλης, Ι. (2014). Η διερεύνηση της πολλαπλασιαστικής σκέψης παιδιών με διάγνωση συνδρόμου Asperger. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Reitzel, J., & Szatmari, P. (2003). Cognitive and Academic Problems. In M. Prior (Ed.), *Learning and Behavior Problems in Asperger Syndrome* (pp. 35 – 54). NY: The Guilford Press.
- Steffe, L. (1988). Children`s Construction of Number Sequences and Multiplying Schemes. In J. Hiebert & M. Behr (Eds.), *Number Concepts and Operations in the Middle Grades*, Vol. 2 (pp. 119 – 140). USA: LEA, NCTM.
- Shu, B., Lung, F., Tien, A., & Chen, B. (2001). Executive function deficits in non-retarded autistic children. *Autism, 5*, 165–174.
- Τάτσης, Κ., & Σκουμπουρδή, Χ. (2009). Μελέτη του Πλαισίου των Δραστηριοτήτων του Σχολικού Εγχειριδίου των Μαθηματικών της Α΄ Δημοτικού. *Πρακτικά 3^ο συνεδρίου Εν.Ε.Δι.Μ.*, Ρόδος, 383–392.
- Wing, L. (1981). Asperger's syndrome: A clinical account. *Psychological Medicine, 11*(1), 115-12.
- Yin, R. (2003). *Case study research, Design and methods* (3rd ed.). California: Sage Publication.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

- Bartolini, 54, 55, 56, 58, 62, 64, 68, 72, 73, 74, 75
Hosson, 77, 79, 83, 86
Ανδρικοπούλου, 547
Ανθούλας, 778, 783
Αντρέου, 441
Αυγερινός, 319, 441, 736
Βαβουγιός, 567
Βαμβακούση, 117, 173, 390, 721, 722, 725
Βασιλά, 299
Βερέβη, 567
Βλάχα, 665
Βλάχου, 441
Γέντζη, 645, 764
Γεωργά, 699
Γεωργέλη, 369
Γκίτζια, 236
Γκόρια, 216, 217, 222, 223, 224
Γκουλγκούτη, 721
Δανελλάκης, 799
Δαφνή, 690
Δεσλή, 268, 299, 309, 725
Διαμαντίδης, 226, 227, 235, 236
Ευαγγέλου, 516, 517, 518, 522
Ζαρκανέλα, 754
Ζαχαρής, 754
Ζαχάρος, 413, 418, 420, 711, 712, 715
Ζιώγα, 748
Ιντζίδου, 165
Καλαφατά, 281, 391
Καλδρυμίδου, 104, 110, 116, 117, 173, 390, 453, 460, 722, 725
Καλιαμπός, 567
Καμάμη, 451
Καραγιάννης, 690, 691, 696, 698
Καράμπελας, 597
Κατωγιάννης, 748
Καφούση, 165, 186, 460
Κινδύνη, 349
Κλαδογένης, 799
Κλωνάρη, 624
Κόζα, 411
Κολιός, 472, 483, 494
Κόλλας, 506
Κολοκυθά, 759
Κομηνέας, 711
Κοντογιάννη, 188, 195, 258, 262, 266, 268
Κοτσακιαχίδου, 742
Κρητικός, 778, 799, 804
Κυνηγός, 226, 227, 228, 235, 238, 239, 245, 522, 788
Κυριακού, 431
Κωνσταντοπούλου, 206, 210, 215
Κωσταλίας, 799
Κώτσης, 420, 495, 516, 517, 522, 523, 754, 755, 758
Λούτση, 614
Μαθά, 279
Μαλάμου, 665
Μαλλιάκας, 246, 254, 257
Μάνου, 196
Μαστή, 778, 781
Ματζαβίνου, 246, 804
Μαυρίδου, 269
Μητακίδη, 537
Μιχαηλίδη, 280, 635
Μούτσιος-Ρέντζος, 247, 256, 451, 453, 460
Μπάιτελμαν, 789
Μπαλωμένου, 726
Μπαμπαρούτσης, 716
Μπεκρή, 206
Μπερεδήμας, 690
Μπόνταρ, 269
Μπούσιος, 576
Μυρωνάκη, 778, 780
Μώκος, 269, 272, 276
Νούλης, 809
Νεΐλα, 665
Ξένος, 226
Ορφανός, 246, 257, 690, 691, 692, 693, 696, 698, 778, 779, 788
Παναγοπούλου, 567
Παναούρα, 359, 431
Πανταζή, 677
Παντούλα, 665
Παπαδόπουλος, 268, 332, 349, 523, 725
Παπαδοπούλου, 216, 224, 385, 386, 388, 389, 472, 482, 494
Παπαλεξόπουλος, 567

- Παπανικολάτου, 770
Πατσιαλά, 332
Πέικος, 196
Περώνη, 778, 786
Πετρέλλη, 186
Πέτρου, 304, 305, 335, 338, 577, 582, 586, 799
Πήλιουρας, 463, 464, 467, 470, 472, 483, 493, 494
Πιερράτος, 536, 566, 655, 657, 664
Πλακίτση, 463, 464, 472, 473, 474, 482, 483, 494
Πριμεράκης, 655, 656, 657, 664, 765
Ραγκούση, 526
Ρεβύθη, 711
Ρεμούνδου, 736
Σαπουντζή, 587
Σείσογλου, 309
Σέρογλου, 523, 645, 759, 760, 764
Σίμηνα, 759
Σκανδαλάκη, 289
Σκουλλής, 778, 784
Σκουμός, 15, 116, 117, 174, 235, 390, 482, 504, 505, 526, 527, 536, 537, 547, 557, 559, 561, 566, 587, 614
Σκουμπουρδή, 15, 116, 117, 174, 235, 279, 281, 289, 390, 391, 411, 413, 418, 420, 460, 482, 504, 505, 727, 730
Σπύρτου, 196, 472, 494
Σταθοπούλου, 421
Σταμούλης, 463, 472, 473, 482, 483, 494
Σταύρου, 635
Στύλος, 495, 504, 755, 758
Τάτσης, 258, 262, 266, 268, 369, 726
Τζεκάκη, 105, 107, 117, 166, 174, 268, 380, 381, 382, 383, 385, 386, 389, 390, 453, 460, 720, 721, 725, 772, 775, 777
Τζικούλη, 557
Τριανταφύλλου, 690
Τσαγλιώτης, 463, 483, 494
Τσακαλάκη, 349
Τσαμπουράκη, 731
Τσαπαρλής, 472, 494, 523, 665, 667, 675, 676, 677, 679, 687, 688
Τσελέφης, 88, 89, 91, 94, 96, 97, 102, 103
Τσιμπιδάκη, 401, 408, 410
Τσίτσος, 421
Φαντέλας, 759
Φεσάκης, 176, 206, 210, 215, 460
Φραντζεσκάκη, 176
Φωτεινοπούλου, 319
Χαλκιά, 506, 584, 586, 755, 758
Χαλούλη, 770
Χαραλάμπος, 359, 413, 420
Χατζηγεωργίου, 118, 124, 127, 129, 131, 135
Χατζηνικόλας, 699
Χρηστίδου, 216, 504
Χρυσανθή, 391

ΧΟΡΗΓΟΙ



**Ίδρυμα Υποτροφιών Ρόδου
ΕΜΜ. ΧΡΙΣΤ. ΣΤΑΜΑΤΙΟΥ &
ΜΑΙΡΗ ΣΤΑΜΑΤΙΟΥ**

