



**3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή  
«Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και  
Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις,  
διασταυρούμενες πορείες μάθησης»**

**Ρόδος, Παρασκευή 9, Σάββατο 10 και Κυριακή 11 Νοεμβρίου 2018**

# **Πρακτικά Συνεδρίου**

**Επιμέλεια: Χρυσάνθη Σκουμπορδή, Μιχαήλ Σκουμιός**

**Ρόδος 2018**

3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή  
«Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις,  
διασταυρούμενες πορείες μάθησης»  
Πρακτικά του Συνεδρίου  
ISBN: 978-960-86791-9-1

Επιμέλεια έκδοσης: Σκουμπουρδή Χρυσάνθη και Σκουμιός Μιχαήλ  
2018. 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:  
Σκουμπουρδή Χ. και Σκουμιός Μ. (2018). Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου με  
Διεθνή Συμμετοχή: «Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών:  
διαφορετικές χρήσεις, διασταυρούμενες πορείες μάθησης», σελ. 1-653.  
<http://ltee.aegean.gr/sekpy>, Ημερομηνία πρόσβασης: 14/01/2019.

### **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

### **Υπό την Αιγίδα**

της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου

### **3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή**

***«Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών:  
διαφορετικές χρήσεις, διασταυρούμενες πορείες μάθησης»***

Ρόδος, Παρασκευή 9, Σάββατο 10 και Κυριακή 11 Νοεμβρίου 2018

#### **Συνέδριο με σύστημα κριτών**

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

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| <b>ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ.....</b>     | <b>6</b> |
| <b>ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ .....</b> | <b>6</b> |
| <b>ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ.....</b>   | <b>7</b> |
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....</b>                | <b>9</b> |

### ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΙΛΙΑ

|   |           |
|---|-----------|
| Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: απόψεις εκπαιδευτικών<br><i>Μιχαήλ Σκουμιάς και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή.....</i> | <i>14</i> |
|---|-----------|

### ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ

|   |            |
|---|------------|
| Education 2.0: the potential of artificial intelligence for learning and testing.<br><i>Bill Cope and Mary Kalantzis .....</i>  | <i>67</i>  |
| Investigating the Interplay Between Curricular Resources and Their Classroom Use: A Focus on Tasks<br><i>Gabriel J. Stylianides .....</i>   | <i>83</i>  |
| Εικόνα και εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: το ‘στοίχημα’ του Επιστημονικού Οπτικού Γραμματισμού<br><i>Βασιλεία Χρηστίδου .....</i>   | <i>92</i>  |
| Τάσεις και Διαστάσεις «Περιβαλλόντων Εκπαιδευτικών Υλικών» για Τεχνολογικά εμπλουτισμένες Μαθησιακές Δραστηριότητες: Ορισμοί και Προσδιορισμοί<br><i>Αγγελική Δημητρακοπούλου .....</i> | <i>117</i> |

### ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

#### Χρήση εκπαιδευτικού υλικού σε διεπιστημονικές προσεγγίσεις

|   |            |
|---|------------|
| Διεπιστημονική προσέγγιση στην κατασκευή προβλήματος στα μαθηματικά και τη φυσική του σχολείου: ένα αναστοχαστικό εργαστήριο<br><i>Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος, Κωνσταντίνος Τάσης, Γεώργιος Κρητικός και Φραγκίσκος Καλαβάσης.....</i>                        | <i>148</i> |
| Σχεδιασμός και αξιολόγηση διαδραστικής αφίσας επαυξημένης πραγματικότητας για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Μελέτη περίπτωσης στο ΚΠΕ Πεταλούδων της Ρόδου<br><i>Κωνσταντίνος Κοζάς, Γεώργιος Φεσάκης και Χάρης Συριάννης.....</i>                         | <i>156</i> |
| Μύθοι και Μαθηματικά: Μια διαθεματική προσέγγιση των εννοιών του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης σε παιδιά Νηπιαγωγείου<br><i>Ελπίδα Ταμβακά, Κώστας Μαλλιάρικας και Κοκονίτσα Σακελλάκη.....</i>   | <i>166</i> |
| Παραγωγή και αξιολόγηση «ενοποιημένου» εκπαιδευτικού υλικού για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία<br><i>Αμαλία Καροφύλλη και Μιχαήλ Σκουμιάς.....</i>   | <i>176</i> |
| Εννοιολογήσεις μαθητών Στ΄ τάξης για την ομοιότητα γεωμετρικών σχημάτων και την οπτική μέσω πειραματικής διάταξης που βασίζεται στην αρχή της camera obscura<br><i>Γεωργία Μπαμπάτσικου, Τριαντάφυλλος Α. Τριανταφυλλίδης και Στέφανος Ασημόπουλος.....</i> | <i>186</i> |
| Χρήση Ειδών Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών στο Δημοτικό Σχολείο<br><i>Κωνσταντίνος Καράμπελας, Μαρία Μοσκοφόγλου Χιονίδου και Μιχαήλ Σκουμιάς.....</i>   | <i>196</i> |

|   |     |
|---|-----|
| Συνέπειες της έρευνας του John Hattie στην ανάπτυξη και στη χρήση εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά<br><i>Δημήτριος Σιδηρόπουλος</i> ..... | 206 |
|---|-----|

### Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών

|  |     |
|--|-----|
| Ανάπτυξη και εφαρμογή διαφοροποιημένου παιχνιδιού, ‘Φιδάκι’, σε παιδιά με τύφλωση<br><i>Αρχοντούλα Αρβανιτάκη και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή</i> .....   | 217 |
| Η ‘διαφάνεια’ του Sumblox ως εκπαιδευτικού υλικού για την πρόσθεση και την αφαίρεση<br><i>Αντωνία Μαθά και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή</i> .....  | 227 |
| Η μέτρηση μήκους ως πολιτισμική πρακτική στο Νηπιαγωγείο με την αξιοποίηση κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού<br><i>Ζωή Κωνσταντινίδου και Μαρία Παπανδρέου</i> .....                       | 237 |
| Διδασκαλία της περιμέτρου και του εμβαδού σε μαθητές της Ε΄ Δημοτικού με τη χρήση tablets<br><i>Αθανάσιος Καραμάνος και Εμμανουήλ Φωκίδης</i> .....                                      | 247 |
| Διερεύνηση της δημιουργικότητας των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στα Μαθηματικά με τη χρήση υλικού<br><i>Δέσποινα Δεσλή και Ερμιόνη Δήμητρα</i> .....                          | 257 |
| Διερεύνηση της συλλογικής δημιουργικότητας μαθητών Δημοτικού μέσω δραστηριοτήτων κατασκευής μαθηματικού προβλήματος<br><i>Κωνσταντίνα-Παυλίνα Καραμάνη και Κωνσταντίνος Τάτσης</i> ..... | 272 |
| Μαθηματική γενίκευση στην προσχολική ηλικία: το εκπαιδευτικό υλικό στο πεδίο των κανονικότητων<br><i>Ευαγγελία Παπαδοπούλου</i> .....  | 282 |
| Δημιουργική χρήση υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση: ο ρόλος της γενίκευσης<br><i>Μαριάννα Τζεκάκη</i> .....  | 292 |
| Το Αναλυτικό Πρόγραμμα ως Εκπαιδευτικό Υλικό: το Παράδειγμα του Πολλαπλασιαστικού Εννοιολογικού Πεδίου<br><i>Ξένια Βαμβακούση και Μαρία Καλδρυμίδου</i> .....                            | 302 |
| Διερευνώντας με Ψηφιακά Μέσα για την κατανόηση τριγωνομετρικών εννοιών μέσω της περιοδικότητας<br><i>Μυρτώ Καραβάκου και Χρόνης Κυνηγός</i> .....  | 312 |
| Καθιστώντας ορατό το αόρατο: Ο ρητός και ο άρρητος λόγος σε ψηφιακό περιβάλλον<br><i>Βασιλική Παπαγιαννακοπούλου και Κώστας Χατζηκυριάκου</i> .....                                      | 325 |
| Νοεροί υπολογισμοί με ρητούς: έχει σημασία η βαθμίδα εκπαίδευσης;<br><i>Ιωάννης Παπαδόπουλος, Μιχαήλ Καρακώστας και Στυλιανή Παναγιωτοπούλου</i> .....                                   | 335 |
| Τα δωμάτια απόδρασης ως περιβάλλον έκφρασης της μαθηματικής επιχειρηματολογίας<br><i>Ειρήνη Τέντα και Ιωάννης Παπαδόπουλος</i> .....   | 345 |
| Μελέτη της επαγγελματικής γνώσης και των πρακτικών εκπαιδευτικών που διασκευάζουν εκπαιδευτικό ψηφιακό υλικό για τα Μαθηματικά<br><i>Δημήτρης Διαμαντίδης και Χρόνης Κυνηγός</i> .....   | 356 |
| Απόψεις μελλοντικών δασκάλων για τα μαθηματικά και μαθηματικό άγχος<br><i>Δήμητρα Ρεμούνδου και Ευγένιος Αυγερινός</i> .....   | 366 |
| Η αντίληψη του κύβου σε σχέση με άλλες έννοιες των μαθηματικών από μελλοντικούς δασκάλους<br><i>Ευγένιος Αυγερινός, Άρης Μαλκότσης και Δήμητρα Ρεμούνδου</i> .....                       | 377 |

|  |     |
|--|-----|
| Μελέτη για την επιρροή της οπτικοποίησης και της εμπλοκής νέων τεχνολογικών μέσων κατά την διδασκαλία των πιθανοτήτων στο σχολείο<br><i>Μιχαήλ Ζώρζος και Ευγένιος Ανγερινός.....</i>  | 389 |
| <b>Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών</b>  |     |
| «Το σωματίδιο φάντασμα» πρότυπο καλών διδακτικών πρακτικών του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου Creations<br><i>Ζαχαρούλα Σμυρναίου .....</i>  | 400 |
| Μαύρα Κουτιά (Black Boxes) στη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση<br><i>Άννα Κουμαρά και Κατερίνα Πλακίτση.....</i>   | 409 |
| Διδακτικές παρεμβάσεις για τη μεταβολή των αντιλήψεων των φοιτητών του ΠΤΔΕ σε έννοιες της θερμότητας<br><i>Γεώργιος Στύλος και Κωνσταντίνος Θ. Κώσης.....</i>   | 419 |
| Χρήση έξυπνων κινητών συσκευών στη διδασκαλία των ευθύγραμμων κινήσεων<br><i>Νικόλαος Τζιούφας και Δημήτριος Τσαρούχας.....</i>  | 429 |
| Οι προσωπικοί πόροι που αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά την εφαρμογή καινοτόμων διδακτικών ενοτήτων αντικειμένων έρευνας αιχμής με την υποστήριξη μεντόρων-εκπαιδευτικών<br><i>Αιμιλία Μιχαηλίδη και Δημήτρης Σταύρου.....</i>                  | 439 |
| Οργάνωση σχολικού εργαστηρίου Φυσικής Γυμνασίου με καθημερινά υλικά και ανάπτυξη διερευνητικών πειραματικών δραστηριοτήτων<br><i>Θεόδωρος Πιερράτος, Άννα Κουμαρά και Παρασκευή Τσακμάκη.....</i>  | 449 |
| Μελλοντικοί Νηπιαγωγοί Σχεδιάζουν & Αναστοχάζονται Δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών: Μια Μελέτη Περίπτωσης για τις Λειτουργίες του Ανθρώπινου Οργανισμού<br><i>Αναστάσιος Σιάτρας και Βασιλεία Χρηστίδου.....</i>                                | 459 |
| Συχνότητα και διδακτική καταλληλότητα των αναλογιών των σχολικών βιβλίων φυσικών επιστημών στο γυμνάσιο<br><i>Ελένη Χατζηνικολάου, Γεώργιος Αμπατζίδης και Μιχαήλ Καλογιαννάκης.....</i>   | 469 |
| Εισαγωγή βασικών αρχών του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία στα πλαίσια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών<br><i>Καλλιόπη Κανάκη και Μιχαήλ Καλογιαννάκης.....</i>                                | 479 |
| Εικονική πραγματικότητα και περιβαλλοντική αγωγή. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή σε μαθητές της Στ' τάξης δημοτικού<br><i>Εμμανουήλ Φωκίδης και Άννα Κομιζόγλου.....</i>   | 489 |
| Ο προφορικός λόγος των μαθητών κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» και πειραματικών δραστηριοτήτων «παραδοσιακού τύπου»<br><i>Δήμητρα Λαζάρου και Μιχαήλ Σκουμιάς.....</i> | 500 |
| Οι επιδράσεις μιας διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για τον 2ο νόμο του Νεύτωνα στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών<br><i>Μελπομένη Μαστρογιωργάκη και Μιχαήλ Σκουμιάς.....</i>   | 511 |
| Βελτιώνοντας το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της Β' τάξης του Γυμνασίου στις Φυσικές Επιστήμες<br><i>Χριστίνα Ανθούλας και Μιχαήλ Σκουμιάς.....</i>   | 521 |

|  |     |
|--|-----|
| Ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων σε μαθητές της Α΄ τάξης του Λυκείου<br><i>Σταμάτιος Εμμανουήλ και Μιχαήλ Σκουμιός</i> ..... | 531 |
| Διδακτική Προσέγγιση της Έννοιας της Δύναμης για παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες<br><i>Κωνσταντίνος Π. Μπούσιος</i> .....                             | 541 |

### ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

#### Προτάσεις διεπιστημονικής διδασκαλίας

|  |     |
|--|-----|
| Η ‘γλώσσα’ των μαθηματικών στις φυσικές επιστήμες: το παράδειγμα της μέτρησης της ανάπτυξης των φυτών στο νηπιαγωγείο<br><i>Αναστασία Ζέζου και Ειρήνη Μπαριανού</i> .....   | 552 |
| Μαθηματικά και Χημεία στην προσχολική ηλικία: διδασκαλία της έννοιας της ταξινόμησης των οξέων και των βάσεων<br><i>Ειρήνη Μπαριανού και Αναστασία Ζέζου</i> .....   | 557 |
| Ανάπτυξη και αξιολόγηση δεξιοτήτων κριτικής σκέψης για την καλύτερη κατανόηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών, μέσα από την παρατήρηση και περιγραφή έργου τέχνης. Το πρόγραμμα Artful Thinking<br><i>Χαράλαμπος Μπαμπαρούτσος</i> ..... | 562 |

#### Προτάσεις διδασκαλίας για τα Μαθηματικά

|  |     |
|--|-----|
| Δυσκολίες μάθησης στα μαθηματικά και την ανάγνωση. Διασταυρούμενες πορείες μάθησης και τεχνικές εκπαίδευσης και διαχείρισης της συμπεριφοράς κατά τη διδασκαλία<br><i>Ηλιάννα Γωγάκη και Βασιλική Ιωαννίδη</i> .....                 | 574 |
| Μαθηματική Εκπαίδευση-Σχεδιασμός Εκπαιδευτικού Υλικού παιδιών προσχολικής και πρωτοσχολικής ηλικίας με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος ή Νοητική Αναπηρία: Α.Τρο.Π.Π.Ος<br><i>Σπυρίδων-Γεώργιος Σούλης και Γαρφαλιά Χαριτάκη</i> ..... | 580 |
| Προσεγγίζοντας διδακτικά τη γνωστική περιοχή της Επίλυσης Προβλήματος στην Ε΄ τάξη με βάση το νέο διδακτικό πακέτο των Μαθηματικών (2018)<br><i>Άννα Πολυζώη και Σοφία Κώτσου</i> .....  | 585 |
| Διεπιστημονική και διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας των συναρτήσεων στα Μαθηματικά με την χρήση εικονικών εργαστηρίων<br><i>Παναγιώτα Αργύρη</i> .....  | 590 |
| Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για τη χρήση και την ένταξη των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Μαθηματικών<br><i>Ιωάννης Καραγιάννης και Τριανταφυλλιά Τσομαρέλη</i> .....                                    | 595 |
| Προσομοίωση πειράματος με Κινητή Τεχνολογία<br><i>Αριστέιδης Τίρκας και Ρίτα Παναούρα</i> .....  | 601 |

#### Προτάσεις διδασκαλίας για τις Φυσικές Επιστήμες

|  |     |
|--|-----|
| Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη: Δράσεις για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση<br><i>Αναστασία Γκουλγκούτη, Αικατερίνη Πλακίτση και Πολυξένη Παργέ</i> .....  | 607 |
| Εκπαιδευτικό υλικό για την προσέγγιση της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό σχολείο: Οι τροποποιήσεις από την πρώτη εφαρμογή στη δεύτερη<br><i>Γιώργος Πέικος, Άννα Σπύρτου και Λεωνίδα Μάνου</i> ..... | 612 |
| Άνθρακας στην Ευρώπη ή Άνθρακας η Ευρώπη: Ένα εκπαιδευτικό υλικό για την Ενέργεια της Δ΄ Τάξης του Δημοτικού Σχολείου<br><i>Ελευθερία Τσιούρη και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος</i> .....                               | 617 |



|   |            |
|---|------------|
| Προτεινόμενο διδακτικό σενάριο για τη διδασκαλία του Πεπτικού Συστήματος (Φυσική Ε΄ τάξης)<br><i>Σοφία Κώτσου και Ευφημία Τσιαρτσιάρη</i> .....   | 622        |
| Σχεδιασμός και συγκρότηση εκπαιδευτικού υλικού με βάση ερευνητικά πορίσματα: Η περίπτωση ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για το μάθημα Γεωργία και Περιβάλλον του τομέα Γεωπονίας των ΕΠΑΛ<br><i>Κυριακή Αναγνωστοπούλου και Βασιλεία Χατζηγκίτα</i> ..... | 626        |
| Τρισδιάστατο πραγματικό Μοντέλο για τη Διδασκαλία της Εξάρτησης της δύναμης της Αντίδρασης του Εδάφους από το Βάρος του Σώματος<br><i>Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος και Βασίλης Αγ. Δρούγας</i> .....  | 632        |
| Τρισδιάστατη πραγματική αναπαράσταση για τη διάδοση και την ανάκλαση των Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων, το φαινόμενο της Πολυόδευσης<br><i>Βασίλης Αγ. Δρούγας και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος</i> .....   | 637        |
| Εκπαιδευτικό Τρισδιάστατο Μοντέλο για τη Δημιουργία του Ουράνιου Τόξου<br><i>Βασίλης Αγ. Δρούγας και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος</i> .....   | 642        |
| Διδακτική πρόταση για τον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ολίσθησης με τη χρήση πρότυπης πειραματικής διάταξης<br><i>Ευστράτιος Καρβέλας και Ελένη Δαφνή</i> .....   | 647        |
| <b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ</b> .....   | <b>652</b> |
| <b>ΧΟΡΗΓΟΙ</b> .....  | <b>653</b> |

## **ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Σκουμπουρδή Χρυσάνθη  
Σκουμιάς Μιχαήλ  
Καλαβάσης Φραγκίσκος

Ζουμπά Χρυσούλα  
Καράμπελας Κωνσταντίνος  
Κρητικός Γεώργιος

Αρβανιτάκη Αρχοντούλα  
Βαϊτσίδα Γεωργία  
Βρατσάλη Νεφέλη  
Καλαφατά Μαρία  
Κοζάς Κωνσταντίνος  
Κόζα Μαρία  
Μούτσιος-Ρέντζος Ανδρέας  
Πιννίκα Βασιλεία  
Φιρογλάνης Μόσχος

Ευσταθίου Σεβαστή  
Καμενίδου Νατάσα  
Καντίνου Κατερίνα  
Κερπηνώτη Θεώνη  
Κολοκυθάς Ανδρέας-Δημήτριος  
Κωνσταντινίδης Παύλος  
Κωνσταντίνου Μαίρη  
Μυλωνά Μαργαρίτα  
Σέλληνα Χριστίνα

## **ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Αντωνόπουλος Παναγιώτης  
Βαγιάνου Στυλιανή  
Ευαγγελογιάννη Αγαπούλα  
Ευαγγελογιάννη Κρυστάλλω  
Κατσουράκης Νικήτας  
Κωνσταντινίδης Παύλος  
Λιναρδάτου Χρυσούλα  
Μαγκαφά Ζωοπηγή  
Πόλτσκα Μαρία  
Σακαλλέρου Αργυρώ  
Σαρικά Μαρίνα  
Σιδέρη Ευαγγελία  
Στρουμπάκη Αικατερίνη  
Τάγκα Καλλιόπη  
Τζάντοβα Σουζάννα  
Τσίκουλου Αικατερίνη

## ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Αμπατζίδης Γεώργιος, ΣΕΠ, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο  
Ασημόπουλος Στέφανος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας  
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  
Ζαχαρής Γεώργιος, ΣΕΠ, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο  
Ζαχαριάδης Θεοδόσιος, ΤΜ, Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Ζαχάρος Κωνσταντίνος, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών  
Καλαβάσης Φραγκίσκος, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Καλδρυμίδου Μαρία, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων  
Καλλέρη Μαρία, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Καλογιαννάκης Μιχαήλ, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης  
Καμπουράκης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Γενεύης  
Καράμπελας Κωνσταντίνος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Καριώτογλου Πέτρος, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Καφούση Σουλτάνα, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Κλωνάρη Αικατερίνη, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Κολέζα Ευγενία, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιων Πατρών  
Κολιόπουλος Δημήτριος, ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών  
Κουλαϊδής Βασίλειος, ΤΚΕΠ, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου  
Κουμαράς Παναγιώτης, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Κρητικός Γιώργος, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
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  
Μπαμπαρούτσης Χαράλαμπος, Σχολικός Σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης  
Μπαραλής Γιώργος, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ  
Μπούφη Άντα, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ  
Μπράττισης Θαρρενός, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Νικολαντωνάκης Κώστας, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Παντίδος Παναγιώτης, ΤΕΠΑΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Παπαγεωργίου Γεώργιος, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θράκης  
Παπαδόπουλος Ιωάννης, ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
Παπαδοπούλου Πηνελόπη, ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Πίττα-Παναζή 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 Πρωτοβάθμιας 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, ΕΚΠΑ  
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  
Τσιμπιδάκη Ασημίνα, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Φεσσάκης Γιώργος, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Χαβίρης 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 αυτόν τον Τόμο δημοσιεύονται οι εισηγήσεις που παρουσιάστηκαν είτε ως ερευνητικές εργασίες είτε ως διδακτικές προτάσεις στο 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή με θέμα: **«Εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: διαφορετικές χρήσεις, διασταυρούμενες πορείες μάθησης»**, το οποίο πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου στη Ρόδο, κατά το διάστημα 9-11 Νοεμβρίου 2018.

Το 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο για το Εκπαιδευτικό Υλικό (ΣΕκπΥ3) 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, υπό την αιγίδα της Σχολής Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Σκοπός του συγκεκριμένου συνεδρίου ήταν η συνέχιση του προβληματισμού και του διαλόγου που αναπτύχθηκε στα δύο προηγούμενα συνέδρια [1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή: «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες» (Οκτώβριος 2014, <http://ltee.aegean.gr/sekpy/2014>) και 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή: «Το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και το Εκπαιδευτικό Υλικό τις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;» (Οκτώβριος 2016, <http://ltee.aegean.gr/sekpy/2016>)]. Το επίκεντρο των δύο προηγούμενων συνεδρίων, αποτέλεσε η σχεδίαση, η παραγωγή και η αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Πιο συγκεκριμένα, στα συνέδρια αυτά 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 τους συμπεριλαμβάνονταν 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.

Με δεδομένο ότι συνεχίζεται ο διάλογος της ερευνητικής κοινότητας διεθνώς για τη σημασία του εκπαιδευτικού υλικού και του σημαντικού του ρόλου στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία, το ΣΕκπΥ3 έθεσε στο επίκεντρο του προβληματισμού τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Παρά την ιδιαίτερη σημασία που αποδίδεται στο εκπαιδευτικό υλικό, είναι προφανές ότι αυτό από μόνο του δεν καθορίζει την ποιότητα της διδασκαλίας ούτε οδηγεί αυτόματα στη μάθηση και την κατανόηση, αλλά τον σύνθετο αυτόν ρόλο αναλαμβάνουν οι εκπαιδευτικοί. Οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν, ερμηνεύουν και αναδιαμορφώνουν (σε μικρό ή μεγάλο βαθμό) το εκπαιδευτικό υλικό και επιπρόσθετα αποφασίζουν πώς αυτό θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διδασκαλία. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς

και το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί πολύπλοκο φαινόμενο. Το εκπαιδευτικό υλικό διαμορφώνει τις ενέργειες των εκπαιδευτικών, ενώ ταυτόχρονα οι διδακτικές πρακτικές, καθώς και οι στάσεις των εκπαιδευτικών διαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο θα το διαχειριστούν, προσφέροντας διαφορετικές ευκαιρίες μάθησης στους μαθητές και τις μαθήτριες. Αντίστοιχα συμβαίνει και με την αλληλεπίδραση του υλικού με τις διεργασίες της μάθησης κατά την οικοδόμηση μαθηματικών εννοιών, επιστημονικών νοημάτων και συλλογισμών. Καθώς οι χρήσεις του εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά συχνά εμπλέκουν αναφορές στις Φυσικές Επιστήμες και οι αντίστοιχες χρήσεις στις Φυσικές Επιστήμες χρησιμοποιούν τεχνικές των Μαθηματικών, φαίνεται πως οι διαφορετικές χρήσεις του υλικού αναπτύσσουν διασταυρούμενες πορείες μάθησης. Οι διασταυρώσεις, καθώς δεν είναι πάντα ορατές κατά τη διδασκαλία, ενδέχεται να εμπλουτίζουν, αλλά μπορεί και να αλλοιώνουν το περιεχόμενο των γνώσεων των Μαθηματικών ή των Φυσικών Επιστημών που διαπραγματεύεται ο/η εκπαιδευτικός μέσα στην τάξη με τη βοήθεια του υλικού. Επομένως, ένας κεντρικός προβληματισμός του ΣΕκπΥ3 είναι εάν και με ποιον τρόπο μπορούν να ανιχνευθούν αυτές οι διασταυρούμενες πορείες μέσα στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και μαθητριών και να γίνουν διδακτικά διαχειρίσιμες κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Για την ερευνητική προσέγγιση αυτού του προβληματισμού είναι αναγκαία η συνεργασία εκπαιδευτικών και ερευνητών που εξειδικεύονται τόσο στη διδασκαλία των Μαθηματικών όσο και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Από τους παραπάνω προβληματισμούς προέκυψαν δέκα θεματικοί άξονες γύρω από τους οποίους αναπτύχθηκαν οι εργασίες του ΣΕκπΥ3, οι οποίοι είναι οι εξής:

1. Χρήση παρεχόμενου (εγκεκριμένου) εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς πριν, κατά και μετά τη διδασκαλία.
2. Αναζήτηση, επιλογή, αξιολόγηση και χρήση νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς.
3. Αιτιολόγηση επιλογών/αποφάσεων εκπαιδευτικών αναφορικά με τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.
4. Προσδοκίες εκπαιδευτικών από τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.
5. Επιπτώσεις χρήσης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών στις γνώσεις, τις πεποιθήσεις και τις διδακτικές πρακτικές των εκπαιδευτικών.
6. Επιπτώσεις χρήσης εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών στις ευκαιρίες μάθησης που παρέχονται στους μαθητές και στις μαθήτριες και στη μάθησή τους.
7. Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στην έρευνα για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και στην αντίστοιχη για τις Φυσικές Επιστήμες.
8. Χρήση έντυπου/φυσικού και ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες κατά τη διδασκαλία.
9. Χρήση διεπιστημονικού εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διδασκαλία.

10. Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών κατά την επιμόρφωση των εν ενεργεία εκπαιδευτικών και την εκπαίδευση των υποψηφίων εκπαιδευτικών.

Στο Α΄ μέρος του Τόμου των Πρακτικών, προτάσσεται η Εισαγωγική Ομιλία, των επιμελητών της έκδοσης και ακολουθούν οι Κεντρικές Ομιλίες των προσκεκλημένων ομιλητών. Στο Β΄ μέρος του Τόμου των Πρακτικών παρατίθενται οι ερευνητικές εργασίες, οι οποίες κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις ενότητες: Β1. Χρήση εκπαιδευτικού υλικού σε διεπιστημονικές προσεγγίσεις, Β2. Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Β3. Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών. Τέλος, στο Γ΄ μέρος Τόμου των Πρακτικών παρατίθενται οι διδακτικές προτάσεις, οι οποίες κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις ενότητες: Γ1. Προτάσεις διεπιστημονικής διδασκαλίας, Γ2. Προτάσεις διδασκαλίας για τα Μαθηματικά και Γ3. Προτάσεις διδασκαλίας για τις Φυσικές Επιστήμες.

Ως επιμελητές της έκδοσης των Πρακτικών του Συνεδρίου θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά όλες και όλους που συμμετείχαν στο Συνέδριο, είτε ως συγγραφείς εργασιών είτε ως ακροάτριες και ακροατές. Θα θέλαμε ακόμη να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερος τους προσκεκλημένους ομιλητές μας, την κ. Mary Kalantzis και τον κ. Bill Core Καθηγητές του Πανεπιστημίου του Ιλινόις των ΗΠΑ, τον κ. Gabriel Stylianides, Καθηγητή του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης της Αγγλίας, την κ. Βασιλεία Χρηστίδου Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και την κ. Αγγελική Δημητρακοπούλου, Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αιγαίου, 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 συναδέλφισσες, 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. Ευχαριστούμε, την Πρυτάνισσα του Πανεπιστημίου Αιγαίου Καθηγήτρια κ. Χρυσή Βιτσιλάκη, για την πολύμορφη, συστηματική και αμέριστη ενθάρρυνσή της σε όλα τα στάδια της διοργάνωσης αλλά και γιατί ενίσχυσε οικονομικά το συνέδριο. Τον Πρόεδρο του Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Νικόλαο Ανδρεαδάκη και τον Πρόεδρο του Π.Τ.Δ.Ε. Καθηγητή κ. Αλεβίζο Σοφό για την ενθάρρυνσή τους και για την οικονομική υποστήριξη που μας παρείχαν.

Ευχαριστούμε επίσης, την Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου ως συνδιοργανωτή του συνεδρίου και ιδιαίτερα τον Περιφερειάρχη κ. Γεώργιο Χατζημάρκο καθώς και την εντεταλμένη περιφερειακή σύμβουλο Δια βίου Μάθησης Υποστήριξης της Εκπαίδευσης και Απασχόλησης κ. Χαρούλα Γιασιράνη για την ενθάρρυνσή τους και για τη οικονομική υποστήριξη που μας παρείχαν.

Επιπλέον, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τους χορηγούς του συνεδρίου που πρόθυμα ανταποκρίθηκαν στο κάλεσμά μας. Το Δήμο Ρόδου, και ιδιαίτερα το Δήμαρχο Ρόδου κ. Φώτη Χατζηδιάκο. Την Ιερά Μητρόπολη Ρόδου. Τις εκδόσεις Gutenberg. Το ίδρυμα υποτροφιών Ρόδου Εμμανουήλ και Μαίρης Σταματίου. Τον ξενοδοχειακό όμιλο Esperia Group. Το ξενοδοχείο Smartline Semiramis. Το ξενοδοχείο In Camera Art Boutique. Το τυπογραφείο *HEDERA PRINT HOUSE*.

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 στον Τόμο των Πρακτικών του ΣΕκπΥ3, αναδύεται το έντονο ενδιαφέρον για το εκπαιδευτικό υλικό για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, ένα ερευνητικό πεδίο ιδιαίτερα σημαντικό για τον χώρο της εκπαίδευσης. Θεωρούμε ότι οι εργασίες που περιλαμβάνονται σε αυτόν τον Τόμο συμβάλουν στην αναβάθμιση της ποιότητας της παρεχόμενης εκπαίδευσης στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες στον τόπο μας.

### **Οι Επιμελητές της Έκδοσης**

Χρυσάνθη Σκουμπουρδή και Μιχαήλ Σκουμιός



---

# **ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΙΛΙΑ**

---

# Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών: απόψεις εκπαιδευτικών

Μιχαήλ Σκουμιός<sup>1</sup> και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [skoumios@rhodes.aegean.gr](mailto:skoumios@rhodes.aegean.gr)

<sup>2</sup> Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [kara@aegean.gr](mailto:kara@aegean.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η έρευνα που μελετά τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού είναι περιορισμένη. Ειδικότερα, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που διερευνά τις απόψεις των εκπαιδευτικών όχι μόνο για το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται, αλλά και για το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό που αναζητούν και χρησιμοποιούν. Επίσης, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που συγκρίνει τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού με βάση το μάθημα που αυτοί διδάσκουν. Η εργασία αυτή αποσκοπεί στη διερεύνηση και τη σύγκριση των απόψεων των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Για τις ανάγκες της έρευνας αναπτύχθηκε ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από 212 εκπαιδευτικούς δημοτικών σχολείων της Ελλάδας. Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε να αποτυπωθούν οι απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το πώς χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται, αν χρησιμοποιούν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό και (αν ναι) πόσο συχνά και πώς το χρησιμοποιούν, τι τους παρακινεί ώστε να αναζητήσουν νέο εκπαιδευτικό υλικό και πού το αναζητούν, αλλά και τους λόγους που δεν χρησιμοποιούν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό. Επίσης, καταγράφηκαν οι απόψεις τους για το αν επηρεάζουν οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού τις γνώσεις, τις πεποιθήσεις, τις διδακτικές πρακτικές τους και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών τους. Επιπλέον, εντοπίστηκαν διαφοροποιήσεις στις απόψεις των εκπαιδευτικών για τα παραπάνω ζητήματα με βάση το μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες).*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *χρήση εκπαιδευτικού υλικού, απόψεις εκπαιδευτικών, Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες.*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αλματώδης ανάπτυξη των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών ιδιαίτερα κατά τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια και ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζουν στη σύγχρονη κοινωνία, καθιστά απαραίτητη την οικοδόμηση γνώσεων και την καλλιέργεια

δεξιοτήτων και στάσεων στους μαθητές οι οποίες θα τους καταστήσουν ικανούς να συμμετέχουν ενεργά στο κοινωνικό γίγνεσθαι και να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τα προβλήματα που θα ανακλύπουν. Παρά τη σημασία που αποδίδεται στην εκπαίδευση των μαθητών στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, τα μαθησιακά αποτελέσματα δεν κρίνονται ικανοποιητικά (OECD, 2017). Προκύπτει λοιπόν ότι είναι αναγκαία η μελέτη της εκπαιδευτικής διαδικασίας που αφορά στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες.

Η μελέτη της εκπαιδευτικής διαδικασίας περιλαμβάνει κυρίως τους μαθητές, το εκπαιδευτικό υλικό, καθώς επίσης και τους εκπαιδευτικούς. Η εργασία αυτή εστιάζεται στη σχέση των εκπαιδευτικών με το εκπαιδευτικό υλικό. Ειδικότερα, επικεντρώνεται στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς.

Οι εκπαιδευτικοί εμπλέκονται με μια πολυδιάστατη σχέση με το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν καθώς οργανώνουν τη διδασκαλία που θα υλοποιήσουν στη σχολική τάξη. Η μελέτη αυτής της σχέσης είναι σημαντική για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος σχετίζεται με την απόπειρα εισαγωγής καινοτομιών στο εκπαιδευτικό υλικό. Κάθε τέτοια απόπειρα «φιλτράρεται» από τους εκπαιδευτικούς. Η μελέτη της χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτικούς μπορεί να «φωτίσει» ζητήματα που αφορούν στο πώς οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται και κατανοούν τις όποιες καινοτομίες εμπλέκονται με το εκπαιδευτικό υλικό και πώς αυτές υπεισέρχονται στο πλαίσιο της σχολικής τάξης. Ο δεύτερος λόγος σχετίζεται με τους εκπαιδευτικούς. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί οργανώνουν τη διδασκαλία, χρησιμοποιώντας το εκπαιδευτικό υλικό, συνεισφέρει στο να σχηματιστεί μια πληρέστερη εικόνα αναφορικά με τον τρόπο σκέψης των εκπαιδευτικών και τις διδακτικές πρακτικές που υιοθετούν. Τα παραπάνω μπορούν να βοηθήσουν στη σχεδίαση ενός πιο αποτελεσματικού εκπαιδευτικού υλικού.

Μολονότι έχει πραγματοποιηθεί σημαντική έρευνα σχετικά με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτικούς, έχει επισημανθεί η ανάγκη περαιτέρω έρευνας σε αυτό το πεδίο (Davis, Janssen, & Van Driel, 2016). Η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί έχει εστίασει στη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού που παρέχεται στους εκπαιδευτικούς ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί αναφορικά με το νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό που αναζητούν και βρίσκουν οι εκπαιδευτικοί (Casey, 2016). Επίσης, είναι περιορισμένη η έρευνα που εξετάζει τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού (Davis, Choppin, McDuffie, & Drake, 2013).

Η διερεύνηση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση έχει αναγνωριστεί ως σημαντική. Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών συνήθως επηρεάζουν τις διδακτικές πρακτικές τους (Duit, 1996; Isaacson, 2004; Ozkal, 2007; Pintrich, Marx, & Boyle, 1993; Savasci, 2006). Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται το εκπαιδευτικό υλικό φαίνεται να εξαρτάται από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για ζητήματα που σχετίζονται με τη διδασκαλία και τη μάθηση (Mellado, 1998; Tobin, Tippins, & Gallard, 1994). Η επιλογή διδακτικών μεθόδων και η γενικότερη αντιμετώπιση

των μαθητών επίσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών (Aguirre & Speer, 2000; Hashweh, 1996; Levitt, 2001).

Επιπρόσθετα, η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού έχει επικεντρωθεί είτε μόνο στη χρήση του κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών είτε μόνο στη χρήση του κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που συγκρίνει τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.

Αντικείμενο της έρευνας αυτής είναι η διερεύνηση και η σύγκριση των απόψεων των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία και τη μάθηση των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Τα θέματα που διερευνήθηκαν σχετίζονται με το πώς χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται, αν χρησιμοποιούν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό και (αν ναι) πόσο συχνά και πώς το χρησιμοποιούν, τι τους παρακινεί ώστε να αναζητήσουν νέο εκπαιδευτικό υλικό και πού το αναζητούν, αλλά και τους λόγους που δεν χρησιμοποιούν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό, καθώς και τις απόψεις τους για το αν επηρεάζουν οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού τις γνώσεις, τις πεποιθήσεις, τις διδακτικές πρακτικές τους και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών τους.

## **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

### **Η έννοια και ο ρόλος του εκπαιδευτικού υλικού στην εκπαιδευτική διαδικασία**

Το εκπαιδευτικό υλικό, δηλαδή το υλικό που χρησιμοποιείται στη διδακτική πράξη και είναι σχεδιασμένο για να εξυπηρετήσει συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς σκοπούς, μπορεί να αφορά σε Υλικό του Προγράμματος Σπουδών (ΥΠΣ), το σχολικό διδακτικό πακέτο, το οποίο συνήθως παρέχεται στους εκπαιδευτικούς, και σε άλλο, πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό το οποίο επιλέγεται ή/και σχεδιάζεται από τους εκπαιδευτικούς για να ενσωματωθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Το ΥΠΣ και ειδικά το σχολικό εγχειρίδιο κυριαρχεί στη διδακτική πράξη, αποτελώντας πολλές φορές το αποκλειστικό μέσο για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο (Weiss, 1997). Στις περιπτώσεις αυτές, ο εκπαιδευτικός επεξεργάζεται με τους μαθητές του ζητήματα που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο και συχνά ακολουθεί τη δομή και την παιδαγωγική του προσέγγιση στον διδακτικό του σχεδιασμό (Schmidt & Houang, 2014).

Το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό και ο ρόλος του στην εκπαιδευτική διαδικασία, μετά από μια περίοδο αμφισβήτησης, καταλαμβάνει τα τελευταία χρόνια κεντρική θέση στην έρευνα, της οποίας τα θετικά αποτελέσματα έχουν οδηγήσει στην επαναξιολόγηση της σημασίας του (Σκουμπούρη, 2012). Ερευνητές, διεθνώς, μελετούν την επίδραση της χρήσης του πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού στην εκπαιδευτική διαδικασία και αναδεικνύουν τη συνεισφορά του όχι μόνο στη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών, αλλά και στην καλλιέργεια και ανάπτυξη κοινωνικών, συναισθηματικών και ποικίλων άλλων ικανοτήτων και δεξιοτήτων όπως στη διευκόλυνση της διδακτικής και μαθησιακής

διαδικασίας (Howard, Perry, & Tracey, 1997; Meira, 1998), στη βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση των μαθηματικών εννοιών (Neesam, 2005), στην ανάπτυξη στρατηγικών, μαθηματικής σκέψης, υπολογιστικών δεξιοτήτων (Golafshani, 2013), κριτικής σκέψης και δημιουργικότητας, στην καλλιέργεια θετικής στάσης και αυτοπεποίθησης (Jacobs & Kusiak, 2006), στην ενεργοποίηση των μαθητών με την παροχή κινήτρων για ενασχόληση με δραστηριότητες και για συνεργασία (Barone & Taylor, 1996), στην υποστήριξη της επικοινωνίας (Domino, 2010), στην εξερεύνηση καινούριων ιδεών (Pimm, 1995), στη βελτίωση της επίδοσης όλων των παιδιών (Liggett, 2017; Swan & Marsall, 2010) συμπεριλαμβανομένων και των παιδιών από διαφορετικά πολιτισμικά περιβάλλοντα (Σταθοπούλου, Σκουμπουρδή & Καφούση, 2009), αλλά και ειδικών ομάδων, όπως τα παιδιά με ειδικές μαθησιακές ανάγκες (Cass, Cates, Smith & Jackson, 2003; Σδρόλιας, 2005), καθώς και τα παιδιά με αναπηρία ακοής (Nunes, 2012) και με αναπηρία όρασης (Κόζα & Σκουμπουρδή, 2012; Κόζα & Σκουμπουρδή, 2018).

Παρότι τα ερευνητικά αποτελέσματα αναδεικνύουν τη συνεισφορά του πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού στην εκπαιδευτική διαδικασία, για τους εκπαιδευτικούς η χρήση του για την υποστήριξη της διδασκαλίας και της μάθησης δεν θεωρείται ακόμα δεδομένη. Οι εκπαιδευτικοί, στην πλειοψηφία τους, ενώ αναγνωρίζουν και υποστηρίζουν θεωρητικά τη σημασία του πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού, δεν το χρησιμοποιούν συστηματικά στην πράξη, ούτε το εντάσσουν στην εκπαιδευτική διαδικασία μετά από σχεδιασμό (Σκουμπουρδή, 2012). Επιπλέον, υπάρχουν και εκπαιδευτικοί οι οποίοι του αποδίδουν δευτερεύοντα ρόλο περιορίζοντας τη λειτουργικότητά του μόνο στον εμπλουτισμό της διδασκαλίας και στον ψυχαγωγικό τομέα ή ακόμα και εκπαιδευτικοί οι οποίοι εκφράζουν τις επιφυλάξεις τους για τη χρήση του κατά τη διδασκαλία και τη μάθηση (Moyer, 2001; Moyer & Jones, 2004).

### **Σχέση εκπαιδευτικών και εκπαιδευτικού υλικού**

Η μελέτη και αποσαφήνιση της σχέσης εκπαιδευτικών και εκπαιδευτικού υλικού, τόσο του υλικού που παρέχεται στους εκπαιδευτικούς, ως ΥΠΣ, όσο και του πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού που επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί για να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν τη διδασκαλία τους, έχει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον γιατί αποτελεί τον συνδετικό κρίκο μεταξύ, του Προγράμματος Σπουδών, της διδακτικής πράξης και της μαθησιακής διαδικασίας, αναδεικνύοντας τον τρόπο που αναπτύσσεται και επικοινωνείται η γνώση στις τάξεις, καθώς και τις ευκαιρίες μάθησης που προσφέρονται στους μαθητές.

Ιστορικά καταγράφονται τρεις κύριες τάσεις χρήσης, από τους εκπαιδευτικούς, των εκπαιδευτικών υλικών που τους παρέχονται (Brown, 2009; Davis et al., 2016). Στην πρώτη ακραία τάση, το παρεχόμενο ΥΠΣ χρησιμοποιείται/εφαρμόζεται ως έχει χωρίς καμία αλλαγή, απόκλιση ή προσαρμογή. Ακολουθούνται αυστηρά οι συστάσεις του με συμμετοχή των εκπαιδευτικών σε πολύ μικρό βαθμό, με δικό τους σχεδιασμό. Στη δεύτερη ακραία τάση, οι εκπαιδευτικοί παραλείπουν ή περιορίζουν στο ελάχιστο τη χρήση του ΥΠΣ αναπτύσσοντας δικό τους εκπαιδευτικό υλικό, μέσω σχεδιασμού από την αρχή ή μέσω εκτεταμένων ενεργειών προσαρμογής. Στην τρίτη τάση, η οποία αποτελεί μία

ενδιάμεση κατάσταση των δύο προηγούμενων ακραίων τάσεων, οι εκπαιδευτικοί προσαρμόζουν, συμπληρώνουν, διαμορφώνουν το ΥΠΣ με τέτοιον τρόπο ώστε να ταιριάζει στην προσωπικότητά τους, αλλά και να υποστηρίζει τη μάθηση των μαθητών τους.

Οι τρεις τάσεις χρήσης του ΥΠΣ επηρεάζουν και διαμορφώνουν τους τρόπους με τους οποίους διαβάζουν/ερμηνεύουν οι εκπαιδευτικοί το ΥΠΣ για τη διδασκαλία, οι οποίοι αναλύονται σε (Brown, 2009; Davis et al., 2016):

α. Αντληση πληροφοριών από το εκπαιδευτικό υλικό (draw on). Το εκπαιδευτικό υλικό και οι ιδιαιτερότητές του συμβάλλουν σε μια σειρά χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών, όπως οι γνώσεις, οι πεποιθήσεις και οι στόχοι και οι εκπαιδευτικοί, ως ενεργοί σχεδιαστές, επηρεάζουν το εκπαιδευτικό υλικό.

β. Ερμηνεία του εκπαιδευτικού υλικού (interpret). Το εκπαιδευτικό υλικό αντιπροσωπεύει τα θέματα και τις έννοιες που πρέπει να διδαχθούν και οι εκπαιδευτικοί ως δημιουργοί νοήματος παίρνουν αποφάσεις για το ποιος είναι ο σκοπός του.

γ. Συμμετοχή του εκπαιδευτικού υλικού στην εκπαιδευτική διαδικασία (participate). Το εκπαιδευτικό υλικό λειτουργεί ως τεχνούργημα ή ως εργαλείο και οι εκπαιδευτικοί εργάζονται συνεργατικά με το εκπαιδευτικό υλικό και συμμετέχουν στον σχεδιασμό του.

Με άλλους όρους το ΥΠΣ χρησιμοποιείται στη διδασκαλία (Luna, 2007):

α. ως οδηγός (guide): το ΥΠΣ αξιοποιείται βήμα προς βήμα παρέχοντας πολύ συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με το τι πρέπει να διδαχτεί και με ποιον τρόπο.

β. ως μέσο (resource): το ΥΠΣ χρησιμοποιείται μόνο για ιδέες και προτάσεις, αλλά όχι για οδηγίες.

γ. ως υποστήριξη (support): το ΥΠΣ μεταχειρίζεται ως υποστηρικτής της μάθησης των εκπαιδευτικών όχι για τη γνώση περιεχομένου, αλλά για ιδέες και προτάσεις σχετικά με τη διδασκαλία και

δ. ως οδικός χάρτης (road map): ακολουθείται η δομή και η σειρά του ΥΠΣ ως συμπλήρωμα των ιδεών, των δραστηριοτήτων και του περιεχομένου που ορίζει ο εκπαιδευτικός.

Στις περιπτώσεις, στις οποίες οι εκπαιδευτικοί αποφασίζουν να μην χρησιμοποιήσουν το ΥΠΣ ή να το συμπληρώσουν για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών οδηγούνται στη χρήση πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού. Οι λόγοι που οδηγούν τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό σχετίζονται με το πώς θα κάνουν ελκυστική και ενδιαφέρουσα την επιστήμη ώστε να ενισχύσουν την εμπλοκή (Forbes, 2013), με την εύρεση αποτελεσματικών τρόπων αντιμετώπισης των μαθησιακών αναγκών των μαθητών τους (Kesidou & Roseman, 2002; Recker, Dorward, & Nelson, 2004; Son & Kim, 2015), με την επίτευξη των διδακτικών τους στόχων (Brown, 2009; Drake & Sherin, 2006; Remillard, 2005), με την αντιστοίχιση με την ισχύουσα διδακτική πρακτική και το κόστος (σε χρόνο και πόρους) (Janssen, Westbroek, & Doyle, 2015), με την εμπειρία τους με το ΥΠΣ (Sherin & Drake 2009), με την ευθυγράμμιση του ΥΠΣ με το Πρόγραμμα Σπουδών, στις περιπτώσεις που το Πρόγραμμα Σπουδών προηγείται χρονικά από την ανάπτυξη του αντίστοιχου θεσμοθετημένου ΥΠΣ (Casey, 2016; Davis et al., 2013; Webel, Krupa, & McManus, 2015), με τη σχολική ηγεσία, τον σχολικό προγραμματισμό και τις παράλληλες

πρωτοβουλίες στην περιοχή (Roehrig, Kruse, & Kern, 2007), αλλά και με τις δυνατότητες που προσφέρει το διαδίκτυο για εύκολη εύρεση, ανταλλαγή και αξιολόγηση πληθώρας εκπαιδευτικού υλικού (Casey, 2016).

### **Παράγοντες που επηρεάζουν τις αποφάσεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού**

Ανεξάρτητα από το αν το εκπαιδευτικό υλικό παρέχεται στους ή επιλέγεται από τους εκπαιδευτικούς, οι αποφάσεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση του στη διδακτική πράξη επηρεάζονται και διαμορφώνονται από παράγοντες (εκπαιδευτικοί, εκπαιδευτικό υλικό, εκπαιδευτικό πλαίσιο κ.λπ.) οι οποίοι ενεργοποιούνται και συμπλέκονται μέσα σε συγκεκριμένο εκπαιδευτικό πλαίσιο επηρεάζοντας και τον τρόπο με τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί το εκπαιδευτικό υλικό (Biggers, Forbes, & Zangori, 2013; Forbes & Davis, 2010; Moyer, 2001; Stein, Remillard & Smith, 2007). Οι παράγοντες που αφορούν στους ίδιους τους εκπαιδευτικούς σχετίζονται με τις γνώσεις τους (γενικές παιδαγωγικές, ειδικές παιδαγωγικές, περιεχομένου, για τη διδασκαλία και τη μάθηση του αντικειμένου, για το υλικό, για τους μαθητές, για το Πρόγραμμα Σπουδών κ.λπ.), με τις πεποιθήσεις τους (για την ταυτότητα και τον ρόλο τους ως εκπαιδευτικών, για τον τρόπο που αντιλαμβάνονται τη διδασκαλία και τη μάθηση, για το εκπαιδευτικό υλικό), με τις εμπειρίες και τις αναμνήσεις τους (για τη μάθηση των Μαθηματικών ως παιδιών, για τις προοπτικές τους ως μαθητές, ακόμη και των αλληλεπιδράσεών τους με τα μέλη της οικογένειας γύρω από τα Μαθηματικά ή/και των εμπειριών τους από τα δικά τους παιδιά) και επηρεάζουν την επαγγελματική τους ταυτότητα, καθώς και τη χρήση και προσαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού και συμβάλλουν στη διαφοροποίηση της χρήσης του (Levitt, 2001; Drake & Sherin, 2006; Remillard, 2005).

Από τις έρευνες γίνεται φανερή η θετική συσχέτιση μεταξύ της γνώσης του αντικειμένου, της διδασκαλίας του, του ΥΠΣ και της ποιότητας της διδασκαλίας. Εκπαιδευτικοί με αυτοπεποίθηση για την κατανόηση του αντικειμένου των Φυσικών Επιστημών ήταν πιο πιθανό να προσαρμόσουν το παρεχόμενο υλικό και πιο ικανοί να το κάνουν (Nicol & Crespo, 2006). Ένας εκπαιδευτικός με ισχυρή γνώση για τη διδασκαλία των Μαθηματικών ήταν σε θέση να προσαρμόσει ένα ασαφές μαθηματικό έργο του ΥΠΣ, ενώ δεν δόθηκε καμία σημασία στο έργο αυτό από τον εκπαιδευτικό με χαμηλή γνώση για τη διδασκαλία των Μαθηματικών (Hill & Charalambous, 2012). Η ισχυρή γνώση για τη διδασκαλία των Μαθηματικών, υποστήριξε τους εκπαιδευτικούς στη χρήση της μαθηματικής γλώσσας με ακρίβεια και τους βοήθησε να αποφύγουν τα μαθηματικά λάθη όταν χρησιμοποιούσαν καινοτόμα ΥΠΣ (Sleep & Eskelson, 2012). Η γνώση αυτή τους ήταν απαραίτητη για να είναι σε θέση να αναπτύξουν τις πολλαπλές αναπαραστάσεις και να προωθήσουν τις πολλαπλές μεθόδους λύσης, που προτεινόνταν από το ΥΠΣ.

Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν το ΥΠΣ μόνο υπό την προϋπόθεση ότι βρίσκεται σε συνάφεια με τις απόψεις τους για το περιεχόμενο του γνωστικού αντικειμένου και τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να διδαχθεί (Blake, 2002; Duffee & Aikenhead, 1992; Gess-Newsome, 1999; Luna, 2007). Εκπαιδευτικοί της βασικής εκπαίδευσης στις ΗΠΑ, επειδή δεν πίστευαν ότι πρέπει να αξιολογηθούν οι διερευνητικές

ικανότητες των μαθητών, δεν προσάρμοζαν το ΥΠΣ για να αξιολογήσουν αυτές τις ικανότητες (Beyer & Davis, 2012). Άλλοι εκπαιδευτικοί εκτιμούσαν την ιδέα της διερεύνησης γιατί ήταν συναφής με τους στόχους τους για την παροχή πρακτικών εμπειριών στα παιδιά, αλλά και για την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών και όχι για να εμπλέξουν τους μαθητές σε αυθεντική επιστημονική πρακτική (Forbes, 2013). Εκπαιδευτικοί, της βασικής εκπαίδευσης στις ΗΠΑ, οι οποίοι δεν είχαν κατανοήσει επαρκώς την επιστημονική πρακτική της αιτιολόγησης και της επιχειρηματολογίας σπάνια τις ενσωμάτωναν στη διδασκαλία τους (Arias, Davis, Marino, Kademian, & Palincsar, 2016; Beyer & Davis, 2008; Zangori, Forbes, & Biggers, 2013). Υποψήφιοι δάσκαλοι, δεν χρησιμοποιούσαν εκπαιδευτικό υλικό για να διδάξουν Φυσικές Επιστήμες γιατί θεωρούσαν ότι απαιτείται εξειδικευμένος εξοπλισμός, άποψη η οποία φανερώνει αφενός έλλειψη παιδαγωγικών γνώσεων περιεχομένου και αφετέρου αποσύνδεση του αντικειμένου από την καθημερινή ζωή (Levitt, 2001; Luna, 2007). Σε έρευνα όπου οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποίησαν εκπαιδευτικό υλικό δίνοντας έμφαση, κατά τη διδασκαλία της μαθηματικής έννοιας, στο αποτέλεσμα και όχι στη διαδικασία, φάνηκε ότι η χρήση του εμπόδισε παρά βοήθησε τη μάθηση (Puchner et al., 2008).

Όταν το ΥΠΣ δεν βρίσκεται σε αντιστοιχία με τις γνώσεις και τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών τότε οι εκπαιδευτικοί μειώνουν τις γνωστικές απαιτήσεις του (Davis et al., 2016; Remillard, 2005; Stein et al., 2007). Στα Μαθηματικά δεν επέμειναν στην ερμηνεία-κατασκευή παρόλο που ήταν ο κύριος στόχος του ΥΠΣ. Στις Φυσικές Επιστήμες, παρόλο που τους δόθηκε εργαλειοθήκη με υλικά, δεν φάνηκε να υιοθετούν καινοτόμες πρακτικές, αλλά συνέχισαν να στηρίζονται στο σχολικό εγχειρίδιο ή σε φύλλα εργασίας. Οι εκπαιδευτικοί που ανέφεραν μεγαλύτερη χρήση της εργαλειοθήκης ανέφεραν επίσης μεγαλύτερη χρήση καινοτόμων πρακτικών, όπως της επιχειρηματολογίας, της ανάλυσης δεδομένων και της εργασίας σε ομάδες. Τα μαθησιακά αποτελέσματα βέβαια διέφεραν γιατί εμπλεκόταν εκτός από το ΥΠΣ και η διδασκαλία, αλλά ήταν πιο αισιόδοξα για τη Φυσική από ότι για τα Μαθηματικά.

Η ιδιουσυγκρασία των εκπαιδευτικών, οι διδακτικοί τους στόχοι και οι πεποιθήσεις τους για τα ίδια τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού υλικού σχετίζονται άμεσα με το ποια στοιχεία του αναδεικνύουν και τι πρακτικές υιοθετούν. Εκπαιδευτικοί οι οποίοι υιοθετούσαν παραδοσιακές προσεγγίσεις ήταν λιγότερο σύμφωνοι με τις μεταρρυθμίσεις του ΥΠΣ, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν εφάρμοζαν και κάποιες από τις σύγχρονες μεταρρυθμίσεις (Levitt, 2001). Εκπαιδευτικοί που υιοθετούσαν την άποψη ότι ο κύριος σκοπός της χρήσης εκπαιδευτικών υλικών είναι η διασκέδαση ή η επιβράβευση, χρησιμοποιούσαν τα εκπαιδευτικά υλικά με τέτοιο τρόπο, υποβαθμίζοντας τον ρόλο τους και έτσι δεν βοηθούσαν τους μαθητές τους να συνδέσουν τη χρήση των υλικών με τη μάθηση των Μαθηματικών και την ουσιαστική διερεύνηση και οικοδόμηση των μαθηματικών εννοιών (Moyer & Jones, 2004). Οι εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που πήραν μέρος στην έρευνα, εξέφρασαν το άγχος τους για την απειρία τους στη χρήση των υλικών και από τα σχόλια τους φάνηκε ότι τα χρησιμοποιούσαν για επιβράβευση, για αλλαγή ρουτίνας, για να μπορέσει να κατανοήσει ο μαθητής αφηρημένες έννοιες, για εμπλουτισμό της διδασκαλίας ή απλά για διασκέδαση.



Τα κίνητρα των εκπαιδευτικών επηρεάζουν τις αποφάσεις τους για το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό. Κίνητρα για: (α) να ενσωματώσουν στη διδασκαλία τους πρόσθετο υλικό, (β) να το επιλέξουν, (γ) να το αξιολογήσουν, αλλά και (δ) τον τρόπο που το προετοιμάζουν/προσαρμόζουν για χρήση, ε) τον τρόπο που το χρησιμοποιούν, καθώς και άλλους ιδιαίτερους παράγοντες που σχετίζονται με τις αποφάσεις τους για τη χρήση του (Casey, 2016). Εκπαιδευτικοί που προτίθενται να χρησιμοποιήσουν πρόσθετο υλικό πρέπει να αφιερώσουν χρόνο για να αποφασίσουν αν θα το δημιουργήσουν μόνοι τους ή αν θα το αναζητήσουν σε κάποια πηγή. Ανάλογα με τις ικανότητές τους για αναζήτηση, τις γνώσεις τους για τις διαθέσιμες πηγές, αλλά και με το αν είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν ή όχι για την εύρεσή του, επηρεάζεται και το αποτέλεσμα της αναζήτησής τους.

Εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης χρησιμοποίησαν ποικιλία προσεγγίσεων αναζήτησης δυναμικά χρήσιμου εκπαιδευτικού υλικού και αξιολόγησαν θετικά εκείνο που ευθυγραμμίζονταν με την κάλυψη των λόγων ενασχόλησής τους με αυτό (Casey, 2016). Οι προσεγγίσεις που χρησιμοποίησαν για την αναζήτηση και την αξιολόγηση οδήγησαν στην επιλογή πρόσθετων υλικών που απαιτούσαν ελάχιστη προσαρμογή. Τα υλικά αυτά ήταν φύλλα εργασίας, ερωτήματα προς συζήτηση, παιχνίδια, αλλά και άρθρα εφημερίδων. Υπήρχαν όμως περιπτώσεις εκπαιδευτικών που παρόλο που ασχολήθηκαν με την αναζήτηση, την αξιολόγηση και την προσαρμογή για χρήση κατά τη διδακτική πράξη, δεν οδηγήθηκαν στα προσδοκώμενα αποτελέσματα λόγω ελλείψεων στις γνώσεις τους για διδασκαλία με εκπαιδευτικό υλικό. Ανάλογα ήταν και τα αποτελέσματα έρευνας στην οποία οι θετικές αξιολογήσεις υλικού του διαδικτύου από εκπαιδευτικούς των μεγάλων τάξεων του δημοτικού σχολείου και του γυμνασίου βασίζονταν σε διάφορα κριτήρια όπως την ευθυγράμμιση με τις ανάγκες των μαθητών τους (π.χ. κατάλληλα για την ηλικία και ελκυστικά) και με τα Προγράμματα Σπουδών, το να περιέχουν οικείες προσεγγίσεις (όπως οικεία παραδείγματα) και το να απαιτούν ελάχιστη προσαρμογή (Recker et al., 2004; Webel et al., 2015).

Επίσης, η λειτουργία, η δομή και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού υλικού καθώς και το εκάστοτε εκπαιδευτικό πλαίσιο είναι παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τον τρόπο χρήσης του στη διδακτική πράξη. Για παράδειγμα, Προγράμματα Σπουδών που βασίζονται σε πρότυπα και υιοθετούν μια προσέγγιση της μάθησης που επικεντρώνεται στην ενεργή εμπλοκή των μαθητών στην κατασκευή των σημαντικών ιδεών και εννοιών, επιτρέπουν περισσότερο τη χρήση πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού, από συμβατικά Προγράμματα Σπουδών, τα οποία παρουσιάζουν άμεσα το περιεχόμενο και αναμένουν από τον εκπαιδευτικό να διδάξει ρητά στους μαθητές τις δεξιότητες, τις έννοιες και τις διαδικασίες που αποτελούν τον στόχο του μαθήματος (Stein et al., 2007). Επιπλέον, όταν το Πρόγραμμα Σπουδών είναι θεσμοθετημένο οι εκπαιδευτικοί αισθάνονται περιορισμένη ελευθερία να προβούν σε αλλαγές (Davis et al., 2016).

Σε υποστηρικτικά εκπαιδευτικά πλαίσια, ο βαθμός διερευνητικού προσανατολισμού του ΥΠΣ, αποτελεί προγνωστικό δείκτη για το πόσο διερευνητικά προσανατολισμένος θα είναι και ο διδακτικός σχεδιασμός των εκπαιδευτικών (Beyer & Davis, 2012; Forbes, 2013). Υποψήφιοι εκπαιδευτικοί οι οποίοι προσπαθούσαν να

μετατρέπουν σχέδια μαθήματος σε διερευνητικά το έκαναν με επιτυχία. Ωστόσο, το πόσο διερευνητικά ήταν τα τελικά σχέδια μαθήματος, εξαρτιόταν σε μεγάλο βαθμό από τον βαθμό διερεύνησης που ενσωμάτωναν τα αρχικά σχέδια (Forbes & Davis, 2010). Εκπαιδευτικοί οι οποίοι είχαν διδάξει και άλλες φορές βασισμένη στην προσέγγιση της διερεύνησης παρατήρησαν μαθησιακά αποτελέσματα υψηλότερα από τον μέσο όρο (Kanter & Konstantopoulos, 2010).

Άλλοι παράγοντες που διαμορφώνουν τη λήψη αποφάσεων των εκπαιδευτικών για τη χρήση των εκπαιδευτικών υλικών είναι οικολογικοί και παράγοντες που σχετίζονται με το πλαίσιο, οι οποίοι για τα Μαθηματικά (Stein et al., 2007) είναι κυρίως ο διαθέσιμος χρόνος, η τοπική κουλτούρα, καθώς και το ποσό και οι τύποι επαγγελματικής υποστήριξης που παρέχεται στους εκπαιδευτικούς.

### **Επιδράσεις της χρήσης εκπαιδευτικού υλικού**

Οι πρακτικές που υιοθετούν οι εκπαιδευτικοί, κατά τη χρήση του ΥΠΣ και η υποστήριξη για την εκμάθηση της χρήσης του, επηρεάζουν και διαμορφώνουν τις γνώσεις και τις πεποιθήσεις τους, όπως φαίνεται σε έρευνες για τις Φυσικές Επιστήμες. Σε μελέτη (Schneider & Krajcik, 2002), σε τρεις εκπαιδευτικούς μέσης εκπαίδευσης στις ΗΠΑ, αναδείχθηκε ο ειδικός ρόλος που παίζουν τα ΥΠΣ στην ανάπτυξη της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου των εκπαιδευτικών για το συγκεκριμένο μάθημα. Το ίδιο καταγράφηκε σε μελέτη με τρεις εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ολλανδία (Coenders, Terlouw, Dijkstra, & Pieters, 2010). Οι Beyer και Davis (2012) διαπίστωσαν ότι η παιδαγωγική γνώση περιεχομένου 24 υποψήφιων εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης των ΗΠΑ και η ικανότητα παιδαγωγικού σχεδιασμού, δηλαδή η ικανότητα των εκπαιδευτικών να δημιουργούν εκπαιδευτικά σενάρια, εξελίχθηκαν μέσα από εμπειρίες που περιλάμβαναν τη χρήση ΥΠΣ και την υποστήριξη για την εκμάθηση της χρήσης του. Η αλληλεπίδραση με τα ΥΠΣ μπορεί να διαμορφώσει τις γνώσεις περιεχομένου των εκπαιδευτικών και τις απόψεις τους για το μάθημα των φυσικών επιστημών, όπως φάνηκε σε διαχρονική μελέτη 22 εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Αυστραλία (Arzi & White, 2008). Αλλαγές προκάλεσε η χρήση του ΥΠΣ στις πεποιθήσεις και τις γνώσεις εκπαιδευτικού της β' γυμνασίου στις ΗΠΑ σχετικά με τη διερευνητική παιδαγωγική προσέγγιση στις φυσικές επιστήμες, αλλά και τη διδασκαλία με περισσότερο μαθητοκεντρικό προσανατολισμό (Dias, Eick, & Brantley-Dias, 2011). Επίσης, σε μια μελέτη (Wyner, 2013), 36 εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στις ΗΠΑ, διαπιστώθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί που υλοποίησαν ΥΠΣ με βάση τη διερευνητική προσέγγιση στις φυσικές επιστήμες υιοθέτησαν ευκολότερα τη χρήση αυτής της προσέγγισης στη διδασκαλία τους.

Σε άλλη έρευνα (Schneider, 2013) βρέθηκε ότι το ΥΠΣ μπορεί να φανεί χρήσιμο στην ανάπτυξη της γνώσης των εκπαιδευτικών για τους μαθητές τους. Τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών σε συγκεκριμένες πρακτικές των Φυσικών Επιστημών διέφεραν και επηρεάζονταν από το εκάστοτε εκπαιδευτικό πλαίσιο και από τον τρόπο που ερμηνευόταν και εφαρμοζόταν το ΥΠΣ από τους εκπαιδευτικούς (McNeill & Krajcik, 2008).

Από τα ελάχιστα καταγεγραμμένα ερευνητικά αποτελέσματα για το πώς επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών οι πρακτικές που υιοθετούν κατά τη χρήση του ΥΠΣ στα Μαθηματικά φάνηκε ότι κατά τη χρήση υλικού αναπτύσσεται το αίσθημα της αυτο-αποτελεσματικότητας και της αυτοπεποίθησης των εκπαιδευτικών, καθώς μειώνεται το άγχος κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (Vinson, 2001), επαναπροσδιορίζεται ο ρόλος των εκπαιδευτικών και υιοθετούνται μη παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις οικοδόμησης της γνώσης, δίνοντας τον έλεγχο της μάθησης στους μαθητές (Moyer & Jones, 2004). Επίσης, έχει καταγραφεί αλλαγή στις απόψεις των Ελλήνων δασκάλων ειδικής και γενικής αγωγής μετά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού (Γκούμας, 2017). Αναπτύχθηκε θετική διάθεση στην καθημερινή ένταξη υλικών για τη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών και μειώθηκε η αναφορά σε ανασταλτικούς παράγοντες, εκτός του περιορισμένου διδακτικού χρόνου, ο οποίος φαίνεται να αποτελεί το κύριο εμπόδιο για την καθημερινή χρήση υλικών. Επίσης, οι δάσκαλοι της γενικής τάξης, αναγνώρισαν τη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες και την αλλαγή της συμπεριφοράς τους στη μαθησιακή διαδικασία. Οι εκπαιδευτικοί των τμημάτων ένταξης ανέφεραν ότι με τη βοήθεια του υλικού μπόρεσαν να προσεγγίσουν τις μαθηματικές έννοιες με πιο ελκυστικό και δημιουργικό τρόπο και ότι οι μαθητές τους αναπαριστούσαν με μεγαλύτερη ευκολία τις μαθηματικές διαδικασίες.

### **Πλαίσια χρήσης εκπαιδευτικού υλικού**

Οι ερευνητές έχουν προτείνει πλαίσια/μοντέλα για τη μελέτη της πολύπλοκης σχέσης μεταξύ εκπαιδευτικών και εκπαιδευτικού υλικού, η οποία επηρεάζει τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού στη διδακτική πράξη.

#### ***a. Το συμμετοχικό μοντέλο της Remillard (2005)***

Η Remillard (2005), αποτύπωσε τη σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού, πλαισίου και παρεχόμενου ΥΠΣ, μέσω του συμμετοχικού μοντέλου που προτείνει. Στο μοντέλο της (Σχήμα 1) ο κύκλος αριστερά χαρακτηρίζει τις ικανότητες, δεξιότητες και γνώσεις που ο εκπαιδευτικός φέρει σε αυτή τη σχέση για να ερμηνεύσει, να αξιολογήσει και να προσαρμόσει τα ΥΠΣ επηρεασμένος βέβαια από τα χαρακτηριστικά των ίδιων των υλικών, τα οποία παρουσιάζονται στον κύκλο δεξιά, αλλά και από το πλαίσιο. Από την άλλη, τα εκπαιδευτικά υλικά συνεισφέρουν μέσω των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών τους, επηρεάζοντας με τη σειρά τους τη σχέση του εκπαιδευτικού με το Πρόγραμμα Σπουδών. Για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός φέρει την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου και τη γνώση του αντικειμένου κατά τη χρήση του ΥΠΣ, αλλά και όψεις της ταυτότητάς του και των πεποιθήσεών του για τους μαθητές του. Από την άλλη το ΥΠΣ αναπαριστά ιδέες και θέματα με συγκεκριμένους τρόπους και έχει συγκεκριμένη μορφή και δομή. Αυτά τα χαρακτηριστικά του ΥΠΣ επηρεάζουν επίσης τον τρόπο χρήσης του στη διδακτική πράξη. Αυτή η σχέση παρέχει στον εκπαιδευτικό ευκαιρίες για προσωπική μάθηση, καθώς οργανώνει και υλοποιεί τα σχέδια διδασκαλίας του σε εναρμόνιση με τον τύπο του Προγράμματος Σπουδών και την πολιτική υιοθέτησής του (Brown, 2009).

**Σχήμα 1:** Το συμμετοχικό μοντέλο της Remillard (2005)**β. Το πλαίσιο στρατηγικών χρήσης του ΥΠΣ των Sherin και Drake (2009)**

Ο τρόπος με τον οποίο το ΥΠΣ μετατρέπεται σε διδασκαλία, καθορίζεται από ένα πολύ πολύπλοκο σύστημα παραγόντων, όπως περιγράφεται παραπάνω, το οποίο περιλαμβάνει το υλικό, τους μαθητές και το υπόλοιπο εκπαιδευτικό περιβάλλον, στου οποίου το κέντρο βρίσκονται οι εκπαιδευτικοί, οι οποίοι λειτουργούν ως διερμηνείς και αξιολογητές του ΥΠΣ και των γεγονότων της τάξης χρησιμοποιώντας ποικίλες στρατηγικές. Με άλλα λόγια, οι εκπαιδευτικοί υιοθετούν ποικίλες στάσεις όταν ‘χρησιμοποιούν’ το ΥΠΣ. Οι Sherin και Drake (2009), εστιάζοντας στις στρατηγικές των εκπαιδευτικών κατά τη χρήση του ΥΠΣ προτείνουν ένα πλαίσιο (the curriculum strategy framework) το οποίο έχει τη μορφή ενός πίνακα 3X3 (Πίνακας 1) και περιγράφει τρεις διαδικασίες, την ανάγνωση, την αξιολόγηση και την προσαρμογή σε συσχέτιση με τρεις χρονικές στιγμές. Η ανάγνωση αφορά στο πώς οι εκπαιδευτικοί διαβάζουν το ΥΠΣ. Οι τρόποι με τους οποίους οι εκπαιδευτικοί διαβάζουν το ΥΠΣ μπορούν να διαφέρουν σημαντικά τόσο από την άποψη της χρονικής ανάγνωσης σε σχέση με τη διδασκαλία όσο και από την άποψη του πού εστιάζουν κατά την ανάγνωση (Remillard 1999 & 2000). Η αξιολόγηση, αφορά στο πώς αξιολογούν οι εκπαιδευτικοί το ΥΠΣ πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τη χρήση του. Αυτές οι θέσεις μπορεί να διαφέρουν, τόσο στο πού οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν να εστιάσουν κατά την αξιολόγηση, όσο και στις διαστάσεις στις οποίες βασίζουν αυτήν την αξιολόγηση. Τέλος, η προσαρμογή αφορά στο πώς οι εκπαιδευτικοί προσαρμόζουν το ΥΠΣ. Η προσαρμογή μπορεί να περιλαμβάνει τόσο τις διαρθρωτικές αλλαγές, όπως παράλειψη, προσθήκη ή αντικατάσταση μιας δραστηριότητας όσο και τις αλλαγές στο

πλαίσιο των δραστηριοτήτων, όπως αλλαγή ορολογίας ή δομής. Στην απλούστερη περίπτωση, ένας εκπαιδευτικός μπορεί να τείνει να προσαρμόζει το ΥΠΣ απλά παραλείποντας τμήματα ενός μαθήματος, ενώ σε άλλη περίπτωση ο εκπαιδευτικός ενδέχεται να είναι καινοτόμος και να κάνει σημαντικές και δημιουργικές αλλαγές ή/και προσθήκες στο ΥΠΣ. Κατακόρυφα στον πίνακα περιγράφεται το πότε λαμβάνουν χώρα αυτές οι διαδικασίες: τι κάνουν οι εκπαιδευτικοί πριν από τη διδασκαλία, προκειμένου να προετοιμαστούν, τι θέσεις υιοθετούν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και τι κάνουν μετά τη διδασκαλία, αντικατοπτρίζοντας το τι έχει συμβεί στα προηγούμενα στάδια.

**Πίνακας 1:** Πλαίσιο στρατηγικών χρήσης του ΥΠΣ των Sherin και Drake (2009)

|   | Μελετώ | Αξιολογώ | Προσαρμόζω |
|---|--------|----------|------------|
| <b>Πριν τη διδασκαλία</b>               |        |          |            |
| <b>Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας</b> |        |          |            |
| <b>Μετά τη διδασκαλία</b>               |        |          |            |

Το πλαίσιο στρατηγικών χρήσης του ΥΠΣ δεν προσεγγίζει πλήρως το θέμα της χρήσης του ΥΠΣ από τους εκπαιδευτικούς εφόσον αφήνει αναπάντητα ερωτήματα για το πώς η γνώση του εκπαιδευτικού επηρεάζει τη χρήση του ΥΠΣ και για το ποια είναι η σχέση μεταξύ της στρατηγικής ενός εκπαιδευτικού κατά τη χρήση του ΥΠΣ και της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας του. Για παράδειγμα, μπορεί ένας εκπαιδευτικός να τείνει να δημιουργεί νέα υλικά, αλλά να μην υπάρχει καμία ένδειξη για το αν αυτές οι δημιουργίες επικεντρώνονται σε ουσιώδεις ή επιφανειακές πτυχές ενός μαθήματος, αλλά και για το αν είναι ή όχι ευθυγραμμισμένες με τους στόχους του Προγράμματος Σπουδών και τον σκοπό του μαθήματος (Sherin & Drake, 2009).

### **γ. Το ερευνητικό πλαίσιο της Casey (2016) για το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό**

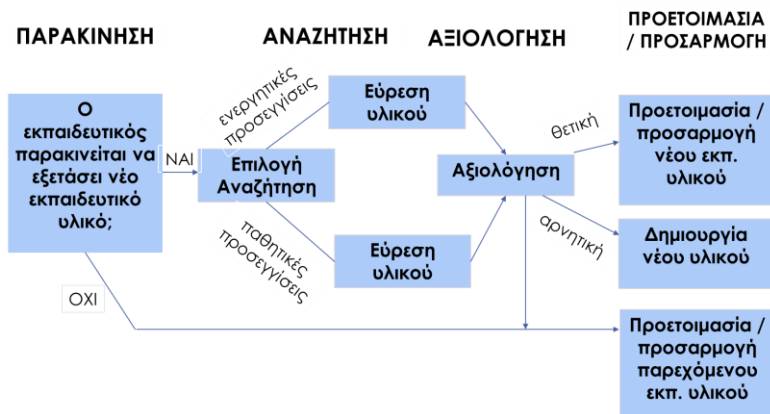
Η μεγάλη διαθεσιμότητα εκπαιδευτικών υλικών σε διάφορες πηγές αναδεικνύει την ανάγκη ανάπτυξης αφενός αποτελεσματικών προσεγγίσεων αναζήτησης υλικών υψηλής ποιότητας και αφετέρου δεξιοτήτων αξιολόγησης δυνητικά κατάλληλων εκπαιδευτικών υλικών (Casey, 2016). Γιατί μπορεί οι εκπαιδευτικοί να εξοικονομούν χρόνο με την εύρεση έτοιμου υλικού και μάλιστα συχνά υλικού που έχει αξιολογηθεί και έχει αναθεωρηθεί, αλλά μπορεί να χάνουν πολύτιμο χρόνο σε αυτήν την αναζήτηση.

Προς αυτήν την κατεύθυνση η Casey (2016) προτείνει ένα ερευνητικό πλαίσιο το οποίο αναπαριστά γραμμικά, τη διαδικασία λήψης αποφάσεων των εκπαιδευτικών για τη χρήση πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού και τους πιθανούς παράγοντες που την επηρεάζουν, σε μία ακολουθία τεσσάρων φάσεων: την εξέταση, την αναζήτηση, την αξιολόγηση και την προετοιμασία/προσαρμογή πρόσθετων υλικών (Σχήμα 2). Η 1<sup>η</sup> φάση

αντιπροσωπεύει τη χρονική περίοδο του αρχικού σχεδιασμού (ενός μαθήματος, μιας ενότητας ή ακόμα και ολόκληρου του σχολικού έτους), όπου οι εκπαιδευτικοί εξετάζουν τα ΥΠΣ. Οι εκπαιδευτικοί που αποφασίζουν να μην χρησιμοποιήσουν πρόσθετο υλικό παρακάμπτουν τις φάσεις της αναζήτησης και της αξιολόγησης και απλώς χρησιμοποιούν και προσαρμόζουν τα παρεχόμενα υλικά ή δημιουργούν τα δικά τους υλικά (που αντιπροσωπεύεται από τη γραμμή "όχι" που οδηγεί στη δεξιά πλευρά της εικόνας με ανοιχτό γκρι). Στη 2<sup>η</sup> φάση, οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν συνδυασμό προσεγγίσεων για να ανακαλύψουν πρόσθετα υλικά (όπως υποδεικνύονται από το καμπύλα βέλη) οι οποίες μπορεί να είναι ενεργητικές (αναζήτηση συντονιστών Μαθηματικών για το σχολείο τους, αναζήτηση στο διαδίκτυο ή σε δικές τους βιβλιοθήκες, αποστολή αιτημάτων σε άλλους εκπαιδευτικούς μέσω κοινωνικών μέσων δικτύωσης) και παθητικές προσεγγίσεις (εγγραφή σε ενημερωτικά δελτία για τη διδασκαλία των Μαθηματικών, παρακολούθηση συνεδρίων, αποδοχή συστάσεων από συναδέλφους.) Η ικανότητα αναζήτησης των εκπαιδευτικών, δηλαδή ο τρόπος χρήσης των προσεγγίσεων, επηρεάζει και το ποια υλικά θα βρεθούν (γκρίζα κουτιά) και ποια υλικά παραμένουν προς αναζήτηση (ανοιχτόχρωμα κουτιά). Στην 3<sup>η</sup> φάση, οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν τα υλικά σύμφωνα με τους διδακτικούς τους στόχους και άλλα κριτήρια που είναι σημαντικά για τις ανάγκες τους τη συγκεκριμένη περίοδο. Δεν αξιοποιούνται τα υλικά που αξιολογούνται αρνητικά, οδηγώντας τους εκπαιδευτικούς να επιστρέψουν στα προεπιλεγμένα παρεχόμενα υλικά ή να ξοδέψουν χρόνο δημιουργώντας το δικό τους υλικό. Τα υλικά που αξιολογούνται θετικά προετοιμάζονται και ενδεχομένως προσαρμόζονται (στην 4<sup>η</sup> φάση), προτού χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία. Αυτές οι δύο τελευταίες φάσεις (αξιολόγηση και προετοιμασία) περιγράφουν αποφάσεις που λαμβάνουν χώρα και κατά τη χρήση των παρεχόμενων υλικών, ενώ οι δύο πρώτες φάσεις (κίνητρο και αναζήτηση) αφορούν μόνο στα πρόσθετα εκπαιδευτικά υλικά.

Το πλαίσιο αυτό δεν αναπαριστά όλους τους πιθανούς συνδυασμούς των διαδικασιών σκέψης και λήψης αποφάσεων των εκπαιδευτικών για το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό, οι οποίοι δεν είναι γραμμικοί, αλλά αναπαριστά γραμμικά τη διαδικασία. Για παράδειγμα, δεν αναπαρίσταται η περίπτωση στην οποία οι εκπαιδευτικοί θα δυσκολευτούν να βρουν κατάλληλα υλικά και μπορεί να ξαναγυρίσουν στη φάση της αναζήτησης και της αξιολόγησης, ούτε η περίπτωση στην οποία οι εκπαιδευτικοί θα αξιολογήσουν αρνητικά το υλικό που βρήκαν, θα αποφασίσουν να δημιουργήσουν νέο υλικό, θα διαπιστώσουν ότι δεν έχουν τον απαραίτητο χρόνο και μπορεί να ξαναγυρίσουν στη φάση της αναζήτησης κ.λπ. Επίσης, το πλαίσιο δεν εξαντλεί όλες τις πτυχές των αποφάσεων των εκπαιδευτικών για το πρόσθετο υλικό. Δεν περιλαμβάνει στοιχεία για τους δημιουργούς του Προγράμματος Σπουδών, τους μαθητές και τις κοινότητες των εκπαιδευτικών, αλλά παρέχει πληροφορίες για εξωτερικούς παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τις αποφάσεις των εκπαιδευτικών καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, όπως είναι η περιοχή, το Πρόγραμμα Σπουδών, τα χρόνια διδακτικής εμπειρίας, αλλά και εμπειρίας με το Πρόγραμμα Σπουδών, η ευθυγράμμιση του Προγράμματος Σπουδών με τους διδακτικούς στόχους του εκπαιδευτικού, η αυτοπεποίθηση για τη διδασκαλία των Μαθηματικών, καθώς και η πεποίθηση για την αυτονομία του Προγράμματος Σπουδών.

**Σχήμα 2:** Ερευνητικό πλαίσιο των αποφάσεων των εκπαιδευτικών για το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό και οι πιθανοί παράγοντες που το επηρεάζουν (Casey, 2016).



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Από τις καταγραφές των απόψεων των εκπαιδευτικών φαίνεται ότι οι περισσότεροι αναγνωρίζουν τον σημαντικό ρόλο των εκπαιδευτικών υλικών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Αναφέρουν συγκεκριμένα εκπαιδευτικά υλικά, καθώς και τα χαρακτηριστικά τους, αλλά ο τρόπος που τα χρησιμοποιούν είναι εμπειρικός. Για παράδειγμα, εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, που τα χρόνια υπηρεσίας τους δεν ξεπερνούσαν τα πέντε, ενώ γνώριζαν και ανέφεραν συγκεκριμένα υλικά όπως η αριθμογραμμή και το αριθμητήριο, καθώς και τα διαφορετικά είδη τους, αλλά και τις ποικίλες δυνατότητες που μπορεί να προσφέρουν στην εκπαιδευτική διαδικασία, στην πράξη δεν τα χρησιμοποιούσαν συχνά ούτε σύμφωνα με τα θεωρητικά δεδομένα (Σκουμπουρδή, 2008α & 2008β).

Σε έρευνα για τον προσδιορισμό του ρόλου και της χρήσης του υλικού για τα Μαθηματικά των παιδιών από τεσσάρων μέχρι δώδεκα χρονών, καθώς και των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών για την αποτελεσματικότητα του στην αύξηση της μαθηματικής κατανόησης φάνηκε ότι οι εκπαιδευτικοί πίστευαν ότι το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί ένα οπτικό βοήθημα και ότι εμπλέκει τα παιδιά στη διαδικασία της μάθησης με ευχάριστο τρόπο προσφέροντάς του κίνητρο (Marshall & Swan, 2008). Επίσης, πολλοί εκπαιδευτικοί τόνισαν ότι το εκπαιδευτικό υλικό βοηθάει τα παιδιά να αντιληφθούν τις έννοιες, ενθαρρύνει την προφορική επικοινωνία, βελτιώνει τις κινητικές δεξιότητες, παρέχει ευκαιρίες για συνεργατική μάθηση, αλλά βοηθάει και τους ίδιους στην εισαγωγή νέων εννοιών, για να κάνουν πιο κατανοητές αφηρημένες έννοιες, καθώς και να καταλάβουν τη σκέψη των μαθητών μέσω του χειρισμού του. Τα βασικά εμπόδια που

αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί στη χρήση του υλικού είναι η έλλειψη εξοπλισμού, η δυσκολία οργάνωσης του υλικού, η έλλειψη χρόνου και χώρου που απαιτείται για να χρησιμοποιηθεί το υλικό, το κόστος, καθώς και το ότι τα παιδιά δεν ακολουθούν τις οδηγίες τους κατά τη χρήση του.

Σε έρευνα για τη διερεύνηση των πεποιθήσεων εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία των Μαθηματικών, καθώς και την επιρροή του στη μάθηση και τους παράγοντες που διευκολύνουν ή δυσκολεύουν τη χρήση του βρήκε ότι οι εκπαιδευτικοί έδειξαν περισσότερο ενδιαφέρον για τη χρήση υλικού μετά τη διδασκαλία (Golafshani, 2013). Οι εκπαιδευτικοί υποστήριξαν ότι η χρήση υλικού, τόσο πριν τη διδασκαλία όσο και μετά, παίζει καθοριστικό ρόλο στη μάθηση εννοιών από τους μαθητές. Παράλληλα ανέφεραν εμπόδια, τα οποία δυσκόλευαν τη χρήση υλικού κατά τη διδασκαλία. Πιο συγκεκριμένα, πριν τη διδασκαλία μερικές δυσκολίες που ανέφεραν ήταν η έλλειψη αυτοπεποίθησης και έλλειψη χρόνου να εξασκηθούν. Μετά τη διδασκαλία φάνηκε ότι οι εκπαιδευτικοί αισθάνονταν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση, πράγμα το οποίο οφειλόταν και στην εκπαίδευση που είχαν ακολουθήσει. Ωστόσο, ακόμα αισθάνονταν ότι είχαν έλλειψη χρόνου να προετοιμαστούν και είχαν έλλειψη γνώσης για την ποικιλία χρήσης των υλικών. Από την άλλη πλευρά, οι παράγοντες που θεωρούσαν οι εκπαιδευτικοί ότι θα βοηθούσαν τη διδασκαλία δεν διέφεραν πριν και μετά τη διδασκαλία. Οι παράγοντες αυτοί ήταν η αποτελεσματική χρήση του υλικού, η διαθεσιμότητά του, η κατάλληλη εκπαίδευση και η διοικητική υποστήριξη.

Σε άλλη μελέτη, η οποία διερεύνησε τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το εκπαιδευτικό υλικό και πώς αυτές επηρεάζουν τη χρήση του μέσα στην τάξη, φάνηκε ότι οι εκπαιδευτικοί θεωρούν το εκπαιδευτικό υλικό σημαντικό εργαλείο για τη μάθηση των Μαθηματικών (Tran, 2015). Σημαντικό ρόλο στις απόψεις αυτές φαίνεται να έπαιξε και το γεγονός ότι ενώ οι εκπαιδευτικοί ως μαθητές δεν είχαν έρθει σε επαφή με εκπαιδευτικό υλικό, η συμμετοχή τους σε επιμορφώσεις που διοργάνωναν τα σχολικά συμβούλια για το πώς να χρησιμοποιούν τα υλικά, τους βοήθησε να καταλάβουν την αξία του. Παρόλο που ο τρόπος που τα χρησιμοποιούσαν καθώς και τα μαθήματα που τα αξιοποιούσαν ήταν διαφορετικός, οι εκπαιδευτικοί θεωρούσαν ότι η χρήση του υλικού ενδυναμώνει τη μάθηση και την κατανόηση μαθηματικών εννοιών. Επιπλέον, θεωρούσαν ότι με τη χρήση τους τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να εμπλακούν ενεργά στη διδασκαλία και ήταν και ένας τρόπος να συμπεριλάβουν και τα παιδιά που δεν μαθαίνουν με τρόπο ακουστικό, αλλά οπτικό ή κιναισθητικό. Ο κάθε εκπαιδευτικός αντιλαμβανόταν διαφορετικά την επιρροή που είχε η χρήση του υλικού στη μάθηση. Δηλαδή, ο ένας θεωρούσε επιτυχία την εμπλοκή των παιδιών στη διδακτική διαδικασία, ο άλλος ότι τα παιδιά περνάνε ευχάριστα και ο τρίτος ότι τα παιδιά μάθαιναν χωρίς να το αντιληφθούν. Επίσης, ο τρόπος που τα χρησιμοποιούσαν διέφερε. Ο ένας χρησιμοποιούσε το υλικό για να ανακαλύψει τι γνώριζαν οι μαθητές ενώ ο άλλος για να εξηγήσει δύσκολες μαθηματικές έννοιες όπως τα κλάσματα. Τέλος, όλοι οι εκπαιδευτικοί φάνηκαν πρόθυμοι να χρησιμοποιούν όλο και περισσότερα υλικά κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών



τονίζοντας ωστόσο και τα εμπόδια που αντιμετώπιζαν, τα οποία ήταν σχετικά με την έλλειψη χρόνου και διαθέσιμων πόρων.

Οι υποψήφιοι και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί, της Ρόδου, προσδίδουν μεγάλη αξία στη χρήση πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία των Μαθηματικών ιδιαίτερα στις μικρές τάξεις (Καλαφατά, Σκουμπουρδή, & Χρυσανθή, 2016). Στις απαντήσεις τους οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί ανέφεραν πως το εκπαιδευτικό υλικό πρέπει να χρησιμοποιείται κάθε εβδομάδα ή και συχνότερα, σε όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς για την κάλυψη γνωστικών και διδακτικών αναγκών. Αν και φάνηκε ότι οι εκπαιδευτικοί ήταν πεπεισμένοι ότι πρέπει να χρησιμοποιείται το υλικό για την υποστήριξη της διδασκαλίας των Μαθηματικών, δεν ήταν πάντα σε θέση να προτείνουν εξειδικευμένα υλικά και δραστηριότητες μέσα στις οποίες να εντάσσονται αυτά, παρόλο που όλες οι δραστηριότητες που πρότειναν ενέπλεκαν τη χρήση υλικού. Τα υλικά που ανέφεραν ήταν κυρίως υφιστάμενα, πράγμα το οποίο έκανε τις ερευνήτριες να συμπεράνουν ότι ίσως προσπαθούν να εντάξουν υλικά τα οποία είναι οικεία στα παιδιά από την καθημερινότητά τους. Εξειδικευμένα υλικά αναφέρθηκαν κυρίως από τις υποψήφιες εκπαιδευτικούς οι οποίες είχαν παρακολουθήσει σχετικό μάθημα.

Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε και έρευνα (Χατζηνικολάου, 2018) για τη διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών, της Ρόδου, για τη σημασία του χειροπιαστού υλικού ως στοιχείο αυτονομίας των μαθητών στη διδασκαλία των Μαθηματικών. Από τα αποτελέσματα φάνηκε να υπερισχύει η άποψη ότι το χειροπιαστό υλικό συμβάλει στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας των Μαθηματικών με τους εκπαιδευτικούς να αναφέρουν ότι χρησιμοποιούν μεγάλη ποικιλία χειροπιαστού υλικού τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα. Τα κριτήρια με τα οποία επέλεγαν οι συγκεκριμένοι εκπαιδευτικοί το χειροπιαστό υλικό βασίζονταν, κατά μεγάλο ποσοστό, στη συνάφειά του με τους διδακτικούς στόχους και τη μαθηματική έννοια που επιθυμούσαν να διδάξουν και θεωρούσαν ότι η επιλογή και χρήση του πρέπει να βασίζεται στο ευρύτερο θεωρητικό πλαίσιο της διδασκαλίας των Μαθηματικών. Επίσης, συμφώνησαν ότι το υλικό θα πρέπει να προωθεί την αυτενέργεια και τη μαθητική εμπλοκή, να είναι αντίστοιχο με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, αλλά και να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών. Το υλικό που ανέφεραν ότι αξιοποιούν διδακτικά ήταν τόσο ψηφιακό όσο και φυσικό. Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών θεώρησε ότι η χρήση χειροπιαστού υλικού αποτελεί παράγοντα μαθηματικής αυτονομίας, χωρίς όμως να δώσουν στοιχεία για τις διδακτικές προσεγγίσεις που υιοθετούσαν κατά την πραγματοποίηση δραστηριοτήτων με χρήση υλικού. Υποστήριξαν ότι ανάλογα με την ηλικία των μαθητών το χειροπιαστό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διαφορετικό τρόπο και σε διαφορετικό τύπο δραστηριοτήτων. Οι πρακτικές δυσκολίες που ανέφεραν ήταν η έλλειψη χειροπιαστού υλικού στα σχολεία, η έλλειψη κατάλληλης εκπαίδευσης για τη χρήση του, οι χαμένες διδακτικές ώρες και η ανεπάρκεια χρόνου, οι οποίες αποθαρρύνουν την ένταξή του στη μαθηματική τάξη. Υπήρχε και ένα μικρό ποσοστό εκπαιδευτικών το οποίο δήλωσε ότι δεν εντάσσει καθόλου πρόσθετο υλικό στη διδασκαλία των Μαθηματικών.

Η πρόθεση ένταξης εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών δεν είναι ίδια στους εκπαιδευτικούς του δημοτικού σχολείου

με τα αποτελέσματα των ερευνών να δίστανται. Οι Desli και Dimitriou (2014) διεξήγαγαν έρευνα σχετικά με τις απόψεις των υποψήφιων νηπιαγωγών και δασκάλων για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Οι υποψήφιοι δάσκαλοι και νηπιαγωγοί δήλωσαν ότι οι πιο σημαντικές προσεγγίσεις για την αποτελεσματική διδασκαλία και μάθηση των Μαθηματικών είναι η ανάπτυξη θετικής στάσης για τα Μαθηματικά και η εστίαση στις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών, ενώ η λιγότερο σημαντική ήταν η χρήση πειραμάτων και υλικών. Αναφορικά με τις προσεγγίσεις που θεωρούν πιο σημαντικές για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, οι υποψήφιοι δάσκαλοι και νηπιαγωγοί, επέλεξαν την ενσωμάτωση των γνώσεων σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής και τη χρήση πειραμάτων και υλικών, ενώ λιγότερο σημαντική την επιλογή των κατάλληλων δραστηριοτήτων, για τους υποψήφιους δασκάλους και τη γνώση της διαθεματικής προσέγγισης για τους υποψήφιους νηπιαγωγούς. Οι ερευνήτριες καταλήγουν στο ότι διαφαίνονται διαφορές όχι μόνο στις στρατηγικές διδασκαλίας που είναι πιθανό να χρησιμοποιήσουν οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί στο μέλλον, αλλά και στην πρόθεση ένταξης εκπαιδευτικών υλικών με τις Φυσικές Επιστήμες να έχουν το πλεονέκτημα έναντι των Μαθηματικών και από τις δύο ομάδες υποψήφιων εκπαιδευτικών.

Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα σε έρευνα (Καρακατσάνη, 2017) σχετική με τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, στην οποία οι εκπαιδευτικοί περιέγραψαν τη χρήση υλικών ως αναγκαία για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών, ενώ δεν συνέβη το ίδιο για τα Μαθηματικά. Οι δάσκαλοι δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν εκπαιδευτικά υλικά, γιατί θεωρούν ότι οδηγούν στη μάθηση και ότι αποτελούν κίνητρο για συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Σε έρευνα για τη διερεύνηση των απόψεων υποψήφιων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στην Ελλάδα, όσον αφορά στη χρήση εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διδασκαλία, φάνηκε ότι οι φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν θετικά την αξιοποίηση του υλικού στο πεδίο των Μαθηματικών, αλλά και των Φυσικών Επιστημών, κυρίως για την κάλυψη γνωστικών αναγκών και την παροχή κινήτρων προκειμένου να ενεργοποιήσουν το ενδιαφέρον των παιδιών και να τα βάλουν στη διαδικασία της εξερεύνησης (Χρυσογέλου, 2018). Ακολουθεί ο ρόλος που αποδίδεται στο υλικό για την επίτευξη διδακτικών, επικοινωνιακών και κοινωνικών στόχων. Η σημαντική θέση του υλικού στη διδασκαλία φάνηκε και από τη συχνότητα που προτείνεται να χρησιμοποιείται το υλικό. Το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος υποστήριξε ότι χρησιμοποιεί εκπαιδευτικό υλικό τουλάχιστον μία φορά τη βδομάδα έως και καθημερινά. Οι εκπαιδευτικοί και οι φοιτητές δεν ήταν βέβαιοι ότι η χρήση εκπαιδευτικού υλικού εμποδίζεται από τους παράγοντες όπως η πολύωρη προετοιμασία και η μη κατάλληλη εκπαίδευση στη χρήση υλικών. Τα εκπαιδευτικά υλικά που προτάθηκαν από τους δασκάλους για τη διδασκαλία των Μαθηματικών ήταν λογισμικά προγράμματα, φύλλα εργασίας και το σχολικό βιβλίο. Επίσης, έκαναν λόγο σε κυβάρια, ξυλάκια, αριθμητήριο και άβακα. Από την άλλη, οι νηπιαγωγοί και οι φοιτητές νηπιαγωγοί φάνηκε να αναφέρονται σε μεγαλύτερη γκάμα υλικών. Εκτός από τα παραπάνω προτάθηκε και το υλικό της Μοντεσσόρι, ο γεωπίνακας, το τάνγκραμ κ.α.

Επομένως, θα μπορούσε να υποθεθεί ότι όσο μικρότερη είναι η σχολική βαθμίδα τόσο μεγαλύτερη είναι η γκάμα υλικών που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία. Αντίστοιχα, για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών προτάθηκαν από όλους κυρίως υλικά πολιτισμικού τύπου. Δηλαδή, ζυγαριές, θερμομέτρα, μεγεθυντικοί φακοί. Επίσης, προτάθηκαν και αντικείμενα της καθημερινότητας και παιχνίδια, ενώ οι προτάσεις για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ήταν κυρίως μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων, προγράμματα προσομοιώσεων ενώ οι φοιτητές δάσκαλοι αναφέρθηκαν και στο σχολικό εγχειρίδιο. Φάνηκε ότι αν και όλοι είχαν μια θετική τοποθέτηση για τη χρήση υλικού στην εκπαίδευση, δεν ήταν σε θέση να διατυπώσουν ένα συγκεκριμένο παράδειγμα από μια θεματική της επιλογής τους. Παρατηρήθηκε ότι ακόμα και οι ελάχιστοι που μπήκαν στη διαδικασία να αναφέρουν μια δραστηριότητα για τα Μαθηματικά δεν βασίστηκαν σε κάποιο πλαίσιο.

Προβάδισμα στην πρόθεση ένταξης πρόσθετων εκπαιδευτικών υλικών για τη διδασκαλία των Μαθηματικών αποτυπώνεται στις απαντήσεις των εν ενεργεία δασκάλων ειδικής εκπαίδευσης οι οποίοι δήλωσαν ότι θεωρούν την παρουσία υλικού στα Μαθηματικά πιο επιβεβλημένη σε σχέση με τις Φυσικές Επιστήμες (Αγναντή & Σκουμπουρδή, 2018). Φάνηκε να γνωρίζουν τον ρόλο του υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση και ήταν σε θέση να προτείνουν δραστηριότητες εντός πλαισίου με εξειδικευμένα υλικά, ενώ δεν συνέβη το ίδιο και για τις Φυσικές Επιστήμες, όπου δυσκολεύτηκαν να προτείνουν ειδικά σχεδιασμένο υλικό. Αυτό, πιθανόν να αιτιολογείται από το γεγονός ότι οι μισοί περίπου από τους συμμετέχοντες εργάζονταν σε ειδικά σχολεία και τμήματα ένταξης, στα οποία δεν προβλέπεται η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Οι δάσκαλοι ειδικής αγωγής ισχυρίστηκαν ότι η χρήση υλικού είναι καθοριστική για να επιτευχθούν οι στόχοι του μαθήματος που αναφέρονται σε δεξιότητες και γνώσεις και απαραίτητη, ώστε να εμπλουτίσουν τη διδασκαλία τους στα Μαθηματικά, αλλά και να υλοποιήσουν δραστηριότητες εμπέδωσης και επέκτασης στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Τα υλικά που ανέφεραν οι εκπαιδευτικοί ότι εντάσσουν στη διδασκαλία των Μαθηματικών ήταν κυρίως εξειδικευμένο μαθηματικό υλικό, ενώ δεν συνέβη το ίδιο για τις Φυσικές Επιστήμες. Τα υλικά που αποτυπώθηκαν ήταν κυρίως υφιστάμενα, δηλαδή αντικείμενα της καθημερινότητας τα οποία δεν σχετίζονται με την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Εντοπίζεται, λοιπόν, σε αυτό το σημείο η αδυναμία των δασκάλων ειδικής αγωγής να προτείνουν ειδικά σχεδιασμένο υλικό για τις Φυσικές Επιστήμες. Βέβαια, υπήρξαν και απαντήσεις εκπαιδευτικών που ανέφεραν εξειδικευμένο υλικό, αλλά ισχυρίστηκαν ότι δεν το χρησιμοποιούν, διότι απουσιάζει από τις σχολικές μονάδες στις οποίες εργάζονται περιστασιακά. Οι εκπαιδευτικοί ειδικής αγωγής δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν εκπαιδευτικά υλικά περισσότερες από μία φορές την εβδομάδα με σκοπό να εισάγουν έννοιες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Το κύριο κριτήριο επιλογής ή και σχεδιασμού υλικών, που αναφέρθηκε από τους εκπαιδευτικούς, βασιζόταν στα ιδιαίτερα—ιδιόρρυθμα, σε πολλές περιπτώσεις—ενδιαφέροντα των μαθητών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Τα σημαντικότερα εμπόδια που κατέγραψαν ότι συναντούν κατά τη χρήση του υλικού είναι η διάσπαση της προσοχής των μαθητών από

τη μαθηματική δραστηριότητα, η αδυναμία σύνδεσης μαθηματικών/φυσικών εννοιών με συγκεκριμένα υλικά, η έλλειψη ενδιαφέροντος για τα υλικά, η κακή μεταχείριση τους και η αναγκαιότητα αναπροσαρμογής τους στις ιδιαιτερότητες των μαθητών. Επιπλέον δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί της παράλληλης στήριξης αφορούν στη διαχείριση του διδακτικού χρόνου, στην έλλειψη των κατάλληλων υλικών από τη σχολική μονάδα και στη διαθεσιμότητα χώρου.

Άλλοι λόγοι για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί διστάζουν να χρησιμοποιήσουν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία είναι γιατί θεωρούν ότι με τη χρήση τους θα δημιουργηθεί φασαρία στην τάξη, τα παιδιά θα τα καταστρέψουν, το κόστος της εκπαίδευσης θα αυξηθεί πολύ, καθώς και ότι οι έννοιες που θα αναπτυχθούν με τη χρήση υλικών δεν θα γίνουν ποτέ αφηρημένες (Jacobs & Kusiak, 2006; Szendrei, 1996). Υποστηρίζουν ότι πολλές φορές οι μαθητές χρησιμοποιούν τα υλικά με τον τρόπο που έχουν διδαχθεί και δεν εξελίσσουν τις δράσεις τους σε νοητική δραστηριότητα (Kilpatrick, Swafford, & Findell, 2001). Επίσης, αναφέρουν ότι οι ερμηνείες των παιδιών για τα υλικά συχνά διαφέρουν από την ερμηνεία που εισάγουν οι εκπαιδευτικοί (Baroody, 1989; Kilpatrick, Swafford, & Findell, 2001). Οι παραπάνω φόβοι δεν είναι μόνο θεωρητικοί, αλλά βασίζονται σε επαναλαμβανόμενες κακές εμπειρίες μέσα σε τάξεις των Μαθηματικών, όπου τα υλικά και τα μέσα δεν χρησιμοποιήθηκαν με τον καλύτερο τρόπο (Szendrei, 1996).

Οι παραπάνω έρευνες δίνουν στοιχεία για την πρόθεση χρήσης πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτικούς, για το είδος και τη συχνότητα χρήσης του, για το τι παρακινεί τους εκπαιδευτικούς να το αναζητήσουν, καθώς και για τους παράγοντες που δρουν ανασταλτικά στη χρήση του. Τα στοιχεία για την επιρροή της χρήσης εκπαιδευτικού υλικού στα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών είναι περιορισμένα. Παρόλο που αποτελεί μία από τις σημαντικές παραμέτρους της σχέσης εκπαιδευτικών και εκπαιδευτικού υλικού, ελάχιστα είναι τα δεδομένα που υπάρχουν για το πού και πώς οι εκπαιδευτικοί αναζητούν πρόσθετα εκπαιδευτικά υλικά.

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι η έρευνα που εξετάζει τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού έχει εστιάσει περισσότερο στη χρήση του παρεχόμενου εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένη για το νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό. Επίσης, είναι περιορισμένη η έρευνα που εξετάζει τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Επιπρόσθετα, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που συγκρίνει τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας έρευνας που να μελετά συστηματικά και να συγκρίνει τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.

## **ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ**

Η παρούσα έρευνα εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο των μελετών που διερευνούν τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού. Κεντρικός σκοπός της

έρευνας είναι η διερεύνηση και η σύγκριση των απόψεων των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου για τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.

Ειδικότερα, η παρούσα εργασία αποσκοπεί να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το πώς χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται και κατά πόσο αυτές διαφοροποιούνται με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) που διδάσκουν;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το αν χρησιμοποιούν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών και (αν ναι) πόσο συχνά και πώς και κατά πόσο αυτές διαφοροποιούνται με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) που διδάσκουν;

Ερευνητικό ερώτημα 3: Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου σχετικά με το τι τους παρακινεί να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών και κατά πόσο αυτές διαφοροποιούνται με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) που διδάσκουν;

Ερευνητικό ερώτημα 4: Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου σχετικά με το που αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών και κατά πόσο αυτές διαφοροποιούνται με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) που διδάσκουν;

Ερευνητικό ερώτημα 5: Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με τους λόγους που δεν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών και κατά πόσο αυτές διαφοροποιούνται με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) που διδάσκουν;

Ερευνητικό ερώτημα 6: Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το αν επηρεάζουν οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών τις γνώσεις, τις πεποιθήσεις, τις διδακτικές πρακτικές τους και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών τους και κατά πόσο αυτές διαφοροποιούνται με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) που διδάσκουν;

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **Ερευνητική διαδικασία και δείγμα**

Η έρευνα αυτή που διεξάχθηκε κατά το σχολικό έτος 2017-2018 και πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις.

Στην πρώτη φάση (πιλοτική έρευνα), συγκροτήθηκε το εργαλείο συλλογής των δεδομένων (ερωτηματολόγιο). Αρχικά, το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε δόθηκε σε δέκα εκπαιδευτικούς δημοτικών σχολείων. Πραγματοποιήθηκε μια σύντομη συλλογική συζήτηση με τους εκπαιδευτικούς για να εξαχθούν σχόλια και παρατηρήσεις. Επίσης,

δόθηκε σε δύο ερευνητές (της Διδακτικής των Μαθηματικών και της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών), ώστε να ελεγχθεί η εσωτερική του εγκυρότητα και να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη συνέχεια, διαμορφώθηκε το ερωτηματολόγιο της κύριας έρευνας, με βάση τις παρατηρήσεις και τις ελλείψεις που επισημάνθηκαν στην εφαρμογή του στην πιλοτική έρευνα, προκειμένου αυτό να ανταποκρίνεται στους στόχους της έρευνας και να είναι κατανοητό από τους εκπαιδευτικούς.

Στη δεύτερη φάση (κύρια έρευνα), το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε ηλεκτρονικά από εκπαιδευτικούς δημοτικών σχολείων και στη συνέχεια αναλύθηκαν οι απαντήσεις τους.

Στην κύρια έρευνα συμμετείχαν 212 εκπαιδευτικοί δημόσιων δημοτικών σχολείων. Από αυτούς οι 74 ήταν άνδρες και οι 138 γυναίκες. Η μέση τιμή της ηλικίας τους ήταν 44,2 έτη και η μέση τιμή της διδακτικής εμπειρίας τους σε σχολική τάξη ήταν 19,2 έτη. Κατά το σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας οι 32 εκπαιδευτικοί δίδαξαν σε Α΄ τάξη του δημοτικού σχολείου, οι 23 σε Β΄ τάξη, οι 25 σε Γ΄ τάξη, οι 29 σε Δ΄ τάξη, οι 61 σε Ε΄ τάξη, οι 34 σε ΣΤ΄ τάξη και οι υπόλοιποι 8 σε τάξεις υποδοχής.

### **Συλλογή δεδομένων**

Ως ερευνητικό εργαλείο συλλογής δεδομένων ορίστηκε το ερωτηματολόγιο σε ηλεκτρονική μορφή. Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ήταν «κλειστές» με δυνατότητα είτε μιας μόνο απάντησης τύπου «Ναι/Όχι» είτε πολλαπλών επιλογών είτε βάσει μιας ισοδιαστημικής κλίμακας αξιολόγησης.

Το τελικό ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε περιλάμβανε δύο μέρη με 25 συνολικά ερωτήσεις.

Στο πρώτο μέρος περιλαμβάνονταν επτά ερωτήσεις στις οποίες ζητούνταν πληροφορίες για το φύλλο των εκπαιδευτικών (ερώτηση 1), την ηλικία (ερώτηση 2), τις σπουδές (ερώτηση 3), τη διδακτική εμπειρία τους (ερώτηση 4), την τάξη στην οποία δίδαξαν το σχολικό έτος 2017-2018 (ερώτηση 5), καθώς επίσης και το είδος του σχολείου (δημόσιο, ιδιωτικό) (ερώτηση 6) και τον τύπο του σχολείου στο οποίο εργάζονταν (ερώτηση 7).

Στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονταν 17 ερωτήσεις που διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται αλλά και του νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού που οι ίδιοι αναζητούν. Οι ερωτήσεις αυτές συγκροτήθηκαν για τις ανάγκες της έρευνας με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα (βλ. Πίνακα 2) και τη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία που αφορά στη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτικούς (ενδεικτικά: Davis et al., 2016). Πριν τις ερωτήσεις αυτές αναγράφονταν οι ορισμοί για τους ακόλουθους όρους: εκπαιδευτικό υλικό, εκπαιδευτικό υλικό που παρέχεται και νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό. Οι ερωτήσεις 8-15 αναφέρονταν στις αποφάσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με το εκπαιδευτικό υλικό των Μαθηματικών και οι ερωτήσεις 16-23 αναφέρονταν στις αποφάσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών κατά το σχολικό έτος 2017-2018.

**Πίνακας 2:** Τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας και οι αντίστοιχες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

| Ερευνητικά ερωτήματα | Ερωτήσεις             |
|----------------------|-----------------------|
| 1                    | 8, 16                 |
| 2                    | 9, 10, 13, 17, 18, 21 |
| 3                    | 11, 19                |
| 4                    | 12, 20                |
| 5                    | 14, 22                |
| 6                    | 15, 23                |

Οι ερωτήσεις 8 και 16 διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το πώς χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν πολλαπλής επιλογής. Οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν ανάμεσα σε τέσσερις επιλογές που σχετίζονται με τους διαφορετικούς τρόπους χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού που παρέχεται στους εκπαιδευτικούς (αυτούσια χρήση σχολικού διδακτικού πακέτου, χρήση σχολικού διδακτικού πακέτου με προσαρμογές, χρήση σχολικού διδακτικού πακέτου με εμπλουτισμό του από πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό και χρήση νέου εκπαιδευτικού υλικού διαφορετικού του σχολικού διδακτικού πακέτου).

Οι ερωτήσεις 9 και 17 διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το αν έχουν χρησιμοποιήσει κατά το σχολικό έτος 2017-2018 πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό πέραν αυτού που τους παρέχεται στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν πολλαπλής επιλογής. Οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο επιλογές (Ναι ή Όχι).

Οι ερωτήσεις 10 και 18 διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το πόσο συχνά έχουν χρησιμοποιήσει το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό πέραν αυτού που τους παρέχεται στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν πολλαπλής επιλογής. Οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν ανάμεσα σε πέντε επιλογές (σχεδόν σε κάθε μάθημα, πολλές φορές την εβδομάδα, σχεδόν μια φορά την εβδομάδα, δύο ή τρεις φορές το μήνα, λιγότερο από 2-3 φορές το χρόνο).

Οι ερωτήσεις 11 και 19 διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου σχετικά με το τι τους παρακινεί να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα. Προτάθηκαν στους εκπαιδευτικούς πέντε λόγοι (για να μειώσω το χρόνο που απαιτείται για την προετοιμασία του μαθήματος, για να προσφέρω στους μαθητές επιπλέον δραστηριότητες για αποσαφήνιση των εννοιών, για να εξάψω την περιέργειά τους, για να προσφέρω στους μαθητές επιπλέον ευκαιρίες για να εμπλακούν ενεργά στη διδακτική διαδικασία, για να προσφέρω στους μαθητές επιπλέον δραστηριότητες για εξάσκηση). Επίσης, ζητήθηκε από

τους εκπαιδευτικούς να καταγράψουν επιπλέον λόγους. Οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν πόσο συχνά χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία για κάθε ένα από τους παραπάνω λόγους. Δόθηκαν πέντε επιλογές στους εκπαιδευτικούς (ποτέ για αυτόν τον λόγο, σπάνια για αυτόν τον λόγο, μερικές φορές για αυτόν τον λόγο, συχνά για αυτόν τον λόγο, σχεδόν πάντα για αυτόν τον λόγο).

Οι ερωτήσεις 12 και 20 διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου σχετικά με το που αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα. Προτάθηκαν στους εκπαιδευτικούς εννέα πιθανές πηγές εκπαιδευτικού υλικού (από το αρχείο μου, από άλλον εκπαιδευτικό, από ένα σχολικό σύμβουλο, από ένα φίλο με σπουδές στη Διδακτική των Μαθηματικών ή των Φυσικών Επιστημών, από πρακτικά συνεδρίων, από επιστημονικά περιοδικά, από γνωστές ιστοσελίδες ή blogs, μέσω μιας μηχανής αναζήτησης στο διαδίκτυο). Επίσης, ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να καταγράψουν επιπλέον πηγές που χρησιμοποιούν. Οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν πόσο συχνά χρησιμοποιούν για αναζήτηση νέου (πρόσθετο) εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία κάθε μια από τις παραπάνω πηγές. Δόθηκαν πέντε επιλογές στους εκπαιδευτικούς (ποτέ δεν έχω χρησιμοποιήσει αυτό τον τρόπο, σπάνια έχω χρησιμοποιήσει αυτό τον τρόπο, μερικές φορές έχω χρησιμοποιήσει αυτό τον τρόπο, συχνά έχω χρησιμοποιήσει αυτό τον τρόπο, σχεδόν πάντα έχω χρησιμοποιήσει αυτό τον τρόπο).

Οι ερωτήσεις 13 και 21 διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το πώς έχουν χρησιμοποιήσει το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό πέραν αυτού που τους παρέχεται στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν πολλαπλής επιλογής. Οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο επιλογές που σχετίζονται με τους διαφορετικούς τρόπους χρήσης του πρόσθετου εκπαιδευτικού υλικού (αυτούσια χρήση, χρήση με προσαρμογές).

Οι ερωτήσεις 14 και 22 διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με τους λόγους που δεν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα. Προτάθηκαν στους εκπαιδευτικούς έξι λόγοι (τα σχολικά διδακτικά πακέτα που παρέχονται καλύπτουν τις ανάγκες των μαθητών μου, τα σχολικά διδακτικά πακέτα που παρέχονται συνάδουν με το διδακτικό μου στυλ, δεν υπάρχει χρόνος για προσαρμογή / εμπλουτισμό του εκπαιδευτικού υλικού που παρέχεται γιατί ο διαθέσιμος χρόνος οριακά επαρκή για τη διδασκαλία όλων των ενοτήτων, οι οδηγίες που μου παρέχονται δεν αφήνουν περιθώριο για προσαρμογή / εμπλουτισμό του εκπαιδευτικού υλικού, οι απόψεις του σχολικού συμβούλου μου είναι κατά της προσαρμογής / εμπλουτισμού του εκπαιδευτικού υλικού που παρέχεται, οι συνάδελφοί μου εκπαιδευτικοί είναι κατά της προσαρμογής / εμπλουτισμού του εκπαιδευτικού υλικού που παρέχεται). Επίσης, ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να καταγράψουν επιπλέον λόγους. Οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν πόσο τους επηρέασαν οι λόγοι αυτοί στην απόφασή τους να μην χρησιμοποιήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό στη διδασκαλία. Δόθηκαν πέντε επιλογές στους εκπαιδευτικούς (ποτέ για αυτόν τον λόγο, σπάνια για αυτόν τον λόγο,



μερικές φορές για αυτόν τον λόγο, συχνά για αυτόν τον λόγο, σχεδόν πάντα για αυτόν τον λόγο).

Οι ερωτήσεις 15 και 23 διερευνούσαν τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το αν επηρεάζουν οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού τις γνώσεις, τις πεποιθήσεις, τις διδακτικές πρακτικές τους και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών τους στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα. Προτάθηκαν στους εκπαιδευτικούς δέκα πιθανές επιπτώσεις (βελτιώνω τη γνώση περιεχομένου, βελτιώνω τη γνώση μου για τα χαρακτηριστικά των μαθητών και τις αντιλήψεις τους, βελτιώνω τη γνώση μου για το Πρόγραμμα Σπουδών, βελτιώνω τις γνώσεις γενικής παιδαγωγικής που έχω για την επιλογή αποτελεσματικών μεθόδων διδασκαλίας, αλλάζω τις πεποιθήσεις μου για τη διδασκαλία, ελαττώνω τη μαθησιακή απαίτηση των δραστηριοτήτων, προσαρμόζω τη διδασκαλία με βάση τις οδηγίες του εκπαιδευτικού υλικού και όχι με βάση τις τρέχουσες πεποιθήσεις και πρακτικές μου, βελτιώνω τις γνώσεις των μαθητών, βελτιώνω τις ικανότητες των μαθητών, βελτιώνω τις στάσεις των μαθητών). Οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επηρεάζουν κάθε μια επίπτωση. Δόθηκαν πέντε επιλογές στους εκπαιδευτικούς (δεν συμβαίνει ποτέ, συμβαίνει σπάνια, συμβαίνει μερικές φορές, συμβαίνει συχνά, συμβαίνει σχεδόν πάντα).

Η ερώτηση 25 ήταν ανοικτού τύπου και ζητούσε από τους εκπαιδευτικούς να συμπληρώσουν οτιδήποτε άλλο σχετικά με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.

Το ερωτηματολόγιο διαμορφώθηκε σε ηλεκτρονική μορφή και απεστάλη μέσω των διευθύνσεων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης της χώρας στους εκπαιδευτικούς. Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

### **Ανάλυση δεδομένων**

Η στατιστική επεξεργασία των ερευνητικών δεδομένων είχε σκοπό την παρουσίαση των συχνοτήτων των απαντήσεων (σε απόλυτους αριθμούς και σε ποσοστιαία κατανομή), και των συσχετίσεων που προκύπτουν από την καταγραφή των ομοιοτήτων και των διαφορών μεταξύ των βασικών μεταβλητών του δείγματος.

Η μελέτη της ύπαρξης στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με τη χρήση του παρεχόμενου εκπαιδευτικού υλικού και στο μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), πραγματοποιήθηκε με το τεστ McNemar-Bowker (με διόρθωση Bonferroni). Η ερμηνεία των διαφοροποιήσεων βασίστηκε στις τιμές των διορθωμένων τυποποιημένων υπολοίπων (adjusted residuals). Για τη διερεύνηση της ύπαρξης στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το αν έχουν χρησιμοποιήσει νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό ή σχετικά με το αν έχουν χρησιμοποιήσει το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό και στο μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) χρησιμοποιήθηκε το τεστ McNemar. Η μελέτη της ύπαρξης στατιστικά

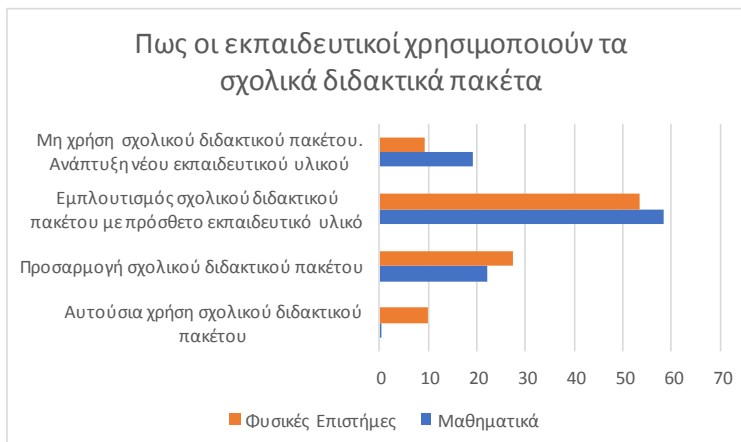
σημαντικής διαφοροποίησης ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με τα υπόλοιπα προς διερεύνηση ζητήματα -τους λόγους που παρακινούν τους εκπαιδευτικούς να αναζητήσουν νέο εκπαιδευτικό υλικό, τις πηγές αναζήτησης νέου εκπαιδευτικού υλικού, τους λόγους για τους οποίους δεν αναζητούν νέο υλικό, τις συνέπειες της χρήσης νέου υλικού στις γνώσεις, τις πεποιθήσεις, τις πρακτικές των εκπαιδευτικών και στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών- και στο μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), πραγματοποιήθηκε με το τεστ Wilcoxon Signed Ranks (Zwick et al., 1982).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Απόψεις εκπαιδευτικών αναφορικά με το πώς χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται

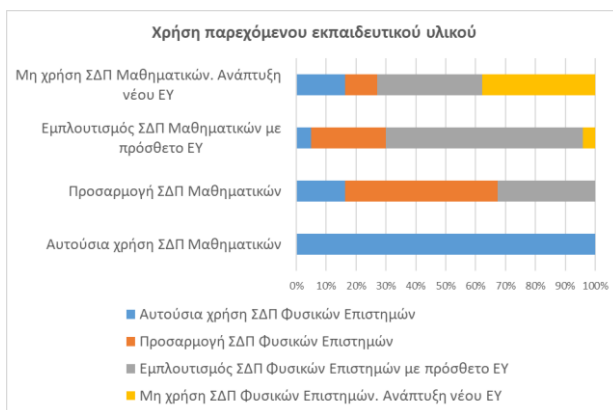
Αναφορικά με το πώς οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται και συγκεκριμένα τα σχολικά διδακτικά πακέτα, προέκυψε ότι οι μισοί σχεδόν εκπαιδευτικοί εμπλουτίζουν με πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό τα σχολικά διδακτικά πακέτα Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, ενώ σχεδόν δύο στους δέκα κάνουν προσαρμογές στα σχολικά διδακτικά πακέτα Μαθηματικών και σχεδόν τρεις στους δέκα πράττουν το ίδιο στα σχολικά διδακτικά πακέτα Φυσικών Επιστημών (βλ. Γράφημα 1). Είναι περιορισμένος ο αριθμός των εκπαιδευτικών που είτε χρησιμοποιούν αυτούσιο το σχολικό διδακτικό πακέτο είτε δεν το χρησιμοποιούν καθόλου και αναπτύσσουν δικό τους εκπαιδευτικό υλικό.

**Γράφημα 1:** Ποσοστά των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πώς χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται (σχολικά διδακτικά πακέτα).



Συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών όταν διδάσκουν Μαθηματικά με τις απόψεις τους όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες αναφορικά με το πώς χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται, προέκυψε ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις (βλ. Γράφημα 2). Ειδικότερα, από τους εκπαιδευτικούς που οργανώνουν τη διδασκαλία των Μαθηματικών με βάση το σχολικό διδακτικό πακέτο των Μαθηματικών εμπλουτίζοντάς το με νέο εκπαιδευτικό υλικό, οι περισσότεροι οργανώνουν και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με βάση το σχολικό διδακτικό πακέτο των Φυσικών Επιστημών εμπλουτίζοντάς το με νέο εκπαιδευτικό υλικό, ενώ λιγότεροι εκπαιδευτικοί εφαρμόζουν άλλους τρόπους χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού. Επιπρόσθετα, από τους εκπαιδευτικούς που οργανώνουν τη διδασκαλία των Μαθηματικών με βάση το σχολικό διδακτικό πακέτο των Μαθηματικών προσαρμόζοντάς το, οι περισσότεροι οργανώνουν και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με βάση το σχολικό διδακτικό πακέτο των Φυσικών Επιστημών προσαρμόζοντάς το, ωστόσο άλλοι εκπαιδευτικοί οργανώνουν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με βάση το σχολικό διδακτικό πακέτο των Φυσικών Επιστημών εμπλουτίζοντάς το με νέο εκπαιδευτικό υλικό. Τέλος, από τους εκπαιδευτικούς που οργανώνουν τη διδασκαλία των Μαθηματικών αποκλειστικά με βάση νέο εκπαιδευτικό υλικό οι περισσότεροι είτε οργανώνουν και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με βάση νέο εκπαιδευτικό υλικό είτε οργανώνουν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με βάση το σχολικό διδακτικό πακέτο των Φυσικών Επιστημών εμπλουτίζοντάς το με νέο εκπαιδευτικό υλικό.

**Γράφημα 2:** Ποσοστά των τρόπων που οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν το σχολικό διδακτικό πακέτο (ΣΔΠ) Μαθηματικών σε σχέση με τα ποσοστά των τρόπων που οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν το ΣΔΠ Φυσικών Επιστημών.



Μάλιστα, προέκυψε με βάση το τεστ McNemar-Bowker (με διόρθωση Bonferroni) και τις τιμές των διορθωμένων τυποποιημένων υπολοίπων (adjusted residuals) (βλ. Πίνακας 2), ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις απόψεις τους αναφορικά με τη χρήση του παρεχόμενου εκπαιδευτικού υλικού και στο μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες),  $\chi^2(6)=32,374$ ,  $p<0,001$ .

Πίνακας 2: Οι τρόποι χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και οι τρόποι χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών που παρέχεται: διορθωμένα τυποποιημένα υπόλοιπα

| Φυσικές Επιστήμες  | Αυτούσια χρήση ΣΔΠ Φυσικών Επιστημών | Προσαρμογή ΣΔΠ Φυσικών Επιστημών | Εμπλουτισμός ΣΔΠ Φυσικών Επιστημών με νέο εκπαιδευτικό υλικό | Μη χρήση ΣΔΠ Φυσικών Επιστημών. Ανάπτυξη νέου εκπαιδευτικού υλικού |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|--|--|
| <b>Μαθηματικά</b>  |                                      |                                  |  |  |
| Αυτούσια χρήση ΣΔΠ Μαθηματικών                               | +3,0                                 | -6,0                             | -1,1   | -3,0   |
| Προσαρμογή ΣΔΠ Μαθηματικών                                   | +1,6                                 | +3,8                             | -3,0   | +2,4   |
| Εμπλουτισμός ΣΔΠ Μαθηματικών με νέο υλικό                    | -2,9                                 | -1,1                             | +4,5   | -3,1   |
| Μη χρήση ΣΔΠ Μαθηματικών. Ανάπτυξη νέου εκπαιδευτικού υλικού | +1,4                                 | -2,6                             | -2,4   | +6,5   |

Η στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση εντοπίζεται στις ακόλουθες τάσεις:

- οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποιούν αυτούσιο το σχολικό διδακτικό πακέτο Μαθηματικών τείνουν να χρησιμοποιούν αυτούσιο και το σχολικό διδακτικό πακέτο Φυσικών Επιστημών και όχι να το προσαρμόζουν ή να μην το χρησιμοποιούν
- οι εκπαιδευτικοί που κάνουν προσαρμογές στο σχολικό διδακτικό πακέτο Μαθηματικών τείνουν να κάνουν προσαρμογές και στο σχολικό διδακτικό πακέτο Φυσικών Επιστημών και όχι να το εμπλουτίζουν με νέο υλικό ή να μην το χρησιμοποιούν
- οι εκπαιδευτικοί που εμπλουτίζουν με νέο υλικό το σχολικό διδακτικό πακέτο Μαθηματικών τείνουν να εμπλουτίζουν με νέο υλικό και στο σχολικό διδακτικό πακέτο Φυσικών Επιστημών και όχι να το χρησιμοποιούν αυτούσιο ή να μην το χρησιμοποιούν

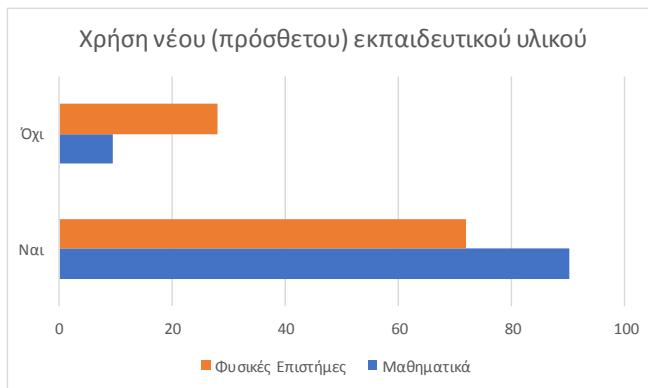
- οι εκπαιδευτικοί που δεν χρησιμοποιούν το σχολικό διδακτικό πακέτο Μαθηματικών αλλά αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν νέο εκπαιδευτικό υλικό τείνουν να μην χρησιμοποιούν και το σχολικό διδακτικό πακέτο Φυσικών Επιστημών και όχι να το εμπλουτίζουν με νέο υλικό ή να το προσαρμόζουν.

**Απόψεις εκπαιδευτικών αναφορικά με το αν χρησιμοποιούν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών και (αν ναι) πόσο συχνά και πώς το χρησιμοποιούν**

**α. Απόψεις εκπαιδευτικών αναφορικά με το αν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών**

Σχετικά με το αν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου έχουν χρησιμοποιήσει κατά το σχολικό έτος 2017-2018 νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται (σχολικά διδακτικά πακέτα), προέκυψε ότι σχεδόν εννέα στους δέκα εκπαιδευτικούς δηλώνουν ότι έχουν χρησιμοποιήσει πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και σχεδόν επτά στους δέκα εκπαιδευτικούς δηλώνουν ότι έχουν χρησιμοποιήσει πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Φυσικών Επιστημών (βλ. Γράφημα 3).

**Γράφημα 3:** Ποσοστά των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το αν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται.



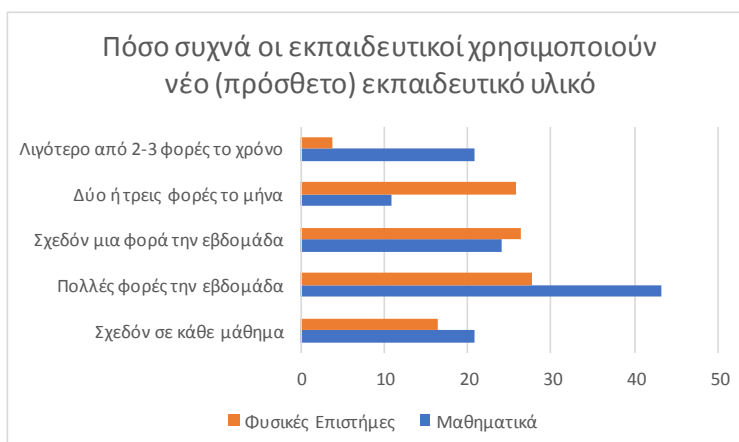
Συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών όταν διδάσκουν Μαθηματικά με τις απόψεις τους όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες αναφορικά με το αν έχουν χρησιμοποιήσει νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών πέραν από αυτό που τους παρέχεται, προέκυψε ότι είναι υψηλότερο το ποσοστό των εκπαιδευτικών που δηλώνουν ότι έχουν χρησιμοποιήσει νέο (πρόσθετο)

εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών σε σχέση με το ποσοστό των εκπαιδευτικών που δηλώνουν ότι έχουν χρησιμοποιήσει νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Φυσικών Επιστημών. Αντίθετα, είναι υψηλότερο το ποσοστό των εκπαιδευτικών που δηλώνουν ότι δεν έχουν χρησιμοποιήσει νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Φυσικών Επιστημών σε σχέση με το ποσοστό των εκπαιδευτικών που δηλώνουν ότι δεν έχουν χρησιμοποιήσει νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών. Μάλιστα, με βάση το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις απόψεις τους αναφορικά με το αν έχουν χρησιμοποιήσει νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό και στο μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες),  $\chi^2(1)=25,412$ ,  $p<0,001$ .

**β. Απόψεις εκπαιδευτικών αναφορικά με το πόσο συχνά χρησιμοποιούν το νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών**

Σε ότι αφορά το πόσο συχνά οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται, προέκυψε ότι το 64% δηλώνει ότι χρησιμοποιεί πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών πολλές φορές την εβδομάδα ή σχεδόν σε κάθε μάθημα, ενώ μόλις το 31,7% δηλώνει ότι χρησιμοποιεί πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών 2 ή 3 φορές το μήνα ή λιγότερο από 2 ή 3 φορές το χρόνο (βλ. Γράφημα 4). Επίσης, το 44,1% δηλώνει ότι χρησιμοποιεί πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Φυσικών Επιστημών πολλές φορές την εβδομάδα ή σχεδόν σε κάθε μάθημα, ενώ μόλις το 29,6% δηλώνει ότι χρησιμοποιεί πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Φυσικών Επιστημών 2 ή 3 φορές το μήνα ή λιγότερο από 2 ή 3 φορές το χρόνο.

**Γράφημα 4:** Ποσοστά των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πόσο συχνά χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται.



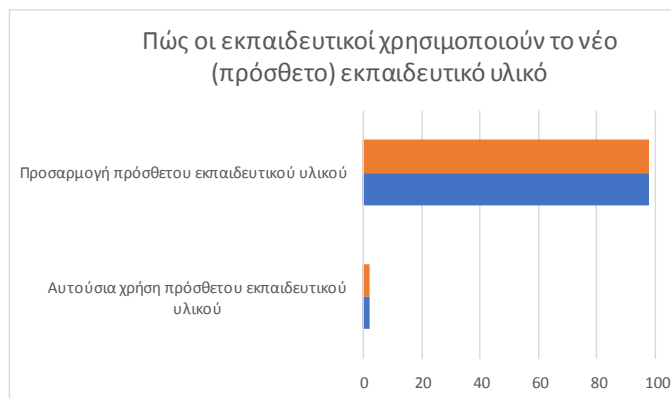
Συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών όταν διδάσκουν Μαθηματικά με τις απόψεις τους όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες αναφορικά με το πόσο συχνά χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών πέραν από αυτό που τους παρέχεται, προέκυψε με βάση το τεστ Wilcoxon Signed Ranks ότι το νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό χρησιμοποιείται πιο συχνά όταν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=4$ ) παρά όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=3$ ),  $Z=-4,208$ ,  $p<0,001$ .

**γ. Απόψεις εκπαιδευτικών αναφορικά με το πώς χρησιμοποιούν το νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών**

Αναφορικά με το πώς οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου χρησιμοποιούν το νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, προέκυψε ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν το χρησιμοποιούν αυτούσιο αλλά κάνουν προσαρμογές σε αυτό (το 97,9% των εκπαιδευτικών για τα Μαθηματικά και το 98% των εκπαιδευτικών για τις Φυσικές Επιστήμες) (βλ. Γράφημα 5).

Συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών όταν διδάσκουν Μαθηματικά με τις απόψεις τους όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες αναφορικά με το πώς χρησιμοποιούν το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται, προέκυψε με βάση το τεστ McNemar ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απόψεις τους με βάση το μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες),  $\chi^2(1)=0$ ,  $p=1$ .

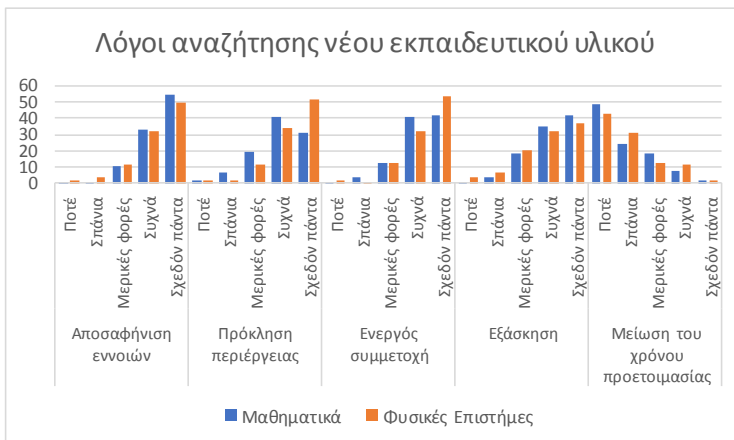
**Γράφημα 5:** Ποσοστά των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πώς χρησιμοποιούν το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.



### Απόψεις εκπαιδευτικών σχετικά με τους λόγους που τους παρακινούν να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών

Σε ότι αφορά τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου σχετικά με το τι τους παρακινεί να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών προέκυψε ότι πάνω από επτά στους δέκα εκπαιδευτικούς δηλώνουν ότι η προσφορά στους μαθητές επιπλέον δραστηριοτήτων για αποσαφήνιση των εννοιών, η πρόκληση της περιέργειας των μαθητών, η προσφορά ευκαιριών στους μαθητές για να συμμετέχουν ενεργά στη διδακτική διαδικασία και η προσφορά δραστηριοτήτων στους μαθητές για περαιτέρω εξάσκηση είναι λόγοι που συχνά ή σχεδόν πάντα τους παρακινούν να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό (βλ. Γράφημα 6). Επίσης, προέκυψε ότι η μείωση του χρόνου προετοιμασίας των μαθημάτων δεν συνιστά για τους περισσότερους εκπαιδευτικούς λόγο που συχνά τους παρακινεί να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό.

**Γράφημα 6:** Διαβάθμιση ποσοστών των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πόσο συχνά διάφοροι λόγοι επηρεάζουν τους εκπαιδευτικούς να αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται.



Για δύο από τους παραπάνω λόγους διαφοροποιούνται σημαντικά οι απόψεις των εκπαιδευτικών με βάση το μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες). Ειδικότερα, με το τεστ Wilcoxon Signed Ranks διαπιστώνεται ότι:

- η προσφορά επιπλέον δραστηριοτήτων για αποσαφήνιση των εννοιών αποτελεί λόγο αναζήτησης νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού πιο συχνά όταν οι εκπαιδευτικοί



διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=4$ ) παρά όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=3,5$ ),  $Z=-2,124$ ,  $p=0,037$

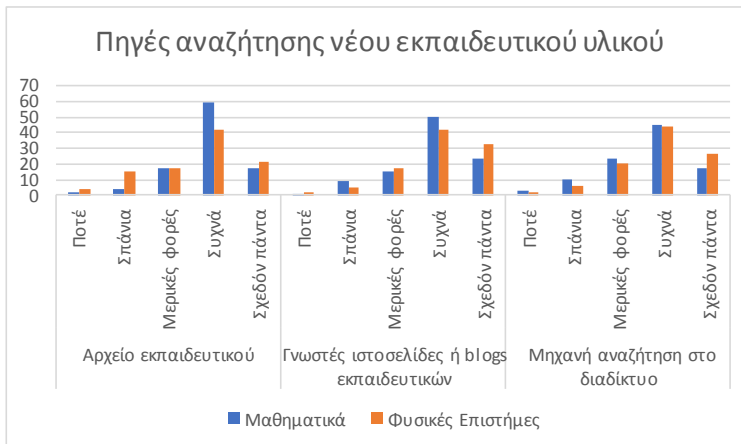
- η πρόκληση της περιέργειας των μαθητών αποτελεί λόγο αναζήτησης νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού πιο συχνά όταν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=4$ ) παρά όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=3$ ),  $Z=-4,242$ ,  $p<0,001$ .

Για τους υπόλοιπους τρεις λόγους (προσφορά ευκαιριών στους μαθητές για να συμμετέχουν ενεργά στη διδακτική διαδικασία, προσφορά δραστηριοτήτων στους μαθητές για περαιτέρω εξάσκηση, μείωση του χρόνου προετοιμασίας των μαθημάτων) προκύπτει ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απόψεις των εκπαιδευτικών με βάση το μάθημα που διδάσκουν ( $Z=-1,601$  και  $p=0,122$ ,  $Z=-1,60$  και  $p=0,109$ ,  $Z=-0,290$  και  $p=0,785$  αντίστοιχα).

### Απόψεις εκπαιδευτικών αναφορικά με το που αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών

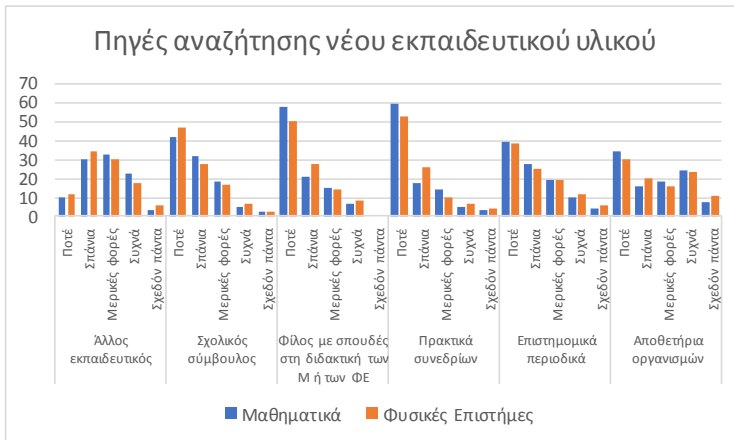
Σχετικά με το που οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών προέκυψε, σύμφωνα με τις δηλώσεις τους, ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί θεωρούν ως πηγές στις οποίες συχνά καταφεύγουν για αναζήτηση εκπαιδευτικού υλικού το αρχείο τους, γνωστές ιστοσελίδες ή blogs εκπαιδευτικών και τις μηχανές αναζήτησης στο διαδίκτυο (βλ. Γράφημα 7).

**Γράφημα 7:** Διαβάθμιση ποσοστών των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πόσο συχνά οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου αναζητούν σε συγκεκριμένες πηγές νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται.



Αντίθετα, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν θεώρησαν ως πηγές στις οποίες συχνά καταφεύγουν για αναζήτηση εκπαιδευτικού υλικού τους άλλους (συνάδελφους) εκπαιδευτικούς, το σχολικό τους σύμβουλο, ένα φίλο τους με σπουδές στη διδακτική των Μαθηματικών ή των Φυσικών Επιστημών, τα πρακτικά συνεδρίων, τα επιστημονικά περιοδικά και τα αποθετήρια οργανισμών (βλ. Γράφημα 8).

**Γράφημα 8:** Διαβάθμιση ποσοστών των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πόσο συχνά οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου αναζητούν σε συγκεκριμένες πηγές νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται.



Συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το πόσο συχνά οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου αναζητούν σε συγκεκριμένες πηγές νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών πέραν από αυτό που τους παρέχεται, διαπιστώνεται με βάση το τεστ Wilcoxon Signed Ranks ότι πιο συχνά οι εκπαιδευτικοί αναζητούν νέο εκπαιδευτικό υλικό:

- στο αρχείο τους όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=3$ ) παρά όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=3$ ),  $Z=-3,628$ ,  $p<0,001$
- σε άλλους εκπαιδευτικούς όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=2$ ) παρά όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=2$ ),  $Z=-2,488$ ,  $p=0,012$
- σε ένα σχολικό σύμβουλο όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=1$ ) παρά όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=1$ ),  $Z=-2,168$ ,  $p=0,034$
- σε μηχανές αναζήτησης όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=3$ ) παρά όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=3$ ),  $Z=-2,957$ ,  $p=0,003$ .

Για τις υπόλοιπες πέντε πηγές που εξετάστηκαν προέκυψε ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απόψεις τους αναφορικά με το πόσο συχνά οι εκπαιδευτικοί αναζητούν νέο εκπαιδευτικό υλικό με βάση το μάθημα που διδάσκουν (φίλος με σπουδές στη διδακτική

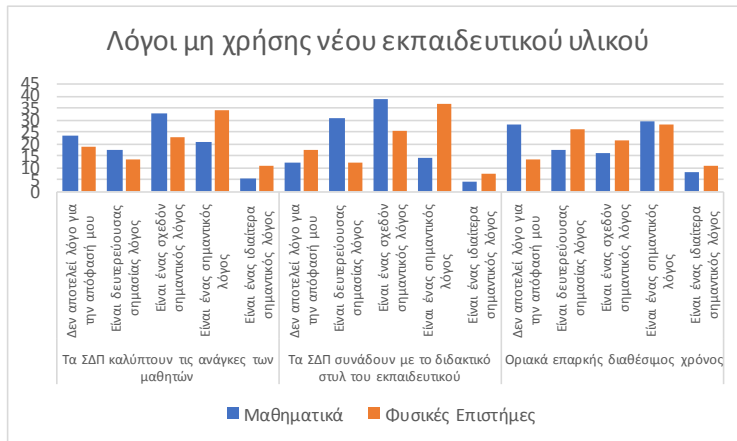
των Μαθηματικών ή των Φυσικών Επιστημών:  $Z=-1,119, p=0,284$ , πρακτικά συνεδρίων:  $Z=-0,746, p=0,456$ , επιστημονικά περιοδικά:  $Z=-1,298, p=0,196$ , γνωστές ιστοσελίδες ή blogs εκπαιδευτικών:  $Z=-1,278, p=0,209$  και αποθετήρια οργανισμών:  $Z=-0,348, p=0,738$ ).

**Απόψεις εκπαιδευτικών αναφορικά με τους λόγους που δεν εξετάζουν τη χρήση νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών**

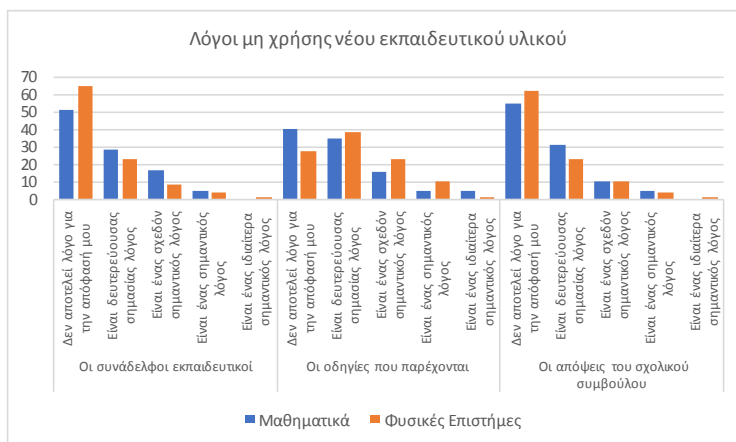
Αναφορικά τους λόγους για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί δεν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών προέκυψε, σύμφωνα με τις δηλώσεις τους, ότι οι απόψεις ότι τα σχολικά διδακτικά πακέτα που παρέχονται καλύπτουν τις ανάγκες των μαθητών, συνάδουν με το διδακτικό στυλ του εκπαιδευτικού ή δεν υπάρχει χρόνος για αλλαγές γιατί πρέπει να διδαχθεί όλη η ύλη αποτελούν λόγους αλλά κυρίως δευτερεύουσας σημασίας για τους οποίους δεν εξετάζουν τη χρήση νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού (βλ. Γράφημα 9).

Επίσης, προέκυψε, σύμφωνα με τις δηλώσεις των εκπαιδευτικών, ότι οι απόψεις του σχολικού συμβούλου, οι απόψεις των συναδέλφων τους εκπαιδευτικών και οι οδηγίες που παρέχονται από κάποιο κεντρικό φορέα δεν αποτελούν σημαντικούς λόγους για τους οποίους δεν εξετάζουν τη χρήση νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών (βλ. Γράφημα 10).

**Γράφημα 9:** Διαβάθμιση ποσοστών των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το αν ορισμένες παραδοχές θεωρούνται σημαντικοί λόγοι για την απόφασή τους να μην εξετάζουν τη χρήση νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται.



**Γράφημα 10:** Διαβάθμιση ποσοστών των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το αν ορισμένοι λόγοι θεωρούνται σημαντικοί για την απόφασή τους να μην εξετάζουν τη χρήση νέου (πρόσθετο) εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται.



Επιπλέον, συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το αν οι παραπάνω παραδοχές συνιστούν σημαντικούς λόγους για την απόφασή τους να μην εξετάσουν τη χρήση νέου (πρόσθετο) εκπαιδευτικού υλικού προέκυψε με το τεστ Wilcoxon Signed Ranks ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απόψεις τους με βάση το μάθημα που διδάσκουν (τα σχολικά διδακτικά πακέτα καλύπτουν τις ανάγκες των μαθητών:  $Z=-0,728$ ,  $p=0,494$ , τα σχολικά διδακτικά πακέτα συνάδουν με το διδακτικό στυλ του εκπαιδευτικού:  $Z=-1,534$ ,  $p=0,136$ , ο περιορισμένος διδακτικός χρόνος που οριακά επαρκεί για τη διδασκαλία:  $Z=-0,044$ ,  $p=0,884$ , οι οδηγίες που παρέχονται:  $Z=-0,715$ ,  $p=0,525$ , ο σχολικός σύμβουλος:  $Z=-1,130$ ,  $p=0,295$  και οι θέσεις των άλλων εκπαιδευτικών:  $Z=-1,660$ ,  $p=0,121$ ).

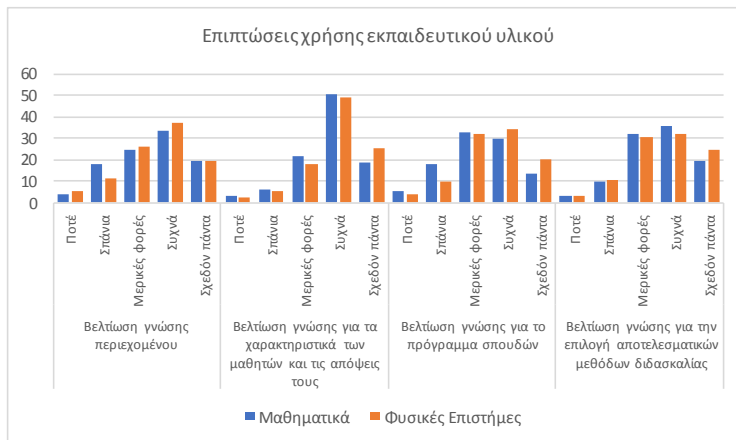
**Απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το αν επηρεάζουν οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού τις γνώσεις, τις πεποιθήσεις, τις διδακτικές πρακτικές τους και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών**

#### **α. Βελτίωση γνώσεων εκπαιδευτικών**

Σχετικά με τις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το αν επηρεάζουν συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών τις γνώσεις τους, προέκυψε ότι συχνά οι ενέργειες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των γνώσεων τους (της γνώσης περιεχομένου, της γνώσης για τα χαρακτηριστικά των μαθητών και των αντιλήψεών τους, της γνώσης για τα

Προγράμματα Σπουδών και της γνώσης για την επιλογή αποτελεσματικών μεθόδων διδασκαλίας) (βλ. Γράφημα 11).

**Γράφημα 11:** Διαβάθμιση ποσοστών των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επιφέρουν αλλαγή των γνώσεών τους.



Συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επιφέρουν βελτίωση των γνώσεών τους, προκύπτει με βάση το τεστ Wilcoxon Signed Ranks ότι οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επιφέρουν βελτίωση της γνώσης που έχουν για το Πρόγραμμα Σπουδών πιο συχνά όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=3$ ) παρά όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=2$ ),  $Z=-4,488$ ,  $p<0,001$ .

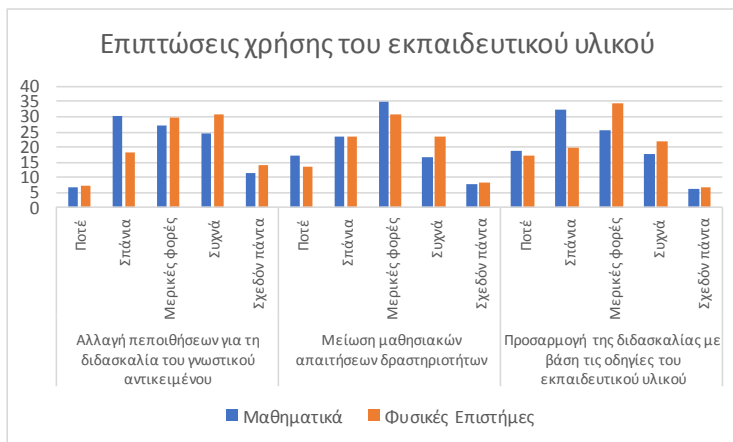
Για τις επιπτώσεις στα υπόλοιπα είδη γνώσεων των εκπαιδευτικών που επιφέρουν οι ενέργειες τους κατά τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού προέκυψε ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απόψεις τους με βάση το μάθημα που διδάσκουν (γνώση περιεχομένου:  $Z=-0,855$ ,  $p=0,393$ , γνώση για τα χαρακτηριστικά των μαθητών και τις αντιλήψεις τους:  $Z=-1,906$ ,  $p=0,058$  και γνώση για την επιλογή αποτελεσματικών μεθόδων διδασκαλίας:  $Z=-0,782$ ,  $p=0,442$ ).

### **β. Αλλαγή πεποιθήσεων και διδακτικών πρακτικών εκπαιδευτικών**

Σε ότι αφορά στις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το αν επηρεάζουν συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών τις πεποιθήσεις και τις διδακτικές πρακτικές τους, προέκυψε ότι δεν επηρεάζουν συχνά αλλά κυρίως μερικές φορές ή σπάνια την αλλαγή των πεποιθήσεών

τους ως προς τη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου και ορισμένες διδακτικές πρακτικές τους, όπως είναι η ελάττωση των μαθησιακών απαιτήσεων των δραστηριοτήτων και η προσαρμογή της διδασκαλίας με βάση τις οδηγίες του εκπαιδευτικού υλικού (βλ. Γράφημα 12).

**Γράφημα 12:** Διαβάθμιση ποσοστών των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επιφέρουν αλλαγή των πεποιθήσεών τους για τη διδασκαλία των Μαθηματικών ή των Φυσικών Επιστημών και των διδακτικών πρακτικών τους.



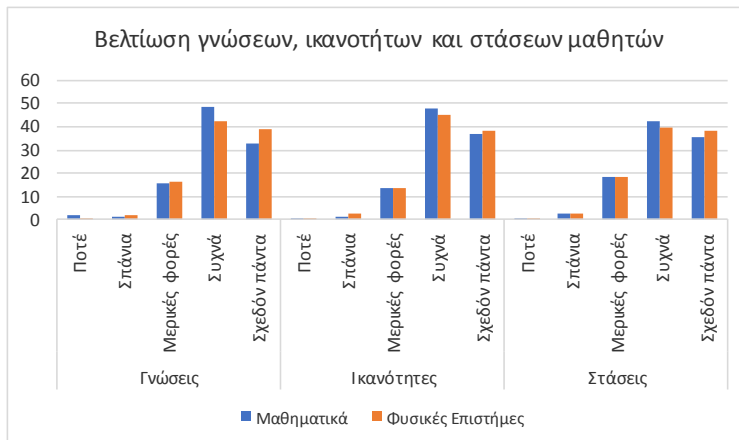
Συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επιφέρουν αλλαγή των πεποιθήσεών τους για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών ή των διδακτικών πρακτικών τους, προέκυψε με βάση το τεστ Wilcoxon Signed Ranks ότι:

- πιο συχνά τείνουν να επιφέρουν αλλαγή των πεποιθήσεών τους για τη διδασκαλία όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=2$ ) παρά όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=2$ ),  $Z=-2,865$ ,  $p=0,004$
- πιο συχνά τείνουν να ελαττώνουν τη μαθησιακή απαίτηση των δραστηριοτήτων οι εκπαιδευτικοί όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=2$ ) παρά όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=2$ ),  $Z=-2,517$ ,  $p=0,011$
- πιο συχνά τείνουν να προσαρμόζουν τη διδασκαλία με βάση τις οδηγίες του εκπαιδευτικού υλικού και όχι με βάση τις τρέχουσες πεποιθήσεις και πρακτικές τους όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ( $Mdn=3$ ) παρά όταν διδάσκουν Μαθηματικά ( $Mdn=2$ ),  $Z=-3,248$ ,  $p=0,001$ .

### γ. Βελτίωση γνώσεων, ικανοτήτων και στάσεων μαθητών

Αναφορικά με το πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επιφέρουν βελτίωση των γνώσεων, των ικανοτήτων και των στάσεων των μαθητών τους, προέκυψε ότι οι μεταβλητές «συχνά» και «σχεδόν πάντα» που υποδηλώνουν τις «θετικές» απόψεις/αξιολογήσεις τους συγκεντρώνουν αθροιστικά υψηλότερα ποσοστά συγκριτικά με τα αντίστοιχα ποσοστά που συγκεντρώνουν αθροιστικά οι μεταβλητές «σπάνια» και «ποτέ» που υποδηλώνουν τις «αρνητικές» απόψεις/αξιολογήσεις τους για τα Μαθηματικά και για τις Φυσικές Επιστήμες (βλ. Γράφημα 13).

**Γράφημα 13:** Διαβάθμιση ποσοστών των εκπαιδευτικών ανά μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες), σε σχέση με το πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επιφέρουν βελτίωση των γνώσεων, των ικανοτήτων και των στάσεων των μαθητών τους.



Συγκρίνοντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επιφέρουν βελτίωση των γνώσεων, των ικανοτήτων και των στάσεων των μαθητών τους, με βάση το τεστ Wilcoxon Signed Ranks προκύπτει ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απόψεις τους με βάση το μάθημα που διδάσκουν (γνώσεις:  $Z=-1,236$ ,  $p=0,241$ , ικανότητες:  $Z=-0,248$ ,  $p=0,528$  και στάσεις:  $Z=-0,299$ ,  $p=0,803$ ).

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή διερευνήθηκαν οι απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου αναφορικά με το πώς χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών

Επιστημών που τους παρέχεται, αν χρησιμοποιούν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών και (αν ναι) πώς και πόσο συχνά, τι τους παρακινεί να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, που αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, τους λόγους που δεν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, καθώς επίσης και αν επηρεάζουν οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών τις γνώσεις, τις πεποιθήσεις, τις διδακτικές πρακτικές τους και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών τους (γνώσεις, ικανότητες και στάσεις). Επιπρόσθετα, διερευνήθηκε κατά πόσο οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τα παραπάνω θέματα διαφοροποιούνται με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) που διδάσκουν.

Αναφορικά με το πώς οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται και συγκεκριμένα τα σχολικά διδακτικά πακέτα, προέκυψε, σύμφωνα με τις δηλώσεις τους, ότι αν και οι διαδικασίες που ακολουθούνται είναι ποικίλες και κυμαίνονται από την αυτούσια αναπαραγωγή και την προσαρμογή του μέχρι τον εμπλουτισμό του με πρόσθετο υλικό και την απόρριψή του και τη δημιουργία νέου εκπαιδευτικού υλικού, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί συνήθως οργανώνουν τη διδασκαλία τους με βάση το παρεχόμενο σε αυτούς εκπαιδευτικό υλικό εμπλουτίζοντάς το με νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό. Τα παραπάνω ευρήματα είναι σε συμφωνία με τα ευρήματα άλλων ερευνών που εστιάζουν στους τρόπους χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς (Brown, 2009; Drake & Sherin, 2006, 2009; Remillard, 1999; Sherin & Drake, 2009). Η διαπίστωση επίσης ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί οργανώνουν τη διδασκαλία τους με βάση το παρεχόμενο σε αυτούς εκπαιδευτικό υλικό εμπλουτίζοντάς το με νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό συνάδει με τα αποτελέσματα της έρευνας των Forbes and Davis (2010).

Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού που τους παρέχεται, με βάση το μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες). Οι εκπαιδευτικοί που χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό των Μαθηματικών που τους παρέχεται με ένα συγκεκριμένο τρόπο, τείνουν να χρησιμοποιούν και το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών που τους παρέχεται με τον ίδιο τρόπο. Έχει επισημανθεί ότι το πώς χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί το εκπαιδευτικό υλικό σχετίζεται με τις γνώσεις, τις πεποιθήσεις και τις διδακτικές πρακτικές τους (Brown, 2009; Drake & Sherin, 2006; Remillard, 1999; Sherin & Drake, 2009). Οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου στο βαθμό που διδάσκουν όλα τα μαθήματα και δεν είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένοι σε κάποιο μάθημα χρησιμοποιούν τον ίδιο τρόπο χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού όταν διδάσκουν Μαθηματικά και όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες.

Σχετικά με το αν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου έχουν χρησιμοποιήσει νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από



αυτό που τους παρέχεται (σχολικά διδακτικά πακέτα), προέκυψε ότι, σύμφωνα με τις δηλώσεις τους, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί έχουν χρησιμοποιήσει πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό. Η τάση αυτή των εκπαιδευτικών να χρησιμοποιούν νέο εκπαιδευτικό υλικό πέραν αυτού που τους παρέχεται μπορεί να αποδοθεί σε λόγους που σχετίζονται με τη παροχή περισσότερων ευκαιριών για να βοηθήσουν τους μαθητές τους στη μαθησιακή διαδικασία, όπως προέκυψε από την παρούσα εργασία.

Αναφορικά με το πόσο συχνά οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, πέραν από αυτό που τους παρέχεται, προέκυψε ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό τουλάχιστον μια φορά την εβδομάδα. Επιπρόσθετα, προέκυψε ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις αναφορικά με αυτές τις απόψεις τους με βάση το μάθημα που διδάσκουν. Όταν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν Μαθηματικά τείνουν να χρησιμοποιούν περισσότερες φορές νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό σε σχέση με όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες. Η τάση αυτή των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου μπορεί να αποδοθεί στο ότι για τα Μαθηματικά αφιερώνονται περισσότερες ώρες διδασκαλίας την εβδομάδα σε σχέση με τις αντίστοιχες ώρες διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, η τάση αυτή είναι δυνατόν να αποδοθεί και στη διαπίστωση ότι στο δημοτικό σχολείο δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στη διδασκαλία των γλωσσικών μαθημάτων και των Μαθηματικών συγκριτικά με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Επιπρόσθετα, η παραπάνω διαφοροποίηση μπορεί να οφείλεται και στο ότι τα Μαθηματικά αποτελούν διακριτό μάθημα σε όλες τις τάξεις του δημοτικού σχολείου, ενώ οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν διακριτό μάθημα μόνο στις δύο τελευταίες τάξεις του δημοτικού σχολείου, ενώ στις υπόλοιπες τάξεις αποτελούν μέρος του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος.

Σε σχέση με το πώς οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου χρησιμοποιούν το νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, προέκυψε ότι το σύνολο σχεδόν των εκπαιδευτικών δήλωσαν ότι δεν το χρησιμοποιούν αυτούσιο αλλά κάνουν προσαρμογές σε αυτό. Επίσης, δεν προέκυψαν σημαντικές διαφοροποιήσεις για αυτό το ζήτημα στις απόψεις των εκπαιδευτικών με βάση το μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες). Η τάση αυτή των εκπαιδευτικών να κάνουν προσαρμογές στο νέο εκπαιδευτικό υλικό που αναζητούν και βρίσκουν είναι δυνατόν να αποδοθεί στο ότι αρκετές πηγές που περιλαμβάνουν το πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό δεν προορίζονται αποκλειστικά για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση και συνεπώς οι εκπαιδευτικοί προβαίνουν σε προσαρμογές αυτού του εκπαιδευτικού υλικού που βρίσκουν.

Σε ότι αφορά τις απόψεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου σχετικά με το τι τους παρακινεί να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών προέκυψε ότι οι λόγοι που συχνά παρακινούν τους περισσότερους εκπαιδευτικούς να αναζητήσουν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό σχετίζονται με τη προσφορά στους μαθητές επιπλέον δραστηριοτήτων για αποσαφήνιση των εννοιών, για εφαρμογή (εξάσκηση) και για πρόκληση της περιέργειάς τους. Για δύο από αυτούς τους λόγους (προσφορά επιπλέον δραστηριοτήτων για αποσαφήνιση των

εννοιών, πρόκληση της περιέργειας των μαθητών) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Όταν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν Μαθηματικά τείνουν πιο συχνά να αναζητούν πρόσθετο υλικό για να προσφέρουν επιπλέον δραστηριότητες στους μαθητές για αποσαφήνιση των εννοιών σε σχέση με όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες. Η τάση αυτή των εκπαιδευτικών μπορεί να αποδοθεί στο μεγαλύτερο αριθμό ωρών διδασκαλίας των Μαθηματικών έναντι των Φυσικών Επιστημών και στη διαπίστωση ότι στο δημοτικό σχολείο δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στη διδασκαλία των γλωσσικών μαθημάτων και των Μαθηματικών συγκριτικά με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αντίθετα, όταν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες τείνουν πιο συχνά να αναζητούν πρόσθετο υλικό για να προκαλέσουν την περιέργεια των μαθητών τους σε σχέση με όταν διδάσκουν Μαθηματικά. Η τάση αυτή των εκπαιδευτικών μπορεί να αποδοθεί στο ότι στις Φυσικές επιστήμες είναι πιο εύκολο να βρεθεί υλικό που να προκαλεί την περιέργεια των μαθητών (π.χ. ένα πείραμα με αποτέλεσμα διαφορετικό από τις πιθανές προβλέψεις των μαθητών) παρά στα Μαθηματικά.

Σχετικά με το που οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών προέκυψε, σύμφωνα με τις δηλώσεις τους, ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί θεωρούν ως πηγές στις οποίες συχνά καταφεύγουν για αναζήτηση εκπαιδευτικού υλικού το αρχείο τους, γνωστές ιστοσελίδες ή blogs εκπαιδευτικών και τις μηχανές αναζήτησης στο διαδίκτυο. Αντίθετα, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν θεώρησαν ως πηγές στις οποίες συχνά καταφεύγουν για αναζήτηση εκπαιδευτικού υλικού τους άλλους (συναδέλφους) εκπαιδευτικούς, το σχολικό τους σύμβουλο, ένα φίλο τους με σπουδές στη διδακτική των Μαθηματικών ή των Φυσικών Επιστημών, τα πρακτικά συνεδρίων, τα επιστημονικά περιοδικά και τα αποθετήρια οργανισμών. Τα ευρήματα αυτά συνάδουν με τα αποτελέσματα ερευνών σύμφωνα με τα οποία οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν το διαδίκτυο κατά κύριο λόγο για να βρουν πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία των Μαθηματικών (Davis et al., 2013; Recker et al., 2004; Webel et al., 2015). Η τάση αυτή των εκπαιδευτικών είναι δυνατόν να αποδοθεί στον εμπλουτισμό του εκπαιδευτικού υλικού που υπάρχει στο διαδίκτυο αλλά και στην αύξηση των δυνατοτήτων ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια για πρόσβαση στο διαδίκτυο τόσο από τα σχολεία (Parsad & Jones, 2005) όσο από τις οικίες (Hoggigan, 2012). Επιπρόσθετα, προέκυψε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) στις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το πόσο συχνά αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό στο αρχείο τους, σε άλλους εκπαιδευτικούς, στον σχολικό σύμβουλο και σε μηχανές αναζήτησης στο διαδίκτυο. Όταν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν Μαθηματικά τείνουν πιο συχνά να αναζητούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό στο αρχείο τους και σε άλλους εκπαιδευτικούς σε σχέση με όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες. Είναι πιθανόν οι εκπαιδευτικοί για τα Μαθηματικά να έχουν διαμορφώσει ένα αρχείο με πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό πιο πλήρες συγκριτικά με το αντίστοιχο αρχείο που έχουν για τις Φυσικές Επιστήμες και για αυτό το λόγο καταφεύγουν σε αυτό όταν διδάσκουν. Αντίθετα, όταν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες τείνουν πιο συχνά να αναζητούν νέο

(πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό στο διαδίκτυο μέσω μηχανών αναζήτησης σε σχέση με όταν διδάσκουν Μαθηματικά. Στο βαθμό που το αρχείο των εκπαιδευτικών δεν έχει επαρκές πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό για τις Φυσικές επιστήμες επέλεγον να το αναζητούν στο διαδίκτυο.

Αναφορικά με τους λόγους για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί δεν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών προέκυψε, σύμφωνα με τις δηλώσεις τους, οι απόψεις του σχολικού συμβούλου και οι απόψεις των συναδέλφων τους εκπαιδευτικών δεν αποτελούν σημαντικούς λόγους για τους οποίους δεν εξετάζουν τη χρήση νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Αναφορικά με τους υπόλοιπους λόγους προέκυψε ότι οι απόψεις ότι τα σχολικά διδακτικά πακέτα που παρέχονται καλύπτουν τις ανάγκες των μαθητών ή συνάδουν με το διδακτικό στυλ του εκπαιδευτικού ή δεν υπάρχει χρόνος για αλλαγές γιατί πρέπει να διδαχθεί όλη η ύλη αποτελούν κυρίως δευτερεύουσας σημασίας λόγους για τους οποίους δεν εξετάζουν τη χρήση νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού. Επίσης, προέκυψε ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απόψεις τους αναφορικά με τους λόγους για τους οποίους οι εκπαιδευτικοί δεν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό, με βάση το μάθημα που διδάσκουν (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες). Το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου στο βαθμό που διδάσκουν όλα τα μαθήματα και δεν είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένοι σε κάποιο μάθημα χρησιμοποιούν έχουν παρόμοιες απόψεις αναφορικά με τους λόγους για τους οποίους δεν χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό όταν διδάσκουν Μαθηματικά και όταν διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες.

Σχετικά με τις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το αν επηρεάζουν συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών τις γνώσεις, τις πεποιθήσεις, τις διδακτικές πρακτικές τους και τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών, προέκυψε ότι συχνά οι ενέργειες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των γνώσεων τους (της γνώσης περιεχομένου, της γνώσης για τα χαρακτηριστικά των μαθητών και των αντιλήψεών τους, της γνώσης για τα Προγράμματα Σπουδών και της γνώσης για την επιλογή αποτελεσματικών μεθόδων διδασκαλίας) και τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (γνώσεων, ικανοτήτων και στάσεων) των μαθητών τους. Επίσης, προέκυψε ότι οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επηρεάζουν λιγότερο την αλλαγή των πεποιθήσεών τους ως προς τη διδασκαλία του γνωστικού αντικειμένου και ορισμένες διδακτικές πρακτικές τους, όπως είναι η ελάττωση των μαθησιακών απαιτήσεων των δραστηριοτήτων και η προσαρμογή της διδασκαλίας με βάση τις οδηγίες του εκπαιδευτικού υλικού και όχι με βάση τις τρέχουσες πεποιθήσεις και πρακτικές του εκπαιδευτικού. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών που καταδεικνύουν ότι η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς και το εκπαιδευτικό υλικό επιφέρει αλλαγές στις γνώσεις τους και τις διδακτικές πρακτικές που ακολουθούν (Brown, 2009; Drake & Sherin, 2006; Remillard, 1999; Sherin & Drake, 2009). Ενδεικτικά, οι Beyer και Davis (2012) βρήκαν ότι οι εκπαιδευτικοί ανέπτυξαν την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου και την ικανότητά τους

στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό μέσω της εμπλοκής τους με διαδικασίες διαχείρισης εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών. Επιπρόσθετα, οι Dias, Eick, και Brantley-Dias (2011) διαπίστωσαν ότι η χρήση νέου εκπαιδευτικού υλικού από έναν εκπαιδευτικό επέφερε αλλαγές στις πεποιθήσεις του και στη γνώση του αναφορικά με τη διερευνητική διδασκαλία και τη χρήση μαθητοκεντρικών διδακτικών προσεγγίσεων. Έχει επισημανθεί ότι σε αυτή την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς και το εκπαιδευτικό υλικό, οι εκπαιδευτικοί ερμηνεύουν και τροποποιούν το εκπαιδευτικό υλικό υπό το πρίσμα των προσωπικών τους χαρακτηριστικών και των αναγκών τους, ενώ ταυτόχρονα οι εμπειρίες τους με το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν συμβάλλουν στην εξέταση νέων ιδεών για το περιεχόμενο του εκπαιδευτικού υλικού και για το πώς θα το διδάξουν. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις εμπλέκουν τους ίδιους σε μια μαθησιακή διαδικασία και προάγουν τη μάθηση των μαθητών τους (Davis et al., 2016).

Επιπρόσθετα, προέκυψε ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις με βάση το μάθημα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) στις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με το πόσο συχνά οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επηρεάζουν τη γνώση τους για τα Προγράμματα Σπουδών, τις πεποιθήσεις τους απέναντι στη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου, και τις διδακτικές πρακτικές τους. Όταν οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες τείνουν πιο συχνά να θεωρούν ότι οι ενέργειες στις οποίες προβαίνουν κατά τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού επηρεάζουν τη γνώση τους για τα Προγράμματα Σπουδών, τις πεποιθήσεις τους απέναντι στη διδασκαλία και τις πρακτικές τους (ελάττωση των μαθησιακών απαιτήσεων των δραστηριοτήτων και προσαρμογή της διδασκαλίας με βάση τις οδηγίες του εκπαιδευτικού υλικού) σε σχέση με όταν διδάσκουν Μαθηματικά.

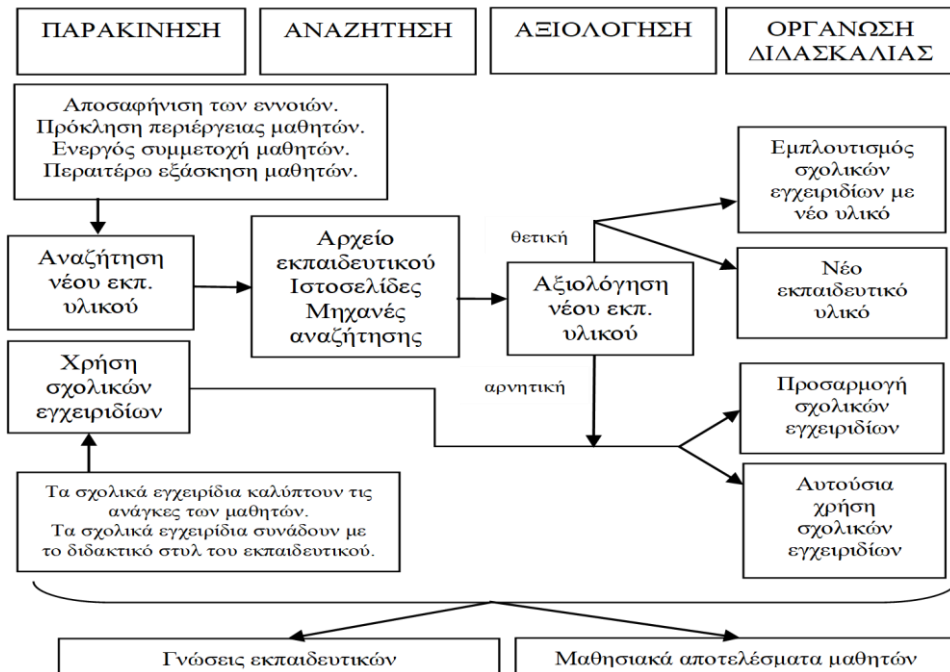
Ανακεφαλαιώνοντας, στο Σχήμα 3 αποτυπώνονται, σύμφωνα με τις απόψεις των εκπαιδευτικών, οι αποφάσεις τους για το εκπαιδευτικό υλικό, όπως προέκυψαν από την παρούσα εργασία. Η παρουσίαση των απόψεων των εκπαιδευτικών οργανώνεται σε τέσσερις φάσεις (παρακίνηση, αναζήτηση, αξιολόγηση και οργάνωση της διδασκαλίας).

Η φάση της παρακίνησης σχετίζεται με τους λόγους που ωθούν τους εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν αποκλειστικά το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται ή να προβούν σε αναζήτηση νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού. Αν οι εκπαιδευτικοί θεωρήσουν ότι το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται καλύπτει τις ανάγκες των μαθητών τους ή συνάδει με το διδακτικό τους στυλ τότε αρκούνται στη χρήση του προκειμένου να οργανώσουν τη διδασκαλία τους. Σε αυτή την περίπτωση οι εκπαιδευτικοί οργανώνουν τη διδασκαλία τους κυρίως με βάση το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται κάνοντας προσαρμογές σε αυτό ή δευτερευόντως το χρησιμοποιούν αυτούσιο. Αν όμως οι εκπαιδευτικοί θεωρήσουν ότι το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται δεν αρκεί για να αποσαφηνίσουν επαρκώς τις έννοιες στους μαθητές τους, να προκαλέσουν την περιέργειά τους, να τους εμπλέξουν ενεργά στη διδακτική διαδικασία ή να παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές για περαιτέρω εξάσκηση, τότε αποφασίζουν να αναζητήσουν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό.

Η φάση της αναζήτησης σχετίζεται με τις πηγές στις οποίες καταφεύγουν οι εκπαιδευτικοί προκειμένου να βρουν νέο εκπαιδευτικό υλικό. Οι πηγές αυτές είναι κυρίως

το αρχείο του εκπαιδευτικού, γνωστές ιστοσελίδες που περιέχουν εκπαιδευτικό υλικό ή οι μηχανές αναζήτησης στο διαδίκτυο. Μέσω αυτών των πηγών οι εκπαιδευτικοί εντοπίζουν και συλλέγουν το εκπαιδευτικό υλικό.

**Σχήμα 3:** Οι αποφάσεις των εκπαιδευτικών του δημοτικού σχολείου για το εκπαιδευτικό υλικό Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.



Η φάση της αξιολόγησης σχετίζεται με τη διαδικασία κρίσης του νέου εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτικούς. Το αποτέλεσμα αυτής της κρίσης είναι καθοριστικό για την οργάνωση της διδασκαλίας τους. Η κρίση μπορεί να είναι θετική ή αρνητική.

Η φάση της οργάνωσης της διδασκαλίας σχετίζεται με τις αποφάσεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού τόσο αυτού που τους παρέχεται όσο και αυτού του νέου εκπαιδευτικού υλικού για το οποίο έχουν αποφανθεί θετικά. Στην περίπτωση που η αξιολόγηση του νέου εκπαιδευτικού υλικού είναι θετική, οι εκπαιδευτικοί κυρίως οργανώνουν τη διδασκαλία με βάση το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται εμπλουτίζοντάς το με το νέο εκπαιδευτικό υλικό ή δευτερευόντως δεν χρησιμοποιούν το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται και οργανώνουν τη διδασκαλία με βάση του νέο εκπαιδευτικό υλικό. Στην περίπτωση που η αξιολόγηση του νέου

εκπαιδευτικού υλικού είναι αρνητική, οι εκπαιδευτικοί οργανώνουν τη διδασκαλία τους κυρίως με βάση το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται κάνοντας προσαρμογές σε αυτό ή δευτερευόντως το χρησιμοποιούν αυτούσιο.

Τέλος, οι παραπάνω ενέργειες των εκπαιδευτικών αναφορικά με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού (του παρεχόμενου και του νέου) έχουν επιπτώσεις τόσο στις γνώσεις των εκπαιδευτικών όσο και στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών τους. Συνήθως, οι ενέργειες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της γνώσης περιεχομένου, της γνώσης για τα χαρακτηριστικά των μαθητών και των αντιλήψεών τους, της γνώσης για τα Προγράμματα Σπουδών και της γνώσης για την επιλογή αποτελεσματικών μεθόδων διδασκαλίας. Επιπρόσθετα, οι ενέργειες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των γνώσεων, των ικανοτήτων και των στάσεων των μαθητών.

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν ορισμένοι εκπαιδευτικοί δημοτικών σχολείων 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, θα επέτρεπαν τη διερεύνηση, σε μεγαλύτερο βάθος, των απόψεων των εκπαιδευτικών σε ζητήματα που σχετίζονται με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η παρούσα εργασία συνεισφέρει στην έρευνα που αφορά στη χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών από τους εκπαιδευτικούς, καθώς φωτίζει με τα ευρήματά της πτυχές αυτού του ζητήματος που δεν είχαν ερευνηθεί, ιδιαίτερα σε ότι αφορά αφενός τη χρήση του νέου (πρόσθετου) εκπαιδευτικού υλικού και αφετέρου τη σύγκριση των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού ανάμεσα στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Η έρευνα που είχε πραγματοποιηθεί ήταν επικεντρωμένη κυρίως στη χρήση του παρεχόμενου εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτικούς αφήνοντας ανεξερευνήτες άλλες σημαντικές πτυχές των αποφάσεων των εκπαιδευτικών. Η παρούσα εργασία κατέδειξε ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης χρησιμοποιούν νέο (πρόσθετο) εκπαιδευτικό υλικό, πέραν από αυτό που τους παρέχεται, για συγκεκριμένους λόγους και το αναζητούν σε ορισμένες πηγές. Επιπρόσθετα, η έρευνα που είχε πραγματοποιηθεί για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού ήταν εστιασμένη σε ένα συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού σε δύο γνωστικά αντικείμενα (Μαθηματικά, Φυσικές Επιστήμες) και αναδείχθηκαν ομοιότητες και διαφοροποιήσεις.

Ωστόσο, η παρούσα εργασία εστιάστηκε στη διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Είναι αναγκαίο να μελετηθούν και οι απόψεις των εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών και να συγκριθούν με τις αντίστοιχες απόψεις των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Επίσης, η εργασία αυτή επικεντρώθηκε αποκλειστικά στη μελέτη των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Κρίνεται αναγκαία η μελέτη της χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού στο πλαίσιο της σχολικής τάξης

και η σύγκριση των διδακτικών ενεργειών των εκπαιδευτικών με τις απόψεις τους. Επιπρόσθετα, είναι απαραίτητο να διερευνηθούν πώς οι αλληλεπιδράσεις των εκπαιδευτικών με τους μαθητές, τους συναδέλφους τους εκπαιδευτικούς, τους συντονιστές του εκπαιδευτικού έργου και τους διευθυντές επηρεάζουν τις αποφάσεις τους για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού και πώς αυτές συμβάλλουν στην αλλαγή των γνώσεων, των στόχων και των διδακτικών πρακτικών τους. Η μελέτη αυτών και άλλων προτάσεων στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών θα συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας μάθησης και των πρακτικών των εκπαιδευτικών (αναφορικά με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού) και θα συνεισφέρει στην αποτελεσματικότερη υποστήριξη αφενός των εκπαιδευτικών αναφορικά με τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού και αφετέρου όσων ασχολούνται με τη διαμόρφωση Προγραμμάτων Σπουδών και την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Αγναντή, Β. & Σκουμπουρδή, Χ. (2018 ΥΕ). Διερευνώντας τις απόψεις των εκπαιδευτικών ειδικής αγωγής για τον ρόλο του υλικού στη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. *35<sup>ο</sup> Συνέδριο Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας*, Αθήνα.
- Aguirre, J. & Speer, N. (2000). Examining the Relationship between Beliefs and Goals in Teacher Practice. *Journal of Mathematical Behavior*, 18(3), 327-356.
- Arias, A. M., Davis, E. A., Marino, J. C., Kademian, S. M., & Palincsar, A. S. (2016). Teachers' use of educative curriculum materials to engage students in science practices. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1504-1526.
- Arzi, H., & White, R. (2008). Change in teachers' knowledge of subject matter: A 17-year longitudinal study. *Science Education*, 92(2), 221-251.
- Barone, M., & Taylor, L. (1996). Peer tutoring with mathematics manipulatives: A practical guide. *Teaching Children Mathematics*, 3(1), 8-15.
- Baroody, A. J. (1989). Manipulatives Don't Come with Guarantees. *Arithmetic Teacher*, 37(2), 4-5.
- Beyer, C., & Davis, E. A. (2012). Developing preservice elementary teachers' pedagogical design capacity for reform-based curriculum design. *Curriculum Inquiry*, 42(3), 386-413.
- Biggers, M., Forbes, C. T., & Zangori, L. (2013). Elementary teachers' curriculum design and pedagogical reasoning for supporting students' comparison and evaluation of evidence-based explanations. *The Elementary School Journal*, 114(1), 48-72.
- Blake, R. W. (2002). *An enactment of science: A dynamic balance among curriculum, context, and teacher beliefs*. New York: Peter Lang.
- Brown, M. (2009). The teacher-tool relationship: Theorizing the design and use of curriculum materials. In J. T. Remillard, B. Herbel-Eisenman, & G. Lloyd (Eds.), *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction* (pp. 17-36). New York, NY: Routledge.

- Γκούμας, Ε. (2017). Διδασκαλία βασικών μαθηματικών εννοιών με τη χρήση χειραπτικού και ψηφιακού υλικού σε μαθητές Δημοτικού Σχολείου 6-9 ετών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά, που φοιτούν σε Τμήματα Ένταξης. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Ανακτήθηκε από <http://thesis.ekt.gr/thesis-BookReader/id/41680#page/1/mode/2up>.
- Cass, M., Cates, D., Smith, M., & Jackson, C. (2003). Effects of manipulative instruction on solving area and perimeter problems by students with learning disabilities, *Learning Disabilities Research & Practice*, 18(2), 112-120.
- Casey, A. (2016). Going beyond the provided curriculum: Teacher's investigations of outside mathematics materials. Dissertation. Ανακτήθηκε από <https://escholarship.org/uc/item/6h962882>.
- Coenders, F., Terlouw, C., Dijkstra, S., & Pieters, J. (2010). The effects of the design and development of a chemistry curriculum reform on teachers' professional growth: A case study. *Journal of Science Teacher Education*, 21(5), 535-557.
- Davis, J., Choppin, J., McDuffie, A.R., & Drake, C (2013). *Common core state standards for mathematics: Middle school mathematics teachers' perceptions*. Rochester, NY: The Warner Center for Professional Development and Education Reform: University of Rochester.
- Davis, E., Janssen, F., & Van Driel, J. (2016). Teachers and science curriculum materials: where we are and where we need to go. *Studies in Science Education*, 52(2), 127-160.
- Desli, D., & Dimitriou, A. (2014). Teaching mathematics and science in early childhood: prospective kindergarten and primary school teachers' beliefs. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 8(2), 25-48.
- Dias, M., Eick, C., & Brantley-Dias, L. (2011). Practicing what we teach: A self-study in implementing an inquiry-based curriculum in a middle grades classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 22(1), 53-78.
- Domino, J. (2010). The effects of physical manipulatives on achievement in mathematics in grades K-6: A meta-analysis (Doctoral dissertation).
- Drake, C., & Sherin, M. G. (2006). Practicing change: Curriculum adaptation and teacher narrative in the context of mathematics education reform. *Curriculum Inquiry*, 36(2), 153-187.
- Drake, C., & Sherin, M. G. (2009). Developing curriculum vision and trust: Changes in teachers' curriculum strategies. In J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann, & G. M. Lloyd, *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction* (pp. 321-337). New York, NY: Routledge, Taylor and Francis.
- Duffee, L., & Aikenhead, G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76(5), 493-506.
- Duit, R. (1996). The Constructivist View in Science Education. What It Has To Offer And What Should Not Be Expected From It. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 1(1), 40-75.



- Forbes, C. (2013). Curriculum-dependent and curriculum-independent factors in preservice elementary teachers' adaptation of science curriculum materials for inquiry-based science. *Journal of Science Teacher Education*, 24(1), 179–197.
- Forbes, C., & Davis, E. A. (2010). Curriculum design for inquiry: Preservice elementary teachers' mobilization and adaptation of science curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 820–839.
- Forbes, C.T., & Davis, E.A. (2007). Beginning elementary teachers' learning through the use of science curriculum materials: A longitudinal study. Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, New Orleans, LA.
- Gess-Newsome, J. (1999). Secondary teachers' knowledge and beliefs about subject matter and their impact on instruction. In J. Gess-Newsome, & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 51–94). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Golafshani, N. (2013). Teachers' beliefs and teaching mathematics with manipulatives précis. *Canadian Journal of Education*, 36(3), 137 - 158.
- Hashweh, M. (1996). Effects of Science Teachers' Epistemological Beliefs in Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63.
- Hill, H., & Charalambous, C. (2012). Teacher knowledge, curriculum materials, and quality of instruction: Lessons learned and open issues. *Journal of Curriculum Studies*, 44(4), 559–576.
- Horrigan, J. B. (2012). Recent Tech Adoption Trends and Implications for the Digital Divide (SSRN Scholarly Paper No. ID 2031755). Rochester, NY: Social Science Research Network. Ανακτήθηκε από <http://papers.ssrn.com/abstract=2031755>.
- Howard, P., Perry, B. & Tracey, D. (1997). Mathematics and manipulatives: Comparing primary and secondary teachers' views s. Paper presented at *the annual conference of Australian Association for Research in Education*, Brisbane, December.
- Isaacson, L. (2004). *Teachers' perceptions of constructivism as an organizational change model: A case study*. Doctoral Dissertation. University of South Florida.
- Jacobs, R. V., & Kusiak, J. (2006). Got tools? Exploring children's use of mathematics tools during problem solving. *Teaching Children Mathematics*, 12(9), 470-477.
- Janssen, F. J. J. M., Westbroek, H. B., & Doyle, W. (2015). Practicality studies: How to move from what works in principle to what works in practice. *Journal of the Learning Sciences*, 24(1), 176–186.
- Καλαφατά, Μ., Σκουμπορδή, Χ. & Χρυσανθή, Π.-Τ. (2016). Απόψεις υποψήφιων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για το υλικό στη διδασκαλία των μαθηματικών. Στο Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπορδή (Επιμ.) *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;* (σελ. 391-400), Ρόδος.
- Καρακατσάνη, Φ. (2017). Οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

- 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.
- Kilpatrick, J. Swafford, J. & Findell, B. (2001). *Adding it up: helping children learn mathematics* (pp. 87-102). Washington DC: National Academy Press.
- Κόζα, Μ. & Σκουμπουρδή, Χ. (2012). Διδακτικές και μεθοδολογικές προσεγγίσεις για τα μαθηματικά των τυφλών παιδιών. *29ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας (ΕΜΕ): Μαθηματικά: Θεωρία – Πράξη και Προεκτάσεις* (σελ. 343-352), Καλαμάτα.
- Κόζα, Μ. & Σκουμπουρδή, Χ. (2018). Σύγκριση και μέτρηση επιφανειών από τυφλή μαθήτρια: Ο ρόλος της απτικής αντίληψης. *Παιδαγωγικά Ρεύματα στο Αιγαίο*, 11, 57-66.
- Kanter, D. & Konstantopoulos, S. (2010). The impact of a project-based science curriculum on minority student achievement, attitudes, and careers: The effects of teacher content and pedagogical content knowledge and inquiry-based practices. *Science Education*, 94(5), 855–887.
- Levitt, K. (2001). An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of science. *Science Education*, 82(1), 197-214.
- Liggett, R. S. (2017). The Impact of Use of Manipulatives on the Math Scores of Grade 2 Students. *Brock Education Journal*, 26(2), 87–101.
- Luna, M. (2007). Science teachers' beliefs about the role of curriculum materials in teaching and learning. Ανακτήθηκε από [http://www.project2061.org/publications/2061Connections/2007/media/KSIdocs/luna\\_paper.pdf](http://www.project2061.org/publications/2061Connections/2007/media/KSIdocs/luna_paper.pdf)
- McNeill, K. & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53–78.
- Marshall, L., & Swan, P. (2008). Exploring the use of mathematics manipulative materials: Is it what we think it is? In J. Cross & L. McCormack (Eds.) *Proceeding of EDUCOM 2008 International Conference* (pp. 338–348).
- Mellado, V. (1998). The Classroom Practice of Pre-Service Teachers and Their Conceptions of Teaching and Learning Science. *Science Education*, 82(2), 197-214.
- Meira, L. (1998). Making sense of instructional devices: The emergence of transparency in mathematical activity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(2): 121-142.
- Moyer, P. (2001). Are we having fun yet? How teachers use manipulatives to teach mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 47(2), 175-197.
- Moyer, P., & Jones, G. (2004). Controlling choice: Teachers, pupils and manipulatives in mathematics classrooms. *School, Science and Mathematics*, 104(1), 16-31.
- Neesam, C. (2005). Case Study 1: An evidence-based practice review report theme: School based interventions for learning how effective is precision teaching in improving the word reading skills of school aged students in the United Kingdom and Ireland? Doctoral dissertation.

- Nicol, C. & Crespo, S. (2005). Exploring mathematics in imaginative places: rethinking what counts as meaningful contexts for learning mathematics. *School Science and Mathematics*, 105(5), 240-251.
- Nunes, T. (2004). *Teaching mathematics to deaf children*. London: Wiley Publishers.
- OECD (2017). *Education at a Glance 2017: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris.
- Ozkal, K. (2007). *Scientific epistemological beliefs, perceptions of constructivist learning environment and attitude towards science as determinants of students approaches to learning*, Unpublished Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Parsad, B., & Jones, J. (2005). *Internet Access in U.S. Public Schools and Classrooms: 1994-2003* (NCES 2005-015). Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- Pimm, D. (1995). *Symbols and meanings in school mathematics* (pp. 76-88), (pp. 12-31 & 60-87). London and New York: Routledge.
- Pintrich, P., Marx, R. & Boyle, R. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factor in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 176-199.
- Puchner, L., Taylor, A., O'donnell, B., & Fick, K. (2008). Teacher learning and mathematics manipulatives: A collective study about teacher use of manipulatives in elementary and middle school mathematics lessons. *School Science and Mathematics*, 108(7), 315-325.
- Recker, M. M., Dorward, J., & Nelson, L. M. (2004). Discovery and use of online learning resources: Case study findings. *Journal of Educational Technology & Society*, 7(2), 93-104.
- Remillard, J. T. (1999). Curriculum materials in mathematics education reform: A framework for examining teachers' curriculum development. *Curriculum Inquiry*, 29(3), 315-342.
- Remillard, J. T. (2000). Can curriculum materials support teachers' learning? Two fourth-grade teachers' use of a new mathematics text. *The Elementary School Journal*, 100(4), 331-350.
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211-246. <https://doi.org/10.3102/00346543075002211>
- Roehrig, G., Kruse, R., & Kern, A. (2007). Teacher and school characteristics and their influence on curriculum implementation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 883-907.
- Savasci, F. (2006). *Science teacher beliefs and classroom practices related to constructivist teaching and learning*, Doctoral Dissertation, Ohio State University.
- Schmidt, W. H., & Houang, R. T. (2014). US mathematics textbooks in the Common Core era: A first look. In *Conference on Mathematics Textbook Research and Development* (ICMT-2014) (p. 59).

- Schneider, R. (2013). Opportunities for teacher learning during enactment of inquiry science curriculum materials: Exploring the potential for teacher educative materials. *Journal of Science Teacher Education*, 24(2), 323–346.
- Schneider, R. & Krajcik, J. (2002). Supporting science teacher learning: The role of educative curriculum materials. *Journal of Science Teacher Education*, 13(3), 221–245.
- Σδρόλιας, Κ. (2005). «Θέλω να δείχνω και όχι να λέω»: Η συμβολή του χειραπτικού υλικού σε παιδιά με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες στη σχολική τάξη των μαθηματικών του δημοτικού σχολείου. Στο Χ. Κυνηγός (επιμ.), *1ο Συνέδριο της Ένωσης Ερευνητών Διδακτικής Μαθηματικών: Η διδακτική μαθηματικών ως πεδίο έρευνας στην κοινωνία της γνώσης* (σελ. 352-361), Αθήνα.
- Sherin, M. G. & Drake, C. (2009). Curriculum strategy framework: Investigating patterns in teachers' use of a reform-based elementary mathematics curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, 41(4), 467–500.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. Εκδόσεις Πατάκης, Αθήνα.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2008α). Η χρήση του αριθμητηρίου στα μαθηματικά του νηπιαγωγείου. *Έρευνα στη Διδακτική των Μαθηματικών*, 2, 29-50. Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2008β). Η αριθμογραμμή στη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών. *25<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας (ΕΜΕ): Η Μαθηματική Εκπαίδευση και η σύνθετη πραγματικότητα του 21<sup>ου</sup> αιώνα* (σελ. 303-312), Βόλος.
- Szendrei, J. (1996). Concrete materials in the classroom. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & C. Laborde (eds.), *International handbook of mathematics education* (pp. 411-434). Netherlands: Kluwer, Academic Publishers.
- Sleep, L. & Eskelson, S. (2012). MKT and curriculum materials are only part of the story: Insights from a lesson on fractions. *Journal of Curriculum Studies*, 44(4), 537–558.
- Son, J.-W. & Kim, O.-K. (2015). Teachers' selection and enactment of mathematical problems from textbooks. *Mathematics Education Research Journal*, 27(4), 491–518. <https://doi.org/10.1007/s13394-015-0148-9>
- Σταθοπούλου, Χ., Σκουμπουρδή, Χ., & Καφούση, Σ. (2009). Η διδασκαλία των μαθηματικών σε πολυγλωσσικές τάξεις: ανατρέποντας τις κοινωνικές ανισότητες. Στο Χ. Γκόβαρης (Επιμ.) *Κείμενα για τη διδασκαλία και τη μάθηση στο πολυπολιτισμικό σχολείο* (σελ. 131-148). Εκδόσεις Ατραπός, Αθήνα.
- Stein, M. K., Remillard, J., & Smith, M. (2007). How curriculum influences student learning. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 319–369). Greenwich, CT: Information Age.
- Swan, P., & Marshall, L. (2010). Revisiting Mathematics Manipulative Materials, *APMC*, 15(2), 13–19.
- Tobin, K., Tippins, D., & Gallard, A. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In Dorothy Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (p. 45-93). New York: Macmillan.
- Tran, T. M. O. A. (2015). Teachers' Beliefs and How Those Beliefs Affect Manipulative Use in the Classroom (Master Degree, University of Toronto).

- Vinson, B. McC. (2001). A comparison of preservice teacher's mathematics anxiety before and after a methods class emphasizing manipulatives. *Early Childhood Education Journal*, 29(2), 89-94.
- Webel, C., Krupa, E. E., & McManus, J. (2015). Teachers' evaluations and use of web-based curriculum resources in relation to the Common Core State Standards for mathematics. *Middle Grades Research Journal*, 10(2), 49.
- Weiss, I. R. (1997). The status of science and mathematics teaching in the United States: Comparing teacher views and classroom practice to national standards. *National Institute for Science Education*, 1(3), 83-122.
- Wyner, Y. (2013). The impact of a novel curriculum on secondary biology teachers' dispositions toward using authentic data and media in their human impact and ecology lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 24(5), 833-857.
- Χατζηνικολάου, Π. (2018). Απόψεις, στάσεις και μέθοδοι διδασκαλίας των εκπαιδευτικών σχετικά με το χειροπιαστό υλικό στα Μαθηματικά. *Διπλωματική εργασία*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Χρυσογέλου, Μ. (2018). Απόψεις υποψήφιων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τον ρόλο του εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία των Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. *Διπλωματική εργασία*. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Zangori, L., Forbes, C., & Biggers, M. (2013). Fostering student sense making in elementary science learning environments: Elementary teachers' use of science curriculum materials to promote explanation construction. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(8), 989-1017.
- Zwack, R., Neuhoff, V., Marascuilo, L. A., & Levin, J. R. (1982). Statistical tests for correlated proportions: Some extensions. *Psychological Bulletin*, 92(1), 258-271.

---

# **ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ**

---

# Education 2.0: the potential of artificial intelligence for learning and testing.

Bill Cope and Mary Kalantzis

University of Illinois

## INTRODUCTION: GETTING PAST EDUCATION 1.0

We are on the cusp of a series of socio-technical revolutions. On one count, after the industrial revolutions of steam, electricity, and digitization, the next is Industry 4.0, a revolution in which artificial intelligence will be central.<sup>1</sup> On another count, focusing now on internet communications, after the read-only web, then the social web, this is Web 3.0, or what web founder Tim Berners-Lee calls the semantic web.<sup>2</sup> In this proposal web data is structured around ontologies and tagged and structured in such a way that supplementary meaning is added to natural language, images and other media.<sup>3</sup>

Schools have barely been touched by these changes. Even though we now find computers in classrooms, and learners accessing their knowledge and doing their work on digital devices, the social relationships of learning have remained much the same. In this paper, we're going to look at one critically important aspect of education, the test. We are going to focus on this particularly because the test the primary measure of educational outcomes, learner knowledge and progress, and teacher, school and system effectiveness. Tests also influence curriculum, the tail wagging the proverbial dog.

Students are now doing tests online—but as knowledge artifacts they have changed little, mostly the standardized, select response, right-and-wrong answer tests invented over a century ago. They are still doing essays, assignments and projects that they hand in for the teacher to mark—now perhaps with an upload into a learning management system, but the processes for the evaluation of project work have not changed. If these are marked by automated essay assessment technologies,<sup>4</sup> as is increasingly the case for high stakes supply response tests, it is to grade and rank in the same ways that human graders have done, rather than to offer meaningful feedback.

Meanwhile, students are still reading textbooks and listening to lectures—increasingly these are e-textbooks and video lectures—but they are still consumers of knowledge more than active creators of knowledge. And even as passive consumers, we don't even have a clear idea of what they are reading and viewing, and what they are making of the knowledge they are encountering. The teacher is still a cog in a content transmission and testing system, with little scope to design or modify curriculum. Meanwhile, teachers and students are also still having classroom discussions—now perhaps in web discussion boards as well as orally—but these data remain ephemeral and not part of what is assessed.

So, although we have computers in schools, the key education artifacts are a century and more old: the textbook, the lecture, and ephemeral classroom discussion. Then, when we want to know what learners have come to know, we ignore what they have done already and give them a test. The technologies have changed, and new opportunities are opened out. But as yet, we have mostly availed ourselves of them. As knowledge and learning ecologies, we haven't even made much progress beyond Education 1.0, the education of the industrial revolution.

How might things be different? How might artificial intelligence be part of the change? What might be the shape of Education 2.0?

### **ARTIFICIAL INTELLIGENCE: DEFINING A PIVOT POINT IN EDUCATION**

We want to argue in this paper that artificial intelligence will be a pivot point towards an Education 2.0. But first, we want to define what we mean by this phrase.<sup>5</sup>

Perhaps the most famous measure of machine intelligence is the Turing Test in which a computer and a person is each hidden behind a screen, and another person is asking them both questions via a teletype machine so the source of the answers is indistinguishable. If the person asking the questions cannot tell the difference between a human and a machine response to a question, then the machine may be taken to exhibit artificial intelligence.<sup>6</sup>

The response of language philosopher John Searle was to set up the Turing test in a hypothetical “Chinese room.” Behind the screen is a person who knows Chinese and a computer that can give the correct answer to the meaning of the Chinese character by using look-up tables. Just because the computer's answer is correct and in this sense is indistinguishable from the competent human, does not mean that it understands Chinese.<sup>7</sup>

Rather than these sorts of test of mimicry and deception, we want to suggest a different definition of AI. Computers are cognitive prostheses of an entirely different order from human intelligence. They are incredibly smart because they can do things that it would not be practicable or even sensible for humans to do. These things are dumb to the extent that they are limited to memory retrieval and calculation. Data are converted to number followed programmatically by algorithmic deduction. Computers can retain large amounts of trivial data and quickly do huge numbers of calculations which no human in their right mind would attempt—so in this sense only, they are smarter than humans.

In other words, it is no virtue of a computer to be smart like a human. It is the computer's virtue to be smart in a way that no human ever can be, or would ever want to be.

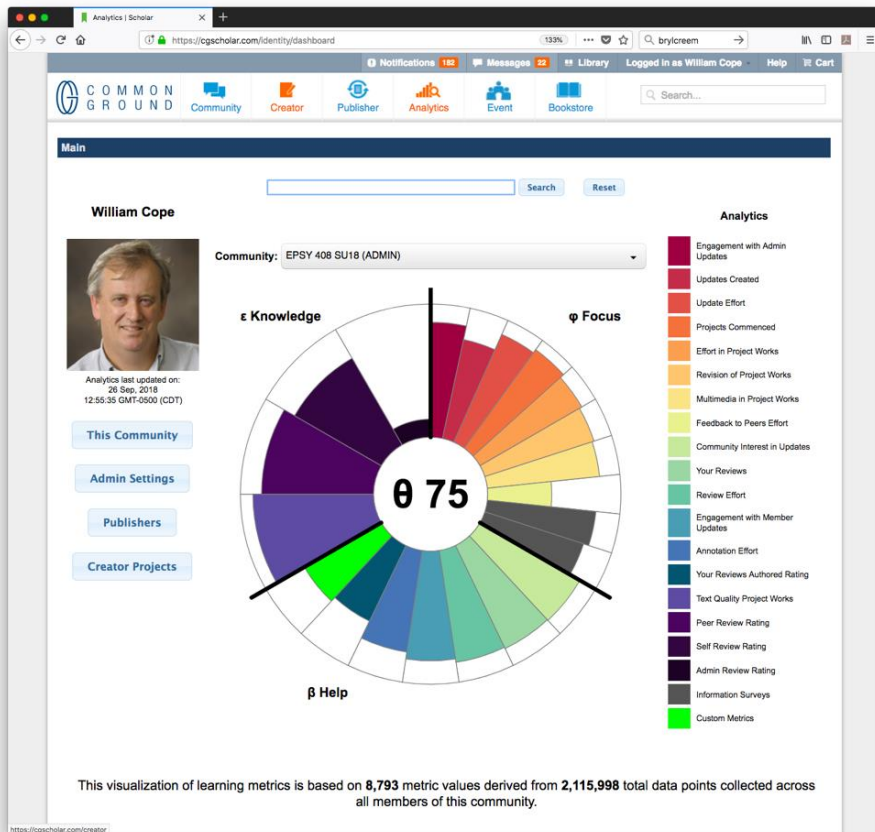
Here's a case in point. In our research and development work at the University of Illinois we have developed an analytics tool called *Scholar: VisiLearn* to track and document student performance, ‘as-you-go’ and in three areas, knowledge (intellectual quality), focus (persistence), and help (collaboration). The visualization in Figure 1 is drawn from an analysis of the work of 87 students in our University of Illinois educational technologies class. Over an 8 week course the Analytics worked its way over 2,115,998 datapoints and offered 8,793 pieces of meaningful machine feedback and machine-supported human feedback. This visualization was never more than a few hours old, and



every student had access to a visualization of their own progress towards course objectives.

Any teacher would be out of their mind to attempt any such thing. However, when the Analytics presents this information to the teacher, they gain insight into individual learners and the progress of the whole class that would have in the past been very hard to see. And for the learner, there is rich and detailed feedback that supports their learning as well as incremental progress data that tells them how well they are doing.

**Figure 1:** Scholar: VisiLearn Analytics



So computers do not in any helpful sense mimic human intelligence; at best they supplement human intelligence by doing things that humans never could or would or should do. Humans dig better with a shovel and a bulldozer (digging prostheses) than by

hand; they form an embodied partnership with their digging prostheses. So, too, computers can serve as cognitive prostheses, extensions of our thinking whose processes are little like our thinking but that we can use to supplement our thinking.

So, how might artificial intelligence defined in these terms take us in the direction of an Education 2.0? And specifically, how can it be applied to the challenge of learning what students have learned? How might it revolutionize assessment? How might it also transform curriculum and teaching?

### WHAT'S WRONG WITH TRADITIONAL TESTS—PROFOUNDLY

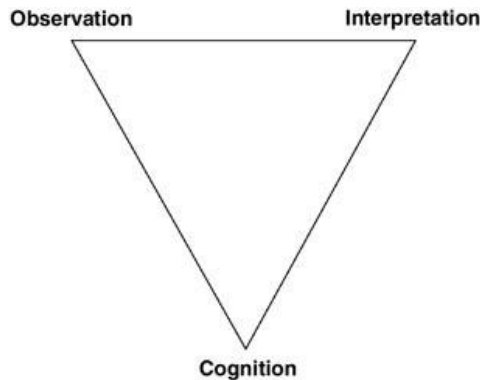
Instinctively, learners know what is wrong with tests. But generation after generation, we have resigned ourselves to their inevitability. Here are the main problems, first in summary and in contrast with AI-supported, embedded assessments, followed by a more detailed analysis:

| Traditional Tests   | AI-supported, Embedded Assessments   |
|---|--|
| 1. Measure long-term memory   | Assess higher-order thinking   |
| 2. Address a narrow cognitive range: facts and procedures           | Address complex epistemic performance  |
| 3. A peculiar test logic, unlike other places of knowledge activity | Offer a broad range of data types and data points, authentic to knowledge work |
| 4. Limited sampling   | Big Data: n=all  |
| 5. Disturbing experiences   | Embedded assessment is the learner's friend                                    |
| 6. A linear process: backward looking and judgmental by nature      | Recursive processes: prospective and constructive by nature                    |
| 7. Individualized, isolating  | Assess collaborative as well as individual intelligence                        |
| 8. Insist on inequality   | Mastery learning, where every learner can succeed                              |

1. *The measure of what we learn is long term memory.*<sup>8</sup> The traditional test checks what you can remember until the moment it is administered, and that you are free to forget the day after. This may have been appropriate to industrial-era society where information and tools of analysis were not readily at hand. But now these are readily available, in the cognitive prostheses that are ubiquitous, networked, digital devices.
2. *The cognitive range measured in traditional tests is narrow.* Remembering a fact or calculating a correct answer by correct application of a procedure are not only anachronistic cognitive skills.<sup>9</sup> They are too narrow in fact for today's world where the most valuable kinds of thinking have qualities that might be described as holistic, imaginative, emotionally sensitive, and a host of other such epistemic and productive virtues.

3. Traditional select response tests (e.g. multiple choice) in their nature throw up false positives and negatives. A false positive in such tests occurs in the case of an answer you accidentally get right, even though you don't understand the underlying principles, and a false negative when you get an answer wrong for a trivial reason. These data distortions are systematically built into select response assessments, because distractor items are designed to be nearly right.<sup>10</sup> They are trick answers, right-looking answers to tempt you to give the wrong answer, and possibly for the right reasons, or reasons that make sense in terms of fuzzy logic. Conversely, if select response assessments are a game of trickery, you can play the game to get the right answer just by learning the tricks, such as the process of elimination where you successfully guess the right answer. In other words, false positives and negatives are endemic to the design of select response assessments. As knowledge artifacts, these are strange things, unparalleled elsewhere in learning and life—and so in a fundamental sense lack what in assessment theory is called “construct validity.”
4. *Traditional tests are based on limited sampling and highly mediated inferences.* How could a few hours at the end of a course be enough to sample what a learner has learned? Then there is a leap of inference, characterized by Pellegrino et al. as the assessment triangle: observation (the test that prompts student answers)  $\langle \rangle$  interpretation (the test score)  $\langle \rangle$  cognition (an inference about thinking based on the score).<sup>11</sup> This is a large leap from such a small sample, and as if something as complex, varied and multifaceted as cognition could be reduced to a number. This applies equally to the other canonical forms of assessment, supply response assessments, or traditional essays.

**Figure 2:** Pellegrino et al. assessment triangle



5. *Existentially, tests are disturbing experiences.* Students mostly dread tests. What if there are unexpected questions, or if I have studied the wrong things? What if on the

day, I can't remember something? The dread arises not just when the stakes are high, but because they mostly are running blind, not knowing for sure what will be in the test. Then, you don't know how well you have been doing until it is too late to do anything about it. And you can't learn from the test in a measurable way because it comes at the end. Tests are mostly summative (of learning: retrospective and judgmental in their orientation), and rarely formative (for learning: prospective and constructive in their focus). They are for the managers of educational systems more than they are for learners and their teachers.<sup>12</sup>

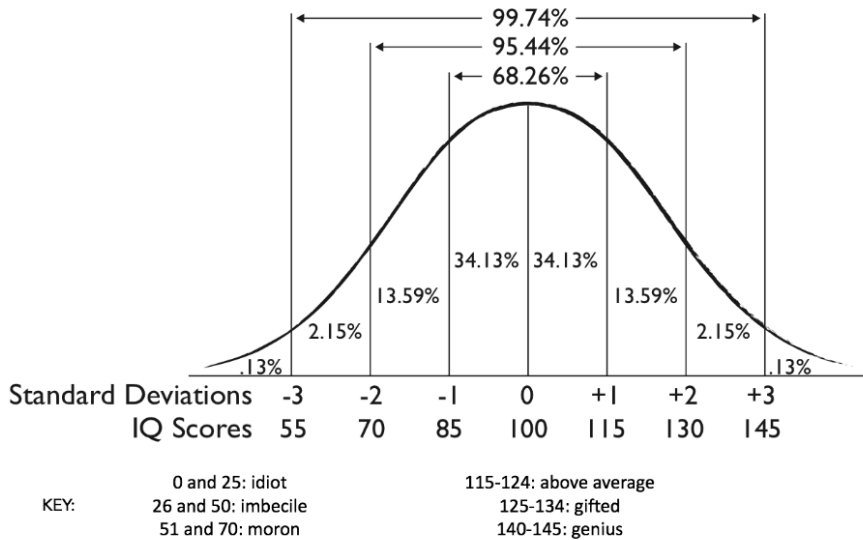
6. *Test logic is linear.* Students learn the work then do the test, and after that if they pass, they can move on in a linear way to the next step in their learning or their life. There are no feedback loops—unless you have to repeat a course, and that is hardly a positive experience.
7. *Test logic is isolating and individualized.* Tests measure the memory and procedural capacities of individual brains. The social is excluded. No looking things up! No cheating! Knowledge, however is in its nature social, in workplaces for instance, and community life where we rely on readily accessible knowledge resources and the power of collaborations. This focus in tests on an individual's thinking is unlike any other parts of knowledge and the intrinsically social environments in which knowledge is put to work.<sup>13</sup>

**Figure 3:** The classical test



8. *Tests insist on inequality.* Lastly, and perhaps the most egregious of the flaws of traditional tests, is that they insist on inequality. Children are placed into a Grade 3 literacy class because it is assumed they will all be able to learn to read and write at about that level. Then we want to insist on unequal outcomes and a defined point of measurement. Aspiring doctors have to get incredibly high scores to get into medical school. Then we insist on tests that differentiate them across a distribution curve. We insist that there must always be inequality, and in classical testing theory (e.g. item response theory<sup>14</sup>) we adjust our tests and their statistical calibrations in order to differentiate degrees of knowing. So here is a huge contradiction: to start by assuming everyone in a class is capable, then at the end to insist that only a few can be really smart, defined against the rest who are mediocre or dull. This culture of enforced inequality begins in Education 1.0 with intelligence testing, where Henry Goddard was by the 1920s able to differentiate across a statistical distribution people who were idiots, imbeciles, morons, average, above average, gifted, and genius.<sup>15</sup>

**Figure 4:** Henry Goddard scores intelligence



## HOW ARTIFICIAL INTELLIGENCE OPENS UP A NEW ASSESSMENT PARADIGM AND EDUCATION 2.0

Let's take each one of these eight characteristics of traditional tests and see how artificial intelligence can fundamentally change the assessment paradigm. This is an emerging area of educational research and development, called "learning analytics."<sup>16</sup> With our colleagues in computer science at the University of Illinois, we have been developing and trialing these technologies in education settings from Grade 4 to higher education.<sup>17</sup> Our aim has been to liberate learning from shackles of traditional testing and to end the distinction between instruction and assessment—where no worthwhile instruction occurs without embedded feedback processes, and where there is no assessment that is not meaningful to learning. We have already created experimental versions of all the things we mention below.

1. *The measure of learning is higher order thinking.* This is an era in which we have wondrous cognitive prostheses. In our purses and in our pockets we have a massive encyclopedia elaborating on every significant fact, a map of the world with its every street, a calculator, and a myriad of other look-up and calculation apps. Instead of factual memory and correct application of procedures—we have ubiquitous computing machines to do that for us now—what we should be measuring is how well we use these memory-supporting and analysis-enhancing technologies. Today, the capacities we should be measuring are knowledge navigation

and critical discernment that what distinguishes the true from the “fake” in available knowledge resources. The answers that are often matters of careful judgment and well informed perspective, and not simply, unequivocally “correct.” Some AI-supported assessment processes:

- a. Rubric-based peer-, self-, teacher- assessment of knowledge syntheses and objects (for instance projects, reports, designs), where the computer manages a complex peer-to-peer social interactions.<sup>18</sup>
  - b. Machine feedback on the quality of feedback, comparing rubric criterion to response, and training data where previous reviewees have rated review quality.
2. *The cognitive range that we want to measuring today is broad and deep: complex epistemic performance.* We might want to measure critical, creative and design thinking.<sup>19</sup> We might want to measure the complex epistemic performance that underlies disciplinary practice: computational, scientific, clinical, or historical and other knowledge tradition or methodology. Or we might want to assess deep epistemological repertoires: thinking that is evidentiary/empirical, conceptual/theoretical, analytical/critical, and applied/creative.<sup>20</sup> Some AI-supported assessment processes:
- a. Crowdsourcing of criterion-referenced peer assessment of that pushes learners in the direction of disciplinary reflection and metacognition.<sup>21</sup>
  - b. Coded annotations, supported by machine learning where users train the system to recognize higher order thinking.<sup>22</sup>
  - c. Ontology-referenced maps that prompt knowledge creators and reviewers to add a second layer of meaning to text, image and data; this is direct support to learners, as well as machine learning training data.<sup>23</sup>
3. *We need to broaden the range of data types and data points for assessment.* The dominance of select response assessments is based on the ease of their mechanization.<sup>24</sup> It has for some time been easy and cheap to mark item based tests with a computer, starting with the notorious “bubble tests.” Today, supply response tests (e.g. essays, short textual answers) can also be graded by computers easily and cheaply, but the purpose is the same, to judge students with grades. However, these two assessment technologies could be pushed in a more helpful direction for teachers and learners. Some AI-supported assessment processes:
- a. Select response assessments and quizzes that give students a second chance to answer, with an explanation.
  - b. Computer adaptive and diagnostic select response tests that recalibrate to learner knowledge and offer specific, actionable feedback on areas of strength and weakness.<sup>25</sup>
4. *Changing the focus of sampling to big data:  $n=all$ .* When students are working in computer mediated environments—reading text, watching videos, engaging in

classroom discussions, writing and offering peer reviews on projects, and reviewing the reviews, we are able to assess everything they do. Here is the paradox: assessment is now everywhere, so by comparison the limited sampling of tests becomes quite inadequate. Moreover, all assessment is formative (constructive, actionable feedback), and summative assessment is no more than a retrospective view of the learning territory that has been covered as evidenced in formative assessment data. Some AI-supported assessment processes:

- a. “Big data” analytics, where the size of the data is related to the scope of data collection and the granularity of datapoints.<sup>26</sup>
5. *Embedded assessment is the learner’s friend.* Machine, peer and teacher formative assessments come at a time when they can be helpful to learners. Progress data can tell students what they have achieved in a course or unit of work, and what they still need to do to meet curriculum and teacher objectives. Some AI-supported assessment processes:
- a. Developing a culture of mutual help with peer and machine offering feedback at semantically legible datapoints—i.e. every assessment datapoint can make manifest sense to the student.
  - b. Overall progress visualizations: clear learning objectives, transparent progress data.
6. *Assessment logic is recursive.* This means that learning is characterized by feedback loops where a learner can act on feedback, seek further feedback, and act on it again, to the extent that is necessary for their learning. Some AI-supported assessment processes:
- a. Incremental feedback and data transparency allow a student to keep working until they meet a detailed learning objective and overall course objectives.
7. *Intelligence is collaborative.* Cheating only happens when learning is measured as isolated memory recall and correct answers using procedures. When knowledge is acknowledged to be collaborative, the collaborations can be recorded and included in the assessment process. Students learn by giving feedback as much as by receiving it. In fact giving feedback against the criteria of a rubric prompts students to think in disciplinary and metacognitive terms. These social source of feedback, moreover, are multifaceted (different kinds of datapoint), and multiperspectival (peer, teacher, self, machine). Some AI-supported assessment processes:
- a. Measuring individual contributions to collaborative work in shared digital spaces.<sup>27</sup>
  - b. Rating the helpfulness of feedback, using reputation measurement methods now ubiquitous on the web.
  - c. Machine moderation of peer ratings, recalibration for inter-rater reliability.

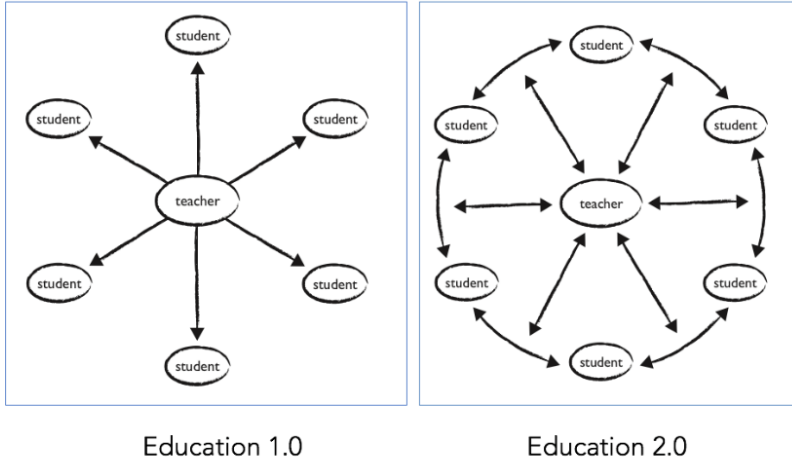


8. *Every student can succeed!* Half a century ago, Benjamin Bloom conceived the notion of mastery learning, or the notion that every student in a given class can achieve mastery, perhaps with additional time and support.<sup>28</sup> Today's computer-mediated learning environments can achieve this, albeit by mechanisms that Bloom could never have imagined. These processes are personalized to the extent that assessment is not at a fixed moment in time, but a record of progress towards mastery which may take some students longer than others. The key is data transparency for learners and teachers. For the teacher: here is a data visualization showing that a particular student needs additional support. For the learner: here is a data visualization that shows what you have done so far in your journey to achieve mastery as defined by the teacher or the curriculum, and this precisely, is what you still need to do to achieve mastery. Some AI-supported assessment processes:
- a. Data transparency for students: clear learning objectives and incremental progress visualizations showing towards those objectives.
  - b. Data transparency for teachers: class progress visualizations, showing effectiveness of instruction, just-in-time data identifying students who need additional support.

### **... And How an Artificial Intelligence Assessment Paradigm Opens up a New Pedagogical Paradigm**

Education 1.0 was focused on individual intelligence, memorization of facts, and correct application of procedures. The teacher and the textbook were at the center of a knowledge transmission process in a hub-and spoke model. In part, these characteristics were determined by the available knowledge measurement technologies: traditional tests.

**Figure 5:** From hub-and-spoke knowledge transmission to collaborative knowledge ecologies



In this paper, we have outlined the ways in which artificial intelligence might be able to assess knowledge in new ways, with embedded assessments that are always contributing in an incremental way to the learning process. Part of this involves managing a great deal of social complexity that was not possible in the communications architecture of the traditional classroom—managing the peer review process for instance, or tracking contributions to online classroom discussions. These coordinating functions are managed by artificial intelligence in our narrow definition. So is the incremental collection of large amounts of granular data, the range of data types for collection and analysis, and the presentation of these data to learners and teachers in the form of visual syntheses. The scope of this collection and analysis would not be feasible for teachers without computer support. Finally, machine learning processes can, with human training, begin make sense of these data patterns. With these tools, we might be able to say that we have arrived at a new kind of education, Education 2.0, where the emphases are on recursive feedback, higher order thinking, and collaborative intelligence.<sup>29</sup>

Testing is a big part of education, and it is not just a cliché to say that testing drives the system. If we change the tests, we might be able to change the system.

| <b>Education 1.0</b>   | <b>Education 2.0</b>   |
|--|--|
| Teacher-centered<br>Learner as knowledge consumer<br>Knowledge transmission and replication        | Learner as agent, participant<br>Learner as knowledge producer<br>Knowledge as discoverable, navigation, critical discernment  |
| Long term memory<br>Knowledge as fact, correctly executable theorem, definition<br>Cognitive focus | Devices as “cognitive prostheses”—social memory and immediate calculation<br>Knowledge as judgment, argumentation, reasoning<br>Focus on knowledge representations, “works” (ergative) |
| Individual minds<br>Long cycle feedback, retrospective and judgmental (summative assessment)       | Social, dialogical minds<br>Short cycle feedback, prospective and constructive (reflexivity, recursive feedback, formative assessment)   |

---

## Endnotes

- <sup>1</sup> Schwab, Klaus. 2017. *The Fourth Industrial Revolution*: Currency.
- <sup>2</sup> <https://www.bloomberg.com/news/articles/2007-04-09/q-and-a-with-tim-berners-lee-businessweek-business-news-stock-market-and-financial-advice>
- <sup>3</sup> Cope, Bill, Mary Kalantzis and Liam Magee. 2011. *Towards a Semantic Web: Connecting Knowledge in Academic Research*. Cambridge UK: Elsevier.
- <sup>4</sup> Burstein, Jill and Martin Chodorow. 2003. "Directions in Automated Essay Scoring." in *Handbook of Applied Linguistics*, edited by R. Kaplan. New York: Oxford University Press. Shermis, Mark D. 2014. "State-of-the-Art Automated Essay Scoring: Competition, Results, and Future Directions from a United States Demonstration." *Assessing Writing* 20:53-76. doi: 10.1016/j.asw.2013.04.001. Vojak, Colleen, Sonia Kline, Bill Cope, Sarah J. McCarthy and Mary Kalantzis. 2011. "New Spaces and Old Places: An Analysis of Writing Assessment Software." *Computers and Composition* 28(2):97-111. Cope, Bill, Mary Kalantzis, Sarah J. McCarthy, Colleen Vojak and Sonia Kline. Ibid. "Technology-Mediated Writing Assessments: Paradigms and Principles." 79-96.
- <sup>5</sup> Cope, Bill and Mary Kalantzis. 2015c. "Sources of Evidence-of-Learning: Learning and Assessment in the Era of Big Data." *Open Review of Educational Research* 2(1):194-217. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/23265507.2015.1074869>.
- <sup>6</sup> Turing, Alan M. 1950. "Computing Machinery and Intelligence." *Mind* 59:433-60.
- <sup>7</sup> Searle, John R. 1980. "Minds, Brains, and Programs." *Behavioral and Brain Sciences* (3):417-57.
- <sup>8</sup> For a defense of this conception of learning, see: Kirschner, Paul A., John Sweller and Richard E. Clark. 2006. "Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching." *Educational Psychologist* 41(2):75-86.
- <sup>9</sup> Dixon-Román, Ezekiel J. and Kenneth J. Gergen. 2013. "Epistemology in Measurement: Paradigms and Practices." Vol. Princeton NJ: The Gordon Commission.
- <sup>10</sup> Haladyna, Thomas M. 2004. *Developing and Validating Multiple-Choice Test Items*. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- <sup>11</sup> Pellegrino, James W., Naomi Chudowsky and Robert Glaser, eds. 2001. *Knowing What Students Know: The Science and Design of Educational Assessment*. Washington DC: National Academies Press.
- <sup>12</sup> Ryan, Katherine E. and Lorrie A. Shepard, eds. 2008. *The Future of Test-Based Accountability*. New York: Routledge. Linn, Robert L. 2013. "Test-Based Accountability." Vol. Princeton NJ: The Gordon Commission.
- <sup>13</sup> Cope, Bill and Mary Kalantzis. 2015a. "Assessment and Pedagogy in the Era of Machine-Mediated Learning." Pp. 350-74 in *Education as Social Construction: Contributions to Theory, Research, and Practice*, edited by T. Dragonas, K. J. Gergen, S. McNamee and E. Tseliou. Chagrin Falls OH: Worldshare Books.
- <sup>14</sup> Mislevy, Robert J. 2006. "Cognitive Psychology and Educational Assessment." Pp. 257-305 in *Educational Measurement*, edited by R. L. Brennan. New York: Praeger.
- <sup>15</sup> Goddard, Henry H. 1920. *Human Efficiency and Levels of Intelligence*. Princeton NJ: Princeton University Press.

<sup>16</sup> Behrens, John T. and Kristen E. DiCerbo. 2013. "Technological Implications for Assessment Ecosystems." Pp. 101-22 in *The Gordon Commission on the Future of Assessment in Education: Technical Report*, edited by E. W. Gordon. Princeton NJ: The Gordon Commission. Siemens, George. 2013. "Learning Analytics: The Emergence of a Discipline." *American Behavioral Scientist* 57(10):1380-400. doi: 10.1177/0002764213498851. Siemens, George and Ryan S J.d. Baker. 2013. "Learning Analytics and Educational Data Mining: Towards Communication and Collaboration." Pp. 252-54 in *Second Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK 2012)*. Vancouver BC: ACM.

<sup>17</sup> CGScholar research and development, supported by research grants from the US Department of Education, Institute of Education Sciences: "The Assess-as-You-Go Writing Assistant" (R305A090394); "Assessing Complex Performance" (R305B110008); "u-Learn.net: An Anywhere/Anytime Formative Assessment and Learning Feedback Environment" (ED-IES-10-C-0018); "The Learning Element" (ED-IES-IO-C-0021); and "InfoWriter: A Student Feedback and Formative Assessment Environment" (ED-IES-13-C-0039). Bill and Melinda Gates Foundation: "Scholar Literacy Courseware." National Science Foundation: "Assessing 'Complex Epistemic Performance' in Online Learning Environments" (Award 1629161).

<sup>18</sup> A selection of reports from our research group: Haniya, Samaa, Matthew Montebello, Bill Cope and Richard Tapping. 2018. "Promoting Critical Clinical Thinking through E-Learning." in *Proceedings of the 10th International Conference on Education and New Learning Technologies (EduLearn18)*. Palma de Mallorca ES. Montebello, Matthew, Bill Cope, Mary Kalantzis, Duane Searsmith, Tabassum Amina, Anastasia Olga Tzirides, Naichen Zhao, Min Chen and Samaa Haniya. 2018b. "Critical Thinking through a Reflexive Platform." in *Proceedings of the 17th IEEE International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET 2018)*. Olhao PT. Montebello, Matthew, Petrilson Pinheiro, Bill Cope, Mary Kalantzis, Tabassum Amina, Duane Searsmith and Dungyun Cao. 2018c. "The Impact of the Peer Review Process Evolution on Learner Performance in E-Learning Environments." in *Proceedings of the Fifth Annual ACM Conference on Learning at Scale (L@S 2018)*. London UK. Pinheiro, Petrilson. 2018. "Text Revision Practices in an E-Learning Environment: Fostering the Learning by Design Perspective." *Innovation in Language Learning and Teaching*. doi: <https://doi.org/10.1080/17501229.2018.1482902>. McMichael, Maureen A., Matthew C. Allender, Duncan Ferguson, Bill Cope, Mary Kalantzis, Matthew Montebello and Duane Searsmith. 2018. "Use of a Novel Learning Management System for Teaching Critical Thinking to First Year Veterinary Students." *In Preparation*.

<sup>19</sup> Ennis, Robert H. 1996. *Critical Thinking*. Upper Saddle River NJ: Prentice Hall.

<sup>20</sup> Cope, Bill and Mary Kalantzis. 2015b. "The Things You Do to Know: An Introduction to the Pedagogy of Multiliteracies." Pp. 1-36 in *A Pedagogy of Multiliteracies: Learning by Design*, edited by B. Cope and M. Kalantzis. London: Palgrave.

<sup>21</sup> Cope, Bill, Mary Kalantzis, Fouad Abd-El-Khalick and Elizabeth Bagley. 2013. "Science in Writing: Learning Scientific Argument in Principle and Practice." *e-Learning and Digital Media* 10(4):420-41.

<sup>22</sup> A sample of technical explorations by members of our research group: Santu, Shubhra Kanti Karmaker, Chase Geigle, Duncan Ferguson, William Cope, Mary Kalantzis, Duane Searsmith and Chengxiang Zhai. 2018 (in review). "Sofsat: Towards a Set-Like Operator Based Framework for Semantic Analysis of Text." Paper presented at the SIGKDD Explorations. Kuzi, Saar, William Cope, Duncan Ferguson, Chase Geigle and Chengxiang Zhai. 2018 (in review). "Automatic

- Assessment of Complex Assignments Using Topic Models." Geigle, Chase. 2018. "Towards High Quality, Scalable Education: Techniques in Automated Assessment and Probabilistic Behavior Modeling." Ph.D., Department of Computer Science, University of Illinois, Urbana IL.
- <sup>23</sup> Olmanson, Justin, Katrina Kennett, Sarah J. McCarthey, Duane Searsmith, Bill Cope and Mary Kalantzis. 2016. "Visualizing Revision: Leveraging Student-Generated between-Draft Diagramming Data in Support of Academic Writing Development." *Technology, Knowledge and Learning* 21(1):99-123.
- <sup>24</sup> Kalantzis, Mary and Bill Cope. 2012. *New Learning: Elements of a Science of Education (Edn 2)*. Cambridge UK: Cambridge University Press. Chapter 10.
- <sup>25</sup> Chang, Hua-Hua. 2015. "Psychometrics Behind Computerized Adaptive Testing." *Psychometrika* 80(1):1-20. doi: 10.1007/s11336-014-9401-5.
- <sup>26</sup> Cope, Bill and Mary Kalantzis. 2016. "Big Data Comes to School: Implications for Learning, Assessment and Research." *AERA Open* 2(2):1-19. Piety, Phillip J. 2013. *Assessing the Big Data Movement*. New York: Teachers College Press.
- <sup>27</sup> Montebello, Matthew, Bill Cope, Mary Kalantzis, Duane Searsmith, Tabassum Amina, Anastasia Olga Tzirides, Naichen Zhao, Min Chen and Samaa Haniya. 2018a. "Deepening E-Learning through Social Collaborative Intelligence." in *Proceedings of the 48th IEEE Annual Frontiers in Education (FIE) Conference*. San Jose CA.
- <sup>28</sup> Bloom, Benjamin S. 1968. "Learning for Mastery." *Evaluation Comment* 1(2):1-2. Block, James H., ed. 1971. *Mastery Learning: Theory and Practice*. New York: Holt Rinehart & Winston.
- <sup>29</sup> Cope, Bill and Mary Kalantzis. 2017. "Conceptualizing E-Learning." Pp. 1-45 in *E-Learning Ecologies*, edited by B. Cope and M. Kalantzis. New York: Routledge.

# Investigating the Interplay Between Curricular Resources and Their Classroom Use: A Focus on Tasks<sup>1</sup>

Gabriel J. Stylianides

University of Oxford, UK

## ABSTRACT

*Curricular resources include the different kinds of materials (digital or physical) that teachers use in or for their teaching (textbooks, lesson plans, etc.) and can have a significant influence on students' opportunities to learn. At the same time, teachers play a crucial role as interpreters and users of curricular resources, and so there is a complex relationship between curricular resources and their classroom use.*

*Prior research has mostly focused on developing approaches for studying either particular curricular resources or their classroom use but not both. These approaches, though useful for the purposes for which they were developed, are not well positioned to support investigation and understanding of complex issues on the interplay between curricular resources and their classroom use.*

*In this presentation I will draw on my book [Curricular Resources and Classroom Use](#) (Stylianides, 2016) that discusses and exemplifies new research approaches for studying, in connected ways, both curricular resources and their classroom use. I will focus on one approach discussed in the book that offers a practical way to investigate different “families” of curricular tasks (such as “argumentation tasks”) and their use in different classroom settings. I will exemplify the approach in the area of mathematics, and I will explain how the approach can apply also in other subject areas including science.*

## RESEARCH CONTEXT AND FOCUS

In this presentation, I will use the notion of *curricular resources* to refer to the different kinds of materials (digital or physical) that teachers use in or for their teaching such as textbooks, lesson plans, etc. (Stylianides, 2016, p. 1). Curricular resources, especially textbooks which are the dominant curricular resource internationally, have traditionally

---

<sup>1</sup> This paper provides an extended summary of a plenary delivered at the *3rd Panhellenic Conference with International Participation on Instructional Resources in Mathematics and Science* in Rhodes, Greece (November 2018). The paper draws on the book: Stylianides, G. J. (2016). *Curricular Resources and Classroom Use*. New York, Oxford University Press.

been a major element of teaching and learning in science and mathematics. This finding was confirmed by both international studies, such as the Trends in Mathematics and Science Studies (TIMSS) (e.g., Mullis et al., 2012), and by other studies in different countries (e.g., Kaur, 2014; Pepin et al., 2013; Palha et al., 2013; Porter, 2002; Rezat, 2012; Schmidt, 2012; Tarr et al., 2006). For example, Tarr et al. (2006) concluded the following from their large-scale study in the United States:

[D]istrict-adopted textbook strongly influences both *what* and *how* mathematics is taught to middle school mathematics students. Coupled with the high frequency of textbook use by teachers, these data suggest that textbooks likely impact students' mathematics experience in important ways. (p. 200; emphasis in original)

Despite the importance of textbooks and other curricular resources in everyday practice, it is also clear that no curricular resource can predetermine the quality of instruction associated with its use. Teachers play a crucial role in the classroom *use* (*implementation*) of curricular resources because teachers select, interpret, and mediate how curricular resources are implemented in the classroom (e.g., Ball & Cohen, 1996; Corey & Gamoran, 2006; Gueudet & Trouche, 2009; Haggarty & Pepin, 2002; Pepin, 2014; Remillard, 2005; Ruthven et al., 2008). This, in turn, has an important effect on students' opportunities to learn (e.g., Cai et al., 2011; Otten & Soria, 2014; Remillard et al., 2014).

In this presentation, I will focus on the following research question:

*To what extent is the classroom implementation of curricular content (notably tasks) aligned with what is designed in the respective curricular resource?*

So my focus, as derived from the research question, will be on: (1) the learning opportunities designed for students in curricular tasks, (2) the ways in which curricular tasks are implemented in the classroom, and (3) how this implementation compares to the tasks' original intent.

In my discussion, I will draw on my book, titled *Curricular Resources and Classroom Use* (Stylianides, 2016), that presents and exemplifies new research approaches for studying, in connected ways, both curricular resources and their classroom use. I will focus on one approach discussed in the book, which I will refer to as the *Practical Approach*.

## **THE PRACTICAL APPROACH**

In this section, I will describe briefly the Practical Approach. The description will be limited in many ways due to its brevity. The interested reader can refer to Stylianides (2016, pp. 63-111) for more details about the approach.



### **Some Key Features of the Approach**

Three key features of the Practical Approach are the following:

#### *1. The Approach Focuses on Complex Issues*

There are many different aspects one could investigate in relation to curricular resources and their classroom implementation. One aspect relates to the amount of time classrooms spent on particular curricular content in comparison to the amount of time they were expected to spend on that content according, for example, to the textbook authors' recommendations. To investigate this aspect, a researcher could use simple classroom observations to identify the amount of time a classroom spent on a particular unit and then compare that figure with the recommended amount of time in the teachers' guide.

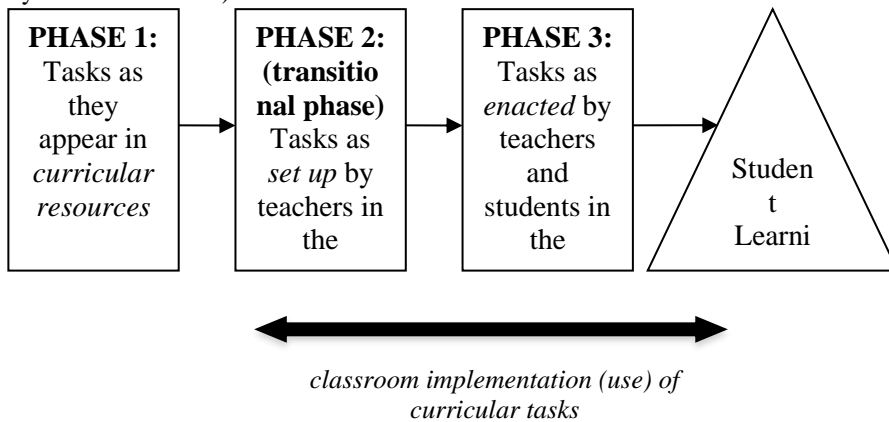
The Practical Approach aims to offer ways of studying more complex but equally important issues. Specifically, the approach can be used to study issues that: (a) are mathematically or pedagogically important and require specifically designed frameworks to adequately examine their complexities, and (b) cannot be studied adequately with simple classroom observations or straightforward inspection of teachers' guides.

#### *2. The Approach Focuses on (High-Level) Tasks*

At the core of the approach is the notion of *tasks*. The tasks used in the classroom limit or broaden students' views of the subject matter (e.g., Henningsen & Stein, 1997; Schoenfeld, 1992; Watson & Mason, 2005; Zaslavsky, 2005) and shape their learning experience in all areas of the school curriculum including science (Childs & McNicholl, 2015), history (Todd, 2015), English (Thompson, 2015), geography (Firth, 2015), religious education (Fancourt, 2015), modern foreign language education (Mutton & Woore, 2015), and mathematics (Stylianides & Watson, 2015).

The Tasks Framework (see Figure 1), which is an adapted version of the Mathematical Tasks Framework produced by Stein, Silver, and their colleagues (e.g., Silver & Stein, 1996; Stein et al., 1996, 2000), provides a useful representation of how tasks unfold in classroom practice.

**Figure 1:** The Tasks Framework. (An adaptation of the Mathematical Tasks Framework by Stein et al. 1996.)



In this framework, tasks are seen as passing through three *phases*, all of which are considered to be potentially important influences on what students learn or have an opportunity to learn. Overall, the Tasks Framework highlights the dynamic interaction between students and teachers as they work on tasks during classroom work (phases 2 and 3), and also points to the important role that curricular resources can play in contributing to this work (phase 1).

The Practical Approach can be used to analyze different kinds of tasks. In this presentation I will not be concerned with the relative worthiness of what has been termed as “low-level tasks” or “high-level tasks.” Indeed, proficiency is a multi-dimensional construct (see, e.g., Kilpatrick et al., 2001) that encompasses a wide range of competencies, some of which require actions sometimes associated with “low-level tasks” and other times with “high-level tasks.” Nevertheless, the focus of my discussion will be on how the approach can be used to analyze *high-level tasks*, i.e., tasks that require high cognitive demands for their solution. This choice was guided by the fact that high-level tasks are the kind of tasks that prior research has shown students find most difficult to understand or master and teachers find most difficult to teach.

### 3. The Approach Starts from the Curricular Resources

The approach has as its starting point the particular curricular resource (Phase 1 in Figure 1) that teachers use. This does not mean that a teacher should always consult a curricular resource to decide about what tasks to implement, and how, in their classroom. What it means is that the approach is not applicable to situations in which teachers do not use a curricular resource as the starting point for their planning. The reason is that, when teachers do not use a curricular resource in this way, it is not meaningful to talk about

interplay between curricular resources and their classroom implementation, which is the issue of concern to me in this presentation.

Related to the previous point is that the approach requires that the curricular resource (textbook, lesson plan, etc.) that is being examined includes information to teachers about expected student solutions and suggestions for how to implement curricular tasks in the classroom. Without this kind of information a researcher cannot draw meaningful inferences about the intended purposes of the tasks in the resource. It is frequently the case that curricular resources provide this kind of information for tasks that students may find hard to learn and teachers hard to teach. Such tasks are more likely to fit in the category of high-level tasks that I discussed earlier.

### **A BRIEF DESCRIPTION OF THE APPROACH**

The Practical Approach offers a way to examine the extent to which the classroom implementation of curricular tasks is faithful to what is designed for those tasks by their author in the respective curricular resource. An important idea in the Practical Approach is that tasks that are similar in some fundamental way can be grouped into a *family of tasks* and studied together. For example, the tasks in the family of “reasoning-and-proving” are similar in that they are all related to aspects of mathematical reasoning that are connected to the development of proofs. To study a particular family of tasks with the Practical Approach it is necessary to develop a framework that offers a reliable analytic tool to appropriately capture key aspects of the family of tasks, and that is applicable in an analysis of tasks *both* as they appear in curricular resources and as they are implemented in the classroom. The development of such a framework is challenging, but once the framework is developed, the Practical Approach can be applied to any number of tasks in the particular family and only that family.

Given the time and effort required to develop the framework, it would be strategic to reserve the Practical Approach for the examination of families of tasks that focus on activities that are not only important for students’ learning, but also for which prior research has shown that students find difficult to understand and teachers find difficult to teach. Examples of such a families of tasks in mathematics are those of “reasoning-and-proving tasks” and “problem solving tasks.” An example in science would be the family of “argumentation tasks.”

Overall, the Practical Approach allows the examination of families of tasks using a specifically designed framework for each family, which streamlines the coding and makes feasible the analysis of a large number of tasks in the family. Application of the Practical Approach requires coding of a task using the framework at each of the three phases in the Tasks Framework.

After this brief introduction to the Practical Approach, a number of key questions remain unanswered which are important for understanding and applying the Practical Approach. In the presentation, I will consider the following questions:

- (1) How can we determine the fidelity of implementation of tasks in the Practical Approach?

- (2) How can we develop a framework for use in the Practical Approach?
- (3) Once the framework is developed, how can we apply it in the Practical Approach?  
In more detail, how can the framework be used to: (a) identify the tasks in the sample that belong to the particular family we are interested in, and (2) code these tasks at each of the three phases in the Tasks Framework?

## FINAL REMARKS

This paper has first set the context for the presentation and then outlined key issues that I will address at the presentation. In addition to those issues, during the presentation I will exemplify the Practical Approach in the particular family of *reasoning-and-proving tasks* in the area of mathematics. The illustration will involve discussion of a “reasoning-and-improving framework” and its application in an analysis of curricular tasks and their implementation in school mathematics classrooms. I will also discuss implications of the Practical Approach for teacher education and the teaching practice.

The final issue I will consider relates to how my discussion of the Practical Approach could serve as a springboard for investigating similar issues in subject areas beyond mathematics. I will argue that the application of the Practical Approach in the area of mathematics could serve as a paradigmatic case of how similar issues can be studied in other subject areas in isomorphic ways. I will point out, for example, that, in any subject area, when a researcher is interested in a particular family of tasks, the researcher will need to develop a framework for the family of tasks and apply it to analyze tasks at each of the three phases in Figure 1. The development and application processes of the framework do not depend on whether the framework relates to a family of tasks in mathematics or a different subject area.

## REFERENCES

- Ball, D. L., & Cohen, D. K. (1996). Reform by the book: What is – or might be – the role of curriculum materials in teacher learning and instructional reform. *Educational Researcher*, 25(9), 6–8, 14.
- Cai, J., Ni, Y., & Lester, F. K. (Eds.) (2011). Curricular effect on the teaching and learning of mathematics: Findings from two longitudinal studies in China and the United States. *International Journal of Educational Research*, 50, 63–64.
- Childs, A., & McNicholl, J. (2015). Practical theorising: Design tasks for science explorations. In I. Thompson (Ed.), *Designing tasks in secondary education: Enhancing subject understanding and student engagement* (pp. 107-128). Routledge: London and New York.
- Corey, D., & Gamoran, S. M. (2006). Practicing change: curriculum adaptation and teacher narrative in the context of mathematics education reform. *Curriculum Inquiry*, 36(2), 153–187.
- Fancourt, N. (2015). Insiders and outsiders: Task design in learning about religions. In I. Thompson (Ed.), *Designing tasks in secondary education: Enhancing subject*

- understanding and student engagement* (pp. 170-188). Routledge: London and New York.
- Firth, R. (2015). Disciplinary knowledge: Task design in geography. In I. Thompson (Ed.), *Designing tasks in secondary education: Enhancing subject understanding and student engagement* (pp. 70-85). Routledge: London and New York.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199–218.
- 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.
- Henningsen, M., & Stein, M. K. (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.
- Kaur, B. (2014). Enactment of school mathematics curriculum in Singapore: Whither research. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 46, 829-836.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (Eds.). (2001). *Adding it Up: Helping Children Learn Mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Foy, P., & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 international results in mathematics*. Boston: Boston College/IEA.
- Mutton, T., & Woore, R. (2015). Designing tasks to promote learning in the foreign language classroom. In I. Thompson (Ed.), *Designing tasks in secondary education: Enhancing subject understanding and student engagement* (pp. 129-151). Routledge: London and New York.
- Otten, S., & Soria, V. M. (2014). Relationships between students' learning and their participation during enactment of middle school algebra tasks. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 46(5), 815-827.
- Palha, S., Dekker, R., Gravemeijer, K., & van Hout-Wolters, B. (2013). Developing shift problems to foster geometrical proof and understanding. *Journal of Mathematical Behavior*, 32, 142-159.
- Pepin, B. (2014). Re-sourcing curriculum materials: in search of appropriate frameworks for researching the enacted mathematics curriculum. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 46, 837-842.
- Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2013). Investigating textbooks as crucial interfaces between culture, policy and teacher curricular practice: Two contrasted case studies in France and Norway. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 45, 685-698.
- Porter, A. (2002). *Measuring the content of instruction: Uses in research and practice. Educational Researcher*, 31(7), 3-14.
- Remillard, J. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211–246.

- Remillard, J. T., Harris, B., & Agodini, R. (2014). The influence of curriculum material design on opportunities for student learning. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 46(5), 735-749.
- Rezat, S. (2012). Interactions of teachers' and students' use of mathematics textbooks. In G. Gueudet, B. Pepin, & L. Trouche (Eds.), *Mathematics curriculum material and teacher development: From text to 'lived' resources* (pp. 231–246). Dordrecht: Springer.
- Ruthven, K., Hennessy, S., & Deaney, R. (2008). Constructions of dynamic geometry: a study of the interpretative flexibility of educational software in classroom practice. *Computers and Education*, 51(1), 297-317.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 334-370). New York: Macmillan.
- Schmidt, W. H. (2012). Measuring content through textbooks: The cumulative effect of middle-school tracking. In G. Gueudet, B., Pepin, & L. Trouche (Eds.), *Mathematics curriculum material and teacher development: From text to 'lived' resources* (pp. 143–160). Dordrecht: Springer.
- Silver, E. A., & Stein, M. K. (1996). The QUASAR project: The “revolution of the possible” in mathematics: instructional reform in urban middle schools. *Urban Education*, 30, 476-521.
- Stein, M. K., Grover, B., & Henningsen, M. (1996). Building student capacity for mathematical thinking and reasoning: An analysis of mathematical tasks used in reform classrooms. *American Educational Research Journal*, 33, 455-488.
- Stein, M. K., Smith, M. S., Henningsen, M. A., & Silver, E. A. (2000). *Implementing standards-based mathematics instruction: A casebook for professional development*. New York: Teachers College Press.
- Stylianides, G. J. (2016). *Curricular resources and classroom use: The case of mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Stylianides, G. J., & Watson, A. (2015). The interplay between mathematics and pedagogy: Designing tasks for mathematics teacher education. In I. Thompson (Ed.), *Designing tasks in secondary education: Enhancing subject understanding and student engagement* (pp. 47-69). Routledge: London and New York.
- Tarr, J. E., Chávez, Ó., Reys, R. E., & Reys, B. J. (2006). From the written to the enacted curricula: The intermediary role of middle school mathematics teachers in shaping students' opportunity to learn. *School Science and Mathematics*, 106(4), 191-201.
- Thompson, I. (2015). Communication, culture and conceptual learning: Task design in the English classroom. In I. Thompson (Ed.), *Designing tasks in secondary education: Enhancing subject understanding and student engagement* (pp. 86-106). Routledge: London and New York.
- Todd, J. (2015). Negotiating knowledge: Task design in the history classroom. In I. Thompson (Ed.), *Designing tasks in secondary education: Enhancing subject*

- understanding and student engagement* (pp. 152-169). Routledge: London and New York.
- Watson, A., & Mason, J. (2005). *Mathematics as a Constructive Activity: Learners Generating Examples*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zaslavsky, O. (2005). Seizing the opportunity to create uncertainty in learning mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 60, 297-321.

# Εικόνα και εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες: το ‘στοίχημα’ του Επιστημονικού Οπτικού Γραμματισμού

Βασιλεία Χρηστίδου

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, vchristi@ece.uth.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) στηρίζεται στη χρήση πληθώρας οπτικών αναπαραστάσεων που συνιστούν ένα σύστημα κατασκευής νοημάτων παράλληλο με τη γλώσσα. Καθώς η αποκωδικοποίηση των επιστημονικών οπτικών συμβάσεων απαιτεί ειδικές γνώσεις και ικανότητες, η ανάπτυξη του Επιστημονικού Οπτικού Γραμματισμού (Ε.Ο.Γ.), που περιλαμβάνει τις ικανότητες κατανόησης, χρήσης και κατασκευής εικόνων με επιστημονικό περιεχόμενο, θεωρείται ουσιώδης πτυχή του επιστημονικού γραμματισμού και κρίσιμος εκπαιδευτικός στόχος σε όλες τις βαθμίδες. Για την επίτευξή του προτείνεται η εμπλοκή των παιδιών στην ‘ανάγνωση’ και την παραγωγή οπτικών αναπαραστάσεων στο πλαίσιο της εκπαίδευσής τους στις Φ.Ε., ώστε να αναγνωρίζουν τους επιστημονικούς οπτικούς κώδικες και να τους χρησιμοποιούν προκειμένου να εκφράσουν επιστημονικά νοήματα με αποτελεσματικό τρόπο. Στην εργασία παρουσιάζονται παραδείγματα πρόσφατων συναφών ερευνών, προτείνονται πρακτικές που μπορούν να λειτουργήσουν ως ‘σκαλωσιές μάθησης’ για την ανάπτυξη του Ε.Ο.Γ. των παιδιών και καταγράφονται περιοχές που χρειάζονται περισσότερη διερεύνηση για τον προσδιορισμό των όρων και των προϋποθέσεων καλλιέργειας του Ε.Ο.Γ.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, Επιστημονικός Οπτικός Γραμματισμός, Οπτικές Αναπαραστάσεις, Πολυτροπικότητα.

## ΠΟΛΥΤΡΟΠΙΚΟΤΗΤΑ, ΠΟΛΥΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Στο σύγχρονο επικοινωνιακό τοπίο το νόημα κατασκευάζεται, διανέμεται, ερμηνεύεται και ανακατασκευάζεται μέσω μιας πλειάδας αναπαραστατικών και επικοινωνιακών πόρων, όπως η γλώσσα, η εικόνα, ο ήχος, η κίνηση, οι εκφράσεις του προσώπου κ.ά. Ο καθένας από αυτούς τους πόρους, ή ‘τρόπους’, συνιστά ένα αυτόνομο σημειωτικό σύστημα με τις δικές του οργανωτικές αρχές (Cope & Kalantzis, 2009; Hassett, 2010; Jewitt, 2008; Παπαδοπούλου, 2005; Unsworth, 2004). Μεγάλο μέρος της καθημερινής



αναπαραστατικής εμπειρίας των ατόμων είναι λοιπόν εγγενώς πολυτροπικό. Βασική αρχή της πολυτροπικότητας είναι ότι κάθε τρόπος συνεισφέρει στην κατασκευή νοήματος. Κανένας από τους σημειωτικούς τρόπους δεν επαρκεί μόνος του, αλλά λειτουργούν παράλληλα παράγοντας νόημα μέσω του συνδυασμού τους. Έτσι, με την ‘εισβολή’ μιας πλειάδας μη γλωσσικών τρόπων στην επικοινωνία, αναδεικνύεται η ανάγκη να μπορεί ο αναγνώστης –και ο παραγωγός τους- να κατανοεί, να αποκωδικοποιεί και να επανακωδικοποιεί τους διαφορετικούς σημειωτικούς τρόπους και το πώς αυτοί αλληλοδιαπλέκονται στην κατασκευή του νοήματος (Cope & Kalantzis, 2009; Jarman, McClune, Pyle, & Braband, 2012; Jewitt, 2008; Jewitt, Kress, Ogborn, & Tsatsarelis, 2001; Lemke, 1998a; Unsworth, 2004).

Υπό αυτό το πρίσμα, η παραδοσιακή άποψη για το γραμματισμό, που τον ταυτίζει αποκλειστικά με την κατάκτηση του γραπτού λόγου, έχει αντικατασταθεί από την έννοια των ‘πολυγραμματισμών’, δηλαδή την ικανότητα ερμηνείας και παραγωγής νοημάτων διαμέσου πολλαπλών σημειωτικών συστημάτων (Cope & Kalantzis, 2009; Hassett, 2010; Lemke, 1998β; Liu, 2009). Μάλιστα, οι Cope & Kalantzis (2009) προσδιορίζουν τους πολυγραμματισμούς ως μια ευρύτερη θεωρία για τη μάθηση, καθώς η ανάγνωση πολυτροπικών κειμένων απαιτεί μετασηματιστική προσπάθεια προκειμένου οι εξωτερικές αναπαραστάσεις (π.χ. κείμενα) να εσωτερικευθούν σε νοητικά μοντέλα από τον αναγνώστη. Αναδεικνύεται επομένως η ανάγκη προετοιμασίας των μαθητών στη διαπραγμάτευση ενός ευρέως φάσματος τρόπων αναπαράστασης, που ενσωματώνουν γλωσσικούς, οπτικούς, ψηφιακούς και άλλους πόρους (Cope & Kalantzis, 2009; Hassett, 2010; Jewitt, 2008; Liu, 2009).

Κυρίαρχος ανάμεσα στους σημειωτικούς τρόπους καθίσταται όλο και περισσότερο ο οπτικός. Εικόνες διαφορετικών μορφών χρησιμοποιούνται στην ιδιωτική και τη δημόσια σφαίρα μέσα από διαφορετικούς διαύλους επικοινωνίας προκειμένου να μεταφερθούν πληροφορίες και νοήματα με γρήγορο, άμεσο και αποτελεσματικό τρόπο (Avgerinou & Ericson, 1997; Danos & Norman, 2009; Jolley, 2018).

Ωστόσο, η εκπαιδευτική πρακτική παραμένει προσκολλημένη στα παραδοσιακά κείμενα και στον έντυπο γραπτό λόγο. Ακόμα και σήμερα, η εκπαίδευση συστηματικά αγνοεί την οπτική επικοινωνία, αντιμετωπίζοντάς την ως υποδεέστερη της γλωσσικής. Η μετάβαση από την εικόνα στη λέξη, είτε αφορά σε κείμενα που απευθύνονται στα παιδιά, είτε σε παραγωγές των ίδιων των παιδιών, θεωρείται –εσφαλμένα- ως ένδειξη νοητικής προόδου, ενώ τα οπτικά στοιχεία εκλαμβάνονται ως διακοσμητικά, χωρίς να συνεισφέρουν στη μάθηση. Παρόμοια, οι εκπαιδευτικοί τείνουν να μην αφιερώνουν την απαραίτητη προσοχή στην παραγωγή εικόνων από τα παιδιά, η οποία μειώνεται σημαντικά καθώς αυτά εξοικειώνονται με το γραπτό λόγο. Σε συνέπεια με τις παραπάνω πρακτικές, οι μέθοδοι αξιολόγησης στην τάξη είναι σχεδόν εξ ολοκλήρου μονο-τροπικές, βασισμένες στο γραπτό και τον προφορικό λόγο (Anagnostopoulou, Hatzinikita, Christidou, & Dimopoulos, 2013; Britsch, 2013; Brooks, 2009; Cope & Kalantzis, 2009; Hassett, 2010; Jewitt, 2008; Jewitt et al., 2001; Lemke, 1998β; Liu, 2009; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Unsworth, 2004).

Αυτή η αγνόηση της εικόνας στην εκπαίδευση συνιστά ένα παράδοξο, καθώς τα σύγχρονα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα είναι κατά κανόνα πολυτροπικά και στο πλαίσιο τους χρησιμοποιείται, παράγεται και διανέμεται μια μεγάλη ποικιλία οπτικών αναπαραστάσεων που απαντώνται σε σχολικά εγχειρίδια, ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό, ιστοσελίδες κ.α. Εικόνα και γραπτός λόγος αναλαμβάνουν να επικοινωνήσουν διαφορετικές πτυχές του νοήματος. Ολοένα και περισσότερο η εικόνα αναλαμβάνει λειτουργίες όπως η εισαγωγή, ο ορισμός και η ανάλυση νέων εννοιών, με το ρόλο του γραπτού λόγου να επαναπροσδιορίζεται διαρκώς μέσω των νέων του σχέσεων με τον οπτικό και άλλους τρόπους αναπαράστασης. Μαζί του επαναπροσδιορίζονται και οι έννοιες του γραμματισμού, της δημιουργικότητας και της μάθησης (Avgerinou & Ericson, 1997; Coleman, McTigue, & Smolkin, 2011; Cope & Kalantzis, 2009; Dimopoulos, Koulaidis, & Sklaventiti, 2003; Jarman et al., 2012; Jewitt, 2008; Jewitt et al., 2001; Liu, 2009; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Trumbo, 1999; Unsworth, 2004).

Πιο συγκεκριμένα, η στροφή στην εικόνα και τη συνέργειά της με το γραπτό λόγο υπογραμμίζει την ανάγκη θεώρησης του μαθητή ως ενεργητικά εμπλεκόμενου στην κατανόηση και την παραγωγή νοημάτων από τα πολυτροπικά κείμενα, επιτρέποντας διαφορετικές εναλλακτικές αναγνώσεις. Οι δυνατότητες των συνδυασμών γραπτού λόγου και εικόνας είναι σχεδόν απεριόριστες, το ίδιο και οι πιθανές αναγνώσεις του ίδιου κειμένου από διαφορετικά άτομα ή σε διαφορετικές περιστάσεις, γεγονός που υποδεικνύει τον αυξημένο έλεγχο που έχει ο μαθητής ως αναγνώστης, αλλά και ως κατασκευαστής πολυτροπικών κειμένων. Με τον τρόπο αυτό αναθεωρούνται οι όροι της αυθεντίας, αναβαθμίζοντας το ρόλο του μαθητή στην πιστοποίηση, την αξιολόγηση και την επιλογή της γνώσης και επιτρέποντάς του να μεταβάλλει και να επανεπινόει το νόημα με ποικίλους και δημιουργικούς τρόπους (Avgerinou & Pettersson, 2011; Cope & Kalantzis, 2009; Hassett, 2010; Jarman et al., 2012; Jewitt, 2008; Mathewson, 1999; Παπαδοπούλου, 2005; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Roth & Bowen, 2003; Unsworth, 2004).

Από την προηγούμενη συζήτηση φάνηκε ότι από την παραδοσιακή αγνόηση ή την υποβάθμιση της σημασίας της εικόνας, η προσοχή στρέφεται στο πώς αυτή επηρεάζει τη μαθησιακή διαδικασία και πώς μπορεί να 'δαμαστεί' η οπτική επικοινωνία προς όφελος της δημιουργικότητας και της εκπαίδευσης (Jewitt, 2008; Unsworth, 2004).

## **ΟΠΤΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ**

Αναδεικνύεται λοιπόν ως κυρίαρχη η έννοια του *οπτικού γραμματισμού* (visual literacy), η ανάπτυξη του οποίου θεωρείται κεντρικής σημασίας για την κατανόηση του σημερινού κόσμου και μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις για την εκπαίδευση (Jewitt, 2008; Unsworth, 2004). Για τον οπτικό γραμματισμό έχει προταθεί πλήθος ορισμών ήδη από τη δεκαετία του 1960, με τους ειδικούς στο χώρο να μη συμφωνούν απόλυτα μέχρι τις μέρες μας σε έναν κοινά αποδεκτό προσδιορισμό του. Όλες ωστόσο οι θεωρίες για τον οπτικό γραμματισμό συγκλίνουν σε ορισμένες κεντρικές παραδοχές, μεταξύ των οποίων (Avgerinou & Ericson, 1997; Avgerinou & Pettersson, 2011; Coleman et al., 2011; Trumbo, 1999):

- Υπάρχει μια οπτική γλώσσα παράλληλα με τη φυσική (verbal language), με τη δική της γραμματική, συντακτικό και λεξικό.
- Ο οπτικός γραμματισμός περιλαμβάνει τις ικανότητες α) της κατανόησης / αποκωδικοποίησης / ερμηνείας, β) της παραγωγής / κωδικοποίησης / δημιουργίας και γ) της σκέψης μέσω οπτικών αναπαραστάσεων.
- Οι ικανότητες του οπτικού γραμματισμού είναι επίκτητες, μπορούν να διδαχθούν, να αναπτυχθούν και να βελτιωθούν.

Η καθυστέρηση της αναγνώρισης της σημασίας του οπτικού γραμματισμού από τα εκπαιδευτικά συστήματα (Trumbo, 1999; Unsworth, 2004) πηγάζει ίσως από την παραπλανητική πεποίθηση ότι οι μαθητές δεν χρειάζεται να διδαχθούν τις ικανότητες που τον συγκροτούν, καθώς αυτές αποκτώνται εμπειρικά. Η πεποίθηση αυτή είναι εν μέρει μόνο ακριβής, όσον αφορά τις χαμηλότερης τάξης ικανότητες, ή τα στοιχειώδη νοήματα, καθώς η οπτική γλώσσα είναι ένας πολύπλοκος κώδικας (Avgerinou & Pettersson, 2011). Οι υψηλότερης τάξης ικανότητες που σχετίζονται με τον οπτικό γραμματισμό είναι γνωστικά απαιτητικές και δεν αναπτύσσονται παρά μόνο αφού διδαχθούν (Ainsworth, 2008; Avgerinou & Ericson, 1997; Liu, 2009; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Rau, 2017).

## **EIKONA KAI EKΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ**

Ο επιστημονικός λόγος είναι από τη φύση του πολυτροπικός. Οι Φ.Ε. στήνονται σε ένα μίγμα τρόπων αναπαράστασης, όπου λεκτικές, συμβολικές και οπτικές εκφράσεις συντίθεται στη διατύπωση επιστημονικών εξηγήσεων (Anagnostopoulou, Hatzinikita, & Christidou, 2012; Jewitt et al., 2001; Lemke, 1998β; Mathewson, 1999; Rau, 2017; Skoumios, 2013; Trumbo, 1999; Tytler, Peterson, & Prain, 2006; Yore & Hand, 2010). Άλλωστε και οι ίδιες οι επιστημονικές έννοιες χαρακτηρίζονται ως «σημειωτικά 'υβρίδια'» (Lemke, 1998α, σ. 89), με λεκτικές, μαθηματικές και οπτικές συνιστώσες. Κανένα λεκτικό κείμενο δεν μπορεί να κατασκευάσει το ίδιο νόημα με μια εικόνα, κανένα μαθηματικό διάγραμμα δεν έχει την ίδια ακριβώς σημασία με μια εξίσωση (Lemke, 1998α; Cope & Kalantzis, 2009).

Οι εικόνες αποτελούν λοιπόν αναπόσπαστο μέρος της επιστημονικής σκέψης και πρακτικής. Η χρήση τους για την απεικόνιση φαινομένων και την παρουσίαση δεδομένων με συνεκτικό και συνοπτικό τρόπο, συνιστά εκτός από κεντρικό εργαλείο της επιστημονικής κοινότητας, σημαντική πτυχή του επιστημονικού γραμματισμού (Ainsworth, Prain, & Tytler, 2011; Anagnostopoulou et al., 2012; Coleman et al., 2011, Coleman, et al., 2012; Gilbert, 2005; Glazer, 2011; Mokros & Tinker, 1987; Skoumios, 2013; Rau, 2017; Roth & Bowen, 2003).

Ο επιστημονικός γραμματισμός είναι μια πολυδιάστατη έννοια που –εκτός από το περιεχόμενο της επιστημονικής γνώσης και των διαδικασιών παραγωγής της– εστιάζει και στην ικανότητα αποτελεσματικής επικοινωνίας επιστημονικών νοημάτων που προϋποθέτει την ανάπτυξη ποικίλων αναπαραστατικών ικανοτήτων, ανάμεσα στις οποίες και εκείνη της ερμηνείας και κατασκευής οπτικών αναπαραστάσεων, όπως πινάκων, διαγραμμάτων κ.λπ. (Ainsworth, 2008; Coleman et al., 2011, 2012; Gilbert, 2005; Lemke, 1998β; McTigue & Flowers, 2011; Tytler et al., 2006). Έτσι, επιδιώκοντας την

καλλιέργεια του επιστημονικού γραμματισμού στους μαθητές, η εκπαίδευση στις Φ.Ε. αποσκοπεί να τους μνήσει στους τρόπους σκέψης της επιστημονικής κοινότητας και στη χρήση των διαφορετικών λόγων (discourses) της, επομένως και των οπτικών αναπαραστάσεων που αυτή χρησιμοποιεί (Rau, 2017).

Εφόσον οι έννοιες των Φ.Ε. είναι πολυτροπικές, η διδασκαλία των Φ.Ε. δεν θα μπορούσε να διαφέρει. Στη διάρκεια της διδασκαλίας των Φ.Ε. εκπαιδευτικοί και μαθητές συμμετέχουν σε επικοινωνιακές δράσεις συνθέτοντας λεκτικούς, κινητικούς και απεικονιστικούς σημειωτικούς πόρους, οι οποίοι συντονίζονται και ενοποιούνται για την κατασκευή νοήματος (Givry & Pantidos, 2012; Lemke, 1998a). Οι οπτικές αναπαραστάσεις έχουν κεντρικό ρόλο στην εκπαίδευση στις Φ.Ε. ως εργαλεία διαμεσολάβησης της γνώσης και ως οχήματα αλληλεπίδρασης και διαπραγμάτευσης νοημάτων στην τάξη. Η αξία τους έγκειται –μεταξύ άλλων– στο ότι καθιστούν αφηρημένες επιστημονικές οντότητες, τις σχέσεις που τις διέπουν και τα φαινόμενα στα οποία συμμετέχουν ορατά (Coleman et al., 2011, 2012; Jarman et al., 2012; Jewitt, 2008; Lemke, 1998a; Rau, 2017). Με τον τρόπο αυτό υποστηρίζουν την ανάπτυξη βασικών ικανοτήτων επιστημονικής σκέψης παράλληλα με την εννοιολογική κατανόηση των όσων αναπαριστούν. Επομένως η εικόνα συνιστά κεντρικό πυλώνα στην εκπαίδευση στις Φ.Ε. Κάθε σημειωτικός τρόπος σε ένα εκπαιδευτικό υλικό (π.χ. εικόνα και γραπτός λόγος) παρουσιάζει διαφορετικές απαιτήσεις από τον αναγνώστη και έχει διαφορετικές πιθανές επιπτώσεις στη μάθηση, στα μονοπάτια ανάγνωσης που ακολουθούν οι μαθητές και στη διαμόρφωση της ταυτότητάς τους ως προς το μαθησιακό αντικείμενο (Asenova & Reiss, 2011; Jewitt, 2008). Εξάλλου, η λογική της εικόνας διαφέρει σημαντικά από εκείνη του γραπτού λόγου αναφορικά με την ανάγνωσή τους: οι εικόνες εστιάζουν στην ανάδειξη της χωρικότητας και της συγχρονικότητας των στοιχείων που αναπαρίστανται, ενώ ο λόγος εστιάζει στη χρονικότητα και στη διαδοχικότητα (Brooks, 2009; Christidou, Hatzinikita, & Dimitriou, 2009; Jewitt, 2008; Kress, 2003; Lemke, 1998a).

Παρόμοια, η μάθηση στις Φ.Ε. περιλαμβάνει την κατασκευή νοητικών μοντέλων με την ενσωμάτωση πληροφοριών που παρουσιάζονται μέσω αντικειμένων, λεκτικών εκφράσεων, συμβολικών αναπαραστάσεων (π.χ. χημικών ή μαθηματικών τύπων), οπτικών κατασκευών (π.χ. διαγραμμάτων, χαρτών) και χειρονομιών. Οι οπτικές αναπαραστάσεις αποτελούν λοιπόν μέρος μιας πληθώρας αναπαραστατικών πόρων που χρησιμοποιούν οι μαθητές καθώς αναπτύσσουν την κατανόησή τους για επιστημονικές έννοιες (Ainsworth, 2008; Britsch, 2013; Coleman, Golson Bradley, & Donovan, 2012; Gilbert, 2005; Liu, 2009; McTigue & Flowers, 2011; Rau, 2017; Tytler et al., 2006). Η διαδικασία της πολυτροπικής μάθησης στις Φ.Ε. προϋποθέτει, εκτός από την κατανόηση του κάθε τρόπου αναπαράστασης χωριστά, και την ικανότητα ‘μετάφρασης’ ανάμεσα σε διαφορετικές αναπαραστάσεις του ίδιου φαινομένου, δηλαδή του εντοπισμού της σχέσης ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες αναπαραστάσεις της ίδιας έννοιας (Lemke, 1998β; Shah & Hoeffner, 2002). Η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων αποτελεί κοινή πρακτική στις Φ.Ε., μια και παρέχουν συμπληρωματικές μεταξύ τους πληροφορίες και οδηγούν σε βαθύτερη κατανόηση, εφόσον ενταχθούν σε συνεκτικά νοητικά μοντέλα. Ειδικότερα, οι πολλαπλές οπτικές αναπαραστάσεις βοηθούν στην κατανόηση αφηρημένων εννοιών,

καθώς μια δεύτερη αναπαράσταση μπορεί να υποστηρίξει τους μαθητές στην ερμηνεία μιας πιο πολύπλοκης και αφηρημένης απεικόνισης. Έτσι, με τη χρήση ποικιλίας οπτικού υλικού οι μαθητές αποκτούν πρόσβαση στις υποκείμενες αρχές της οπτικής γλώσσας (Ainsworth, 2008; Cook, Wiebe, & Carter, 2008; McTigue & Flowers, 2011; Rau, 2017; Shah & Hoeffner, 2002; Τσουκαλά & Χρηστίδου, 2014).

Τα παιδιά από μικρή ηλικία κατανοούν σε ένα πρώτο επίπεδο προφανείς πτυχές της επιστημονικής οπτικής γλώσσας, καθώς είναι σε θέση να υιοθετούν πλούσιες και επεξεργασμένες αναπαραστατικές πρακτικές προκειμένου να παράγουν εικόνες με επιστημονικό περιεχόμενο (π.χ. με τη μορφή ραβδογράμματος ή 'πίτας'), χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες οπτικές συμβάσεις (Åberg-Bengtsson, 2006; Γονιτσιώτη, Χρηστίδου, & Χατζηνικήτα, 2014; Gerber, Boulton-Lewis, & Bruce, 1995; Gonitsiōti, Christidou, & Hatzinikita, 2013; Glazer, 2011; Martinez Pena & Gil Quilez, 2001). Οι πρακτικές αυτές γίνονται πιο παραγωγικές καθώς αναπτύσσεται η κατανόησή τους για τις έννοιες που αναπαριστούν. Με άλλα λόγια, η κατασκευή οπτικών αναπαραστάσεων περιλαμβάνει σχεδιαστικές αλλά και φυσικο-επιστημονικές συνιστώσες (Britsch, 2013; Chang, 2012; Danish & Phelps, 2011; Lemke, 1998β). Στη διδασκαλία, η ευρεία χρήση εικόνων μοιάζει να βασίζεται στην παραδοχή ότι αυτές είναι εύληπτες και άμεσα κατανοητές, κάτι που φαίνεται να ισχύει και για τη χρήση τους σε σχολικά εγχειρίδια, αλλά και από τους εκπαιδευτικούς, που συχνά πιστεύουν ότι η ανάγνωσή τους γίνεται αυτόματα από τα παιδιά (Glazer, 2011; McTigue & Flowers, 2011; Skoumios, 2013).

Παρ' όλ' αυτά, στη διδασκαλία των Φ.Ε. η οπτική επικοινωνία συχνά αγνοείται και παρακάμπτεται και η έμφαση δίνεται στη φυσική και τη μαθηματική γλώσσα. Πολλοί ερευνητές μάλιστα κάνουν λόγο για «λεκτική προκατάληψη» (Coleman & Dantzler, 2016, σελ. 36), η οποία έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές να μην εξοικειώνονται με τις οπτικές αναπαραστάσεις και να μην μπορούν να τις αξιοποιήσουν με επάρκεια. Και οι ίδιοι οι μαθητές, εξάλλου, ενώ θεωρούν ελκυστική την εικονογράφηση που συναντούν στα διδακτικά κείμενα των Φ.Ε., φαίνεται να δίνουν ελάχιστη προσοχή στην πληροφορία που αυτή περιλαμβάνει (Coleman et al., 2011; McTigue & Flowers, 2011; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Yore & Hand, 2010). Ωστόσο, οι εικόνες στις Φ.Ε., όπως οι λέξεις, αποτελούν ανεξάρτητα σημειωτικά αντικείμενα στα οποία οι σχέσεις ανάμεσα στα αναπαριστώμενα μεγέθη πρέπει να αποκωδικοποιηθούν, πράγμα που απαιτεί σημαντική προσπάθεια (Åberg-Bengtsson, 2006).

## **ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΟΠΤΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ**

### **Εννοιολογικός προσδιορισμός**

Από την προηγούμενη συζήτηση αναδεικνύεται η ανάγκη καλλιέργειας ικανοτήτων ερμηνείας της εικόνας και χρήσης της για την επικοινωνία φυσικο-επιστημονικών νοημάτων από τους μαθητές προκειμένου να αναπτύξουν συλλογισμούς βασισμένους σε αυτήν και να επιλύουν προβλήματα στο πλαίσιο της εκπαίδευσής τους στις Φ.Ε. (Coleman et al., 2011, 2012; Jewitt, 2008; Jewitt et al., 2001; Kress, 2003; Liu, 2009;

McTigue & Flowers, 2011; Moline, 2011; Papadopoulou, 2009; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Rau, 2017; Shah & Hoeffner, 2002; Trumbo, 1999). Οι ικανότητες αυτές ανήκουν στη διατομή του οπτικού και του επιστημονικού γραμματισμού και προσδιορίζονται ως «*Επιστημονικός Οπτικός Γραμματισμός*» (Ε.Ο.Γ.), που περιλαμβάνει (Danos & Norman, 2009):

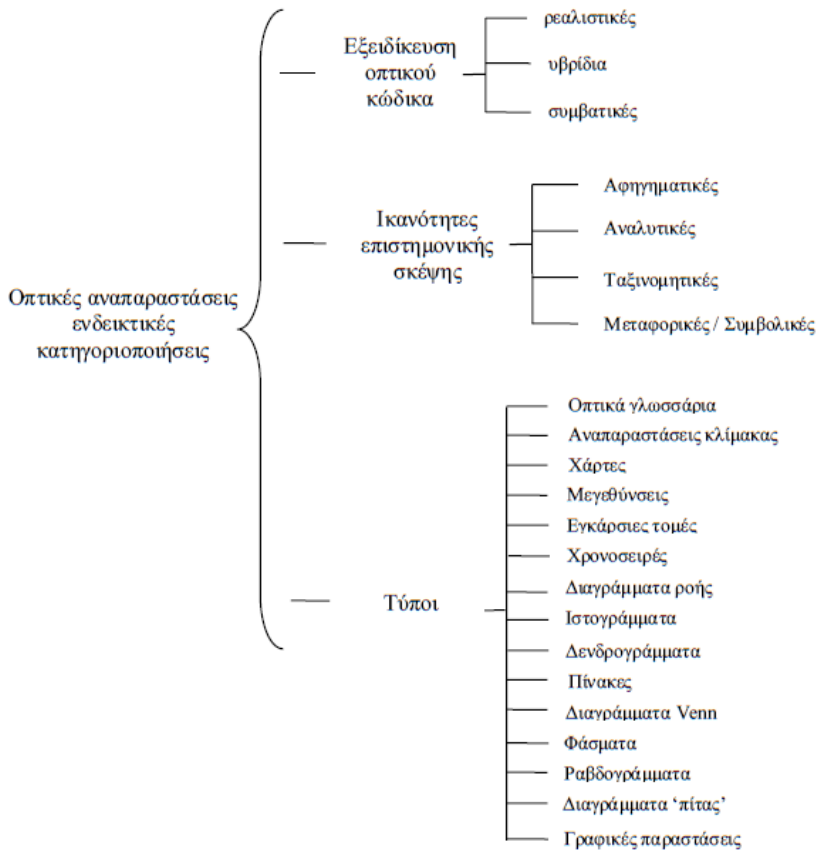
- μια πολύπλοκη μορφή επικοινωνίας που χρησιμοποιεί οπτική συμβολική γλώσσα για να εκφράσει χωρικές σχέσεις που δεν μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά με λεκτικά ή μαθηματικά σημεία
- την ικανότητα κατανόησης, ερμηνείας και παραγωγής οπτικών αναπαραστάσεων με επιστημονικό περιεχόμενο.

Επομένως, η εκμάθηση της 'οπτικής επιστημονικής γλώσσας' προκειμένου κανείς να κατανοεί και να κατασκευάζει οπτικές αναπαραστάσεις στις Φ.Ε. απαιτεί την κατάκτηση του κατάλληλου επιπέδου οπτικής αφάιρησης σε κάθε πλαίσιο και σε κάθε ηλικία (Coleman & Dantzer, 2016; Coleman et al., 2012; Γονιτσιώτη, κ.ά., 2014; Martinez Pena & Gil Quilez, 2001; McTigue & Flowers, 2011; Mokros & Tinker, 1987; Skoumios, 2013).

### **Κατηγοριοποιήσεις οπτικών αναπαραστάσεων στις Φυσικές Επιστήμες**

Το εύρος των εικόνων που περιλαμβάνονται στα πολυτροπικά κείμενα για τις Φ.Ε. και απαιτούν ικανότητες Ο.Ε.Γ. ώστε να χρησιμοποιηθούν, είναι τεράστιο. Διαφορετικοί ερευνητές (Danos & Norman, 2009; Κουλαϊδής, Δημόπουλος, Σκλαβενίτη, & Χρηστίδου, 2002; Kress & van Leeuwen, 1996; Moline, 2011) έχουν προτείνει πολλαπλά συστήματα ταξινόμησής τους. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικές κατηγοριοποιήσεις των οπτικών αναπαραστάσεων στις οποίες αναμένεται να αρχίσουν να 'μυούνται' οι μαθητές ήδη από την προσχολική και την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Οι κατηγοριοποιήσεις που επιλέχθηκε να συζητηθούν εδώ αφορούν α) το *βαθμό εξειδίκευσης του οπτικού κώδικα* που χρησιμοποιείται, β) τις *ικανότητες επιστημονικής σκέψης* που απαιτούνται για την αποκωδικοποίηση ή την παραγωγή τους και γ) τους *τύπους αναπαραστάσεων* στους οποίους βρίσκουν εφαρμογή τα παραπάνω.

**Σχήμα 1:** Ενδεικτικά επίπεδα ταξινόμησης και κατηγορίες οπτικών αναπαραστάσεων στις Φ.Ε.



Έτσι, αναφορικά με το βαθμό εξειδίκευσης του επιστημονικού κώδικα, οι εικόνες των Φ.Ε. μπορεί να είναι *ρεαλιστικές*, δηλ. να απεικονίζουν την πραγματικότητα όπως την αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι (π.χ. φωτογραφίες, σκίτσα), *συμβατικές*, δηλ. κωδικοποιημένες αναπαραστάσεις που ακολουθούν επιστημονικές οπτικές συμβάσεις (π.χ. γραφικές παραστάσεις, δυναμικά πεδία), ή *υβρίδια*, δηλ. εικόνες που ενσωματώνουν τόσο ρεαλιστικά στοιχεία, όσο και επιστημονικές οπτικές συμβάσεις (Κουλαϊδής κ.ά., 2002).

Αναφορικά με το δεύτερο άξονα, διαφορετικές οπτικές αναπαραστάσεις μπορεί να απαιτούν ποικίλες ικανότητες σκέψης προκειμένου να αποκωδικοποιηθούν. Έτσι, οι *αφηγηματικές* εικόνες αναπαριστούν γεγονότα που εξελίσσονται στο χώρο και στο χρόνο και η εξέλιξη αυτή σηματοδοτείται με γραμμές, βέλη ή άλλα σημεία που δηλώνουν

κατεύθυνση. Οι αναλυτικές εικόνες αναπαριστούν τα κύρια μέρη που απαρτίζουν ένα σύνολο, ενώ οι ταξινομητικές παρουσιάζουν σχέσεις ανάμεσα στα απεικονιζόμενα στοιχεία, όπως διαφορετικές κατηγορίες όμοιας τάξης, ή σχέσεις υπαγωγής σε κατηγορίες και υποκατηγορίες. Στις μεταφορικές αναπαραστάσεις κυριαρχεί η συμβολική νοηματοδότηση των απεικονιζόμενων στοιχείων (Κουλαϊδής κ.ά., 2002; Kress & Van Leeuwen, 1996).

Οι παραπάνω απαιτήσεις σε ικανότητες Ε.Ο.Γ. και επιστημονικής σκέψης μπορεί να υλοποιούνται σε διαφορετικούς τύπους οπτικών αναπαραστάσεων, μερικοί από τους οποίους καταγράφονται στον τρίτο άξονα του Σχήματος 1, όπως *διαγράμματα, χάρτες, εγκάρσιες τομές, ιστογράμματα, ραβδογράμματα* κ.ά. (Moline, 2011).

### **Αναδύομενος Επιστημονικός Οπτικός Γραμματισμός**

Η βιβλιογραφία διεθνώς έχει εστιάσει ελάχιστα στις ικανότητες Ε.Ο.Γ. των μικρών παιδιών, με ελάχιστες εξαιρέσεις (βλ. ενδεικτικά Åberg-Bengtsson, 2006; Brooks, 2009; Coleman et al., 2011, 2012; Γονιτσιώτη κ.ά., 2014; Danish & Phelps, 2011; Gonitsiotti et al., 2013; Papadopoulou, 2009; Skoumios, 2013; Τσουκαλά & Χρηστίδου, 2014). Στις περισσότερες συναφείς έρευνες συμμετείχαν μαθητές μεγαλύτερων ηλικιών ή φοιτητές και η εστίαση αφορούσε επιστημονικά εξειδικευμένες οπτικές αναπαραστάσεις. Ωστόσο, τα παιδιά αποτελούν έναν κρίσιμο πληθυσμό προς μελέτη, καθώς η ολοένα αυξανόμενη χρήση εικόνων στα κείμενα Φ.Ε. που απευθύνονται σε αυτά (Martinez Pena & Gil Quilez, 2001) και οι παιδαγωγικές επιταγές για ανάπτυξη του Ε.Ο.Γ. τους, αυξάνουν τις απαιτήσεις από τους μικρούς μαθητές να διαβάζουν και να παράγουν οπτικά πολύπλοκα κείμενα ήδη από την προσχολική ή την πρώτη σχολική ηλικία, καθιστώντας την πρώιμη ανάπτυξη ικανοτήτων Ε.Ο.Γ. ιδιαίτερα σημαντική (Danish & Phelps, 2011).

Η οπτική καταγραφή των πειραματικών δεδομένων σε σχέδια, πίνακες, διαγράμματα κ.λπ. επιτρέπει στους μαθητές –ιδίως των μικρότερων ηλικιών- να εκφράζουν τις ιδέες τους για επιστημονικές έννοιες, να ανταλλάσσουν και να αποσαφηνίζουν νοήματα, ενώ ταυτόχρονα συνεισφέρει στην κατανόηση ειδικών οπτικών συμβάσεων ως μέρος της γλώσσας της επιστήμης. Η παραγωγή οπτικών αναπαραστάσεων απαιτεί τη μετάβαση από τα αντιληπτικά δεδομένα στην πιο αφηρημένη, συμβολική σκέψη και στην αναπαράσταση πραγμάτων που δεν είναι συνήθως ορατά. Έτσι, καθίσταται αποτελεσματική στρατηγική μάθησης και επίλυσης προβλημάτων στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στις Φ.Ε., διευκολύνοντας τη μετάβαση των μαθητών από τις καθημερινές στις επιστημονικές έννοιες και την ανάπτυξη ικανοτήτων σκέψης υψηλότερου επιπέδου. Ειδικότερα, στις πολυτροπικές τους κατασκευές οι μαθητές καλούνται να κάνουν πολύπλοκες σημειωτικές επιλογές, οι οποίες αποτελούν σημαντικά τεκμήρια της μαθησιακής τους πορείας και της αποτελεσματικότητας των όσων συμβαίνουν στην τάξη (Jewitt, 2008; Jewitt et al., 2001). Υποστηρίζεται μάλιστα ότι οι οπτικές παραγωγές των μαθητών θα πρέπει να αναγνωριστούν ρητά, ισότιμα με τον γραπτό και τον προφορικό λόγο ως κεντρικά στοιχεία της εκπαίδευσής τους στις Φ.Ε. (Ainsworth et al., 2011; Avgerinou & Ericson, 1997; Britsch, 2013; Brooks, 2009; Chang, 2012; Danish & Phelps,



2011; Glazer, 2011; Jewitt, 2008; McTigue & Flowers, 2011; Reiss et al., 2007; Skoumios, 2013; Tytler et al., 2006; Yore & Hand, 2010).

Το Σχήμα 2 παρουσιάζει ομαδικές οπτικές παραγωγές νηπίων και συγκεκριμένα ενός υβριδικού, αναλυτικού οπτικού γλωσσαρίου (αριστερά) για την αναπαράσταση μερών του ανθρώπινου σώματος και ενός συμβατικού ταξινομητικού ραβδόγραμματος (δεξιά) για την απεικόνιση του ύψους των παιδιών της τάξης στο πλαίσιο δραστηριοτήτων για το ανθρώπινο σώμα και τον ανθρώπινο κύκλο ζωής αντίστοιχα (Gonitsioti et al., 2013).

**Σχήμα 2:** Οπτικό γλωσσάρι των μερών του ανθρώπινου σώματος και ραβδόγραμμα του ύψους των παιδιών



Παράλληλα με τη γνωστική ανάπτυξη και την καλλιέργεια του Ε.Ο.Γ., η κατανόηση και η παραγωγή οπτικών αναπαραστάσεων από τους μαθητές υποστηρίζουν και την ανάπτυξη 'μετα-οπτικών' (Brooks, 2009), ή 'μετα-αναπαραστατικών' (Danish & Phelps, 2011; Lemke, 1998β) ικανοτήτων, δηλαδή της επίγνωσης της οπτικής γλώσσας της επιστήμης. Οι ικανότητες αυτές τους επιτρέπουν να επιλέγουν, να παράγουν και να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά οπτικές αναπαραστάσεις, να αναστοχάζονται πάνω σε αυτές, να τις αναθεωρούν, αλλά και να μεταφέρουν αυτή τη γνώση σε άλλες γνωστικές περιοχές (Coleman et al., 2011, 2012; Gilbert, 2005; Rau, 2017). Μια περίπτωση ανάπτυξης μετα-αναπαραστατικών ικανοτήτων καταγράφηκε μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής ακολουθίας για τον ανθρώπινο κύκλο ζωής σε ελληνικό νηπιαγωγείο, που περιλάμβανε ειδικά σχεδιασμένες δραστηριότητες κατανόησης και παραγωγής οπτικών αναπαραστάσεων (Gonitsioti et al., 2013). Όταν ζητήθηκε από ένα νήπιο να ομαδοποιήσει εικόνες που είχαν χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο της παρέμβασης, πρότεινε την ομαδοποίηση που φαίνεται στο Σχήμα 3. Η δραστηριότητα αυτή συνοδεύτηκε από τον παρακάτω διάλογο με την ερευνήτρια-νηπιαγωγό:

Ερευνήτρια: *Θέλω να δεις προσεχτικά όλες τις εικόνες και να τις χωρίσεις σε ομάδες.*

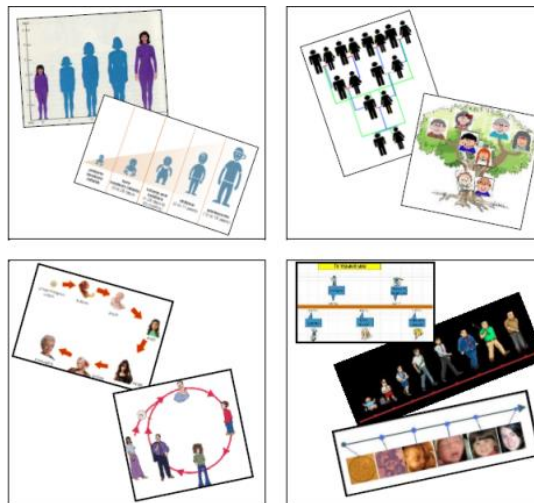
Νήπιο: *[Φτιάχνει τις ομάδες].*

Ερ.: *Έχεις βάλει μαζί αυτές [δείχνει τις εικόνες στην πάνω αριστερή ομάδα]. Τι μας δείχνουν;*

Ν.: *Όσο μεγαλώνουμε, ψηλώνουμε.*

Ερ.: Έχεις βάλει μαζί αυτές [εικόνες στην πάνω δεξιά ομάδα]. Αυτές γιατί τις βάζεις μαζί;  
Ν.: Το οικογενειακό δέντρο.  
Ερ.: Αυτές [δείχνει τις εικόνες στην κάτω αριστερή ομάδα], γιατί τις βάζεις μαζί; Τι μας δείχνουν;  
Ν.: Τα βέλη.  
Ερ.: Αυτές [εικόνες στην κάτω δεξιά ομάδα] γιατί τις βάζεις μαζί; Τι μας δείχνουν;  
Ν.: Ότι μεγαλώνουμε και ψηλώνουμε και... Όταν ξυπνάμε, πάμε σχολείο.

**Σχήμα 3:** Ομαδοποίηση οπτικών αναπαραστάσεων που περιλήφθηκαν στο εκπαιδευτικό υλικό διδακτικής ακολουθίας για τον ανθρώπινο κύκλο ζωής



Αξιζει εδώ να επισημανθεί ότι το νήπιο, χωρίς να εκφράζει ρητά με λεκτικό τρόπο τα κριτήρια της κατηγοριοποίησής του, ταξινόμησε τις εικόνες με βάση τον τρόπο αναπαράστασης της πληροφορίας και όχι κατ' ανάγκη το περιεχόμενό τους: έτσι διέκρινε τα δενδρογράμματα που αναπαριστούν οικογενειακά δέντρα, τα ραβδογράμματα που απεικονίζουν τη σωματική ανάπτυξη, τα διαγράμματα ροής που αναπαριστούν διαφορετικά στάδια του ανθρώπινου κύκλου ζωής και τις χρονοσειρές που δείχνουν διαδοχή γεγονότων στο χρόνο. Η ταξινόμηση αυτή υποδεικνύει ότι έχει αποκωδικοποιήσει όχι μόνο την πληροφορία κάθε εικόνας χωριστά, αλλά και τις οπτικές συμβάσεις που χρησιμοποιούνται σε κάθε τύπο εικόνας προκειμένου να αναπαρασταθεί συγκεκριμένο είδος πληροφορίας. Μάλιστα, όλες οι εικόνες είναι υβρίδια ως προς την εξειδίκευση του οπτικού τους κώδικα, δηλαδή δεν αναπαριστούν την πραγματικότητα φωτογραφικά, αλλά απαιτούν έναν βαθμό εξοικείωσης με τις επιστημονικές οπτικές

συμβάσεις. Ταυτόχρονα, η ομαδοποίησή τους απαιτεί την ταυτόχρονη ενεργοποίηση διαφορετικών ικανοτήτων σκέψης για την ανάδειξη ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ τους: τα διαγράμματα ροής επιτελούν κυρίως αφηγηματική λειτουργία, τα ραβδογράμματα και οι χρονοσειρές ενσωματώνουν αφηγηματική και ταξινομητική λειτουργία (σειροθέτηση καθ' ύψος ή με χρονική σειρά), ενώ τα δενδρογράμματα επιτελούν ταξινομητική λειτουργία (σχέσεις υπαγωγής), με ένα απ' αυτά να απαιτεί επιπλέον και την ικανότητα μεταφορικής/συμβολικής σκέψης, λόγω της ρεαλιστικής απεικόνισης ενός δέντρου.

Τέτοια ευρήματα υποδεικνύουν ότι η καλλιέργεια του Ε.Ο.Γ. στις μικρές ηλικίες αποτελεί έναν επιθυμητό, αλλά και εφικτό στόχο. Αναμένεται και επιδιώκεται λοιπόν η σταδιακή εξοικείωση των μαθητών με τους οπτικούς επιστημονικούς κώδικες από μικρή ηλικία, μέσω της κατανόησης και της παραγωγής οπτικών αναπαραστάσεων επιστημονικών εννοιών και της καλλιέργειας της ικανότητάς τους να μεταφράζουν τη μία μορφή αναπαράστασης στην άλλη (Coleman & Dantzer, 2016; Liu, 2009; Skoumios, 2013; Tytler et al., 2006; Unsworth, 1997).

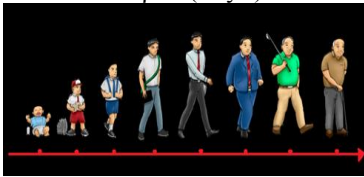
Από την άλλη πλευρά, όπως και ο οπτικός γραμματισμός, έτσι και ο Ε.Ο.Γ. δεν αναδύεται αυθόρμητα. Η κατανόηση των οπτικών αναπαραστάσεων απαιτεί συστηματική διδασκαλία και επομένως αποτελεί υπόθεση του σχολείου σε όλες τις βαθμίδες (Åberg-Bengtsson, 2006; Ainsworth, 2008; Coleman & Dantzer, 2016; Coleman et al., 2011, 2012; Danos & Norman, 2009; Glazer, 2011; Gonitsioti et al., 2013; McTigue & Flowers, 2011; Mokros & Tinker, 1987; Rau, 2017; Shah & Hoeffner, 2002; Skoumios, 2013). Στον αντίποδα των παραπάνω επιστημάνσεων, έρευνες έχουν δείξει ότι οι εικόνες στα εκπαιδευτικά υλικά των Φ.Ε. είναι κυρίως ρεαλιστικές και σπανιότερα ενσωματώνουν επιστημονικές οπτικές συμβάσεις, ενώ τείνουν να φέρουν περιφερειακή ή πλεονάζουσα πληροφορία, με τη χρησιμότητά τους να περιορίζεται στο να προσελκύσουν την προσοχή, ή να 'διακοσμήσουν' το γραπτό λόγο. Παρόμοια, ούτε οι συνήθεις διδακτικές πρακτικές συμβάλλουν στην ανάπτυξη του Ε.Ο.Γ., καθώς, όπως ήδη επιστημάνθηκε, συχνά στην τάξη η οπτική επικοινωνία παρακάμπτεται ως δευτερεύουσας σημασίας σε σχέση με τη λεκτική (Coleman & Dantzer, 2016). Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται η σημαντική δυναμική των οπτικών αναπαραστάσεων που συνίσταται στο να καταστήσουν τις αφηρημένες έννοιες συγκεκριμένες και απτές, ενώ παράλληλα οι μαθητές δεν εξοικειώνονται με την οπτική γλώσσα της επιστήμης (Asenova & Reiss, 2011; Coleman et al., 2011; Jarman et al., 2012). Οι διαπιστώσεις αυτές συνδέονται με το γεγονός ότι οι μαθητές συναντούν δυσκολίες στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τις εικόνες στα κείμενα των Φ.Ε., οι κυριότερες από τις οποίες θα περιγραφούν στην επόμενη ενότητα.

## **ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ 'ΑΝΑΓΝΩΣΗ' ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΙΚΟΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

Τα παιδιά συχνά συναντούν δυσκολίες στην ανάγνωση κειμένων σχετικών με τις Φ.Ε., ορισμένες από τις οποίες προκύπτουν από την εκτεταμένη χρήση εξειδικευμένων εικόνων σε αυτά. Η κατανόηση της πληροφορίας που περιλαμβάνει, για παράδειγμα, ένα διάγραμμα απαιτεί γνώση των οπτικών συμβάσεων, των συμβόλων, ή των εξισώσεων που

αυτό ενσωματώνει, παράλληλα με τη γνώση του εννοιολογικού περιεχομένου στο οποίο αναφέρεται. Παρόμοια, οι μαθητές δυσκολεύονται να αποκωδικοποιήσουν οπτικές συμβάσεις που εμφανίζουν πολυσημία και στην ίδια την επιστημονική οπτική γλώσσα, όπως τα βέλη, που μπορεί να σηματοδοτούν δύναμη, κατεύθυνση, αλλαγή, διαδοχή, κ.λπ. (Åberg-Bengtsson, 2006; Coleman & Dantzler, 2016; Coleman et al., 2012; Γονιτσιώτη κ.ά., 2014; Γονιτσιώτη & Χρηστίδου, 2008; Gerber et al., 1995; Glazer, 2011; Lemke, 1998β; McTigue & Flowers, 2011; Mokros & Tinker, 1987; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Rau, 2017; Roth & Bowen, 2003; Stylianidou, Omerod, & Ogborn, 2002; Unsworth, 2004). Για παράδειγμα, σε διδακτική ακολουθία για τον ανθρώπινο κύκλο ζωής σε νηπιαγωγείο (Γονιτσιώτη κ.ά., 2014), τα παιδιά κλήθηκαν, να ‘διαβάσουν’ χρονοσειρές που αναπαριστούσαν τα στάδια ανάπτυξης του ανθρώπου (βλ. Σχήμα 4, αριστερά). Οι πρώτες, διαισθητικές προσεγγίσεις των νηπίων ανέδειξαν την αδυναμία των περισσότερων να κατανοήσουν το νόημα τέτοιων εικόνων και υποστήριξαν ότι αναπαριστούν διαφορετικούς ανθρώπους. Επίσης, το βέλος του χρόνου, είτε αγνοήθηκε από τα παιδιά, είτε παρερμηνεύθηκε ότι δηλώνει κατεύθυνση κίνησης. Έτσι, ανάμεσα στα εναλλακτικά νοήματα που αποδόθηκαν στην εικόνα ήταν ότι αναπαριστά ανθρώπους που περπατούν ο ένας πίσω από τον άλλον και ότι το βέλος δείχνει πού πηγαίνουν.

**Σχήμα 4:** Χρονοσειρά των σταδίων της ανθρώπινης ζωής (αριστερά) και δενδρόγραμμα οικογενειακού δέντρου (δεξιά)



Άλλες δυσκολίες που αναφέρονται αφορούν τη σύγχυση ανάμεσα στο ύψος και την κλίση μιας γραμμής, ή την ερμηνεία βάσει της ομοιότητας, δηλαδή την παραπλανητική κατανόηση ενός διαγράμματος ως ρεαλιστικής απεικόνισης παρά ως αφηρημένης, συμβολικής αναπαράστασης (Åberg-Bengtsson, 2006; Gerber et al., 1995; Glazer, 2011; Mokros & Tinker, 1987; Papadopoulou, 2009). Τέτοιες παρερμηνείες των οπτικών συμβάσεων οδηγούν σε ανεπαρκείς ερμηνείες των εικόνων. Έτσι, όταν ζητήθηκε από ένα νήπιο να εξηγήσει την εικόνα του οικογενειακού δέντρου με το ρεαλιστικό σκίτσο του δέντρου (βλ. Σχήμα 4, δεξιά), η ανάγνωσή του ήταν η εξής (Gonitsiotti et al., 2013):

Ερευνήτρια: *Τι βλέπεις σε αυτή την εικόνα;*

Νήπιο: *Βλέπω 1, 2, 3, 4, 5, 6 ανθρώπους.*

Ερ.: *Γιατί είναι οι εικόνες τους πάνω στο δέντρο;*

Ν: *Γιατί τους αρέσει να σκαρφαλώνουν στο δέντρο όλη την ώρα.*

Τέλος, ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να δυσκολεύει την κατανόησή τους από τους μαθητές έχει να κάνει με το ότι η χρήση οπτικών αναπαραστάσεων δημιουργεί ένα επιπλέον στρώμα πολυπλοκότητας, καθώς η ανάγνωσή τους απαιτεί συγκεκριμένες ικανότητες επεξεργασίας και αλληλοσυσχέτισης γραπτού λόγου και εικόνας, ή διαφορετικών εικόνων μεταξύ τους ως ανεξάρτητων και παράλληλων πηγών πληροφορίας (Coleman et al., 2012; Coleman & Dantzer, 2016; Kress & van Leuween, 1996; Stylianidou et al., 2002). Συγκεκριμένα, οι μαθητές μπορεί να μη συσχετίζουν εύστοχα τα απεικονιστικά και τα λεκτικά στοιχεία σε μια σελίδα, να αποτυγχάνουν να συνδέσουν διαφορετικές οπτικές αναπαραστάσεις σε ένα κείμενο, ή να απομονώσουν την ουσιώδη πληροφορία σε οπτικά περίπλοκες σελιδοποιήσεις που επιτρέπουν διαφορετικές αναγνώσεις. Επίσης, τείνουν να μη λαμβάνουν υπόψη όλα τα στοιχεία μιας σελίδας, ή μιας αναπαράστασης, αξιολογώντας τυχαία, ή βάσει οικειότητας ένα μέρος τους (Avgerinou & Pettersson, 2011; McTigue & Flowers, 2011). Έτσι, η προηγούμενη γνώση των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή στην οποία αναφέρονται οι οπτικές αναπαραστάσεις επηρεάζει την κατανόησή τους. Μαθητές με επαρκή προηγούμενη γνώση μπορούν να απομονώσουν τα εννοιολογικά συναφή στοιχεία διαφορετικών αναπαραστάσεων, ενώ, αντίθετα, μαθητές με ανεπαρκή προηγούμενη γνώση τείνουν να εστιάζουν σε επιφανειακά χαρακτηριστικά των εικόνων, αποτυγχάνοντας να εντοπίσουν υποκείμενες ομοιότητες και να συνδέσουν διαφορετικές αναπαραστάσεις με κατάλληλο τρόπο (Cook et al., 2008).

Συμπερασματικά, δεν είναι διδακτικά κατάλληλες όλες οι εικόνες σε κάθε περίπτωση, ωστόσο συγκεκριμένες μορφές οπτικών αναπαραστάσεων εμπλέκουν τους μαθητές ευκολότερα και τους βοηθούν να επικοινωνήσουν επιστημονικές ιδέες όταν (Avgerinou & Pettersson, 2011; Γονιτσιώτη & Χρησιτίδου, 2008; Danish & Phelps, 2011; Koutsikou, Bonoti, & Christidou, 2015; McTigue & Flowers, 2011; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Rau, 2017):

- το περιεχόμενο απεικονίζεται –εν μέρει τουλάχιστον- με ρεαλιστικό τρόπο
- προβάλλουν και αναδεικνύουν τα κρίσιμα στοιχεία για την κατανόηση ενός φαινομένου, αποσιωπώντας πλεονάζουσες λεπτομέρειες και αποφεύγοντας τον πληροφοριακό ‘θόρυβο’
- συνοδεύονται από εξηγηματικές λεζάντες ή άλλα βοηθήματα ‘ανάγνωσης’ που αποσαφηνίζουν το νόημά τους και προσανατολίζουν προς την επιθυμητή – ανάμεσα στις πολλές πιθανές- ερμηνεία
- το εννοιολογικό περιεχόμενο που αναπαριστούν και οι απεικονιστικές συμβάσεις που περιλαμβάνουν είναι οικεία στους μαθητές
- προσθέτουν επιπλέον πληροφορία σε ένα κείμενο, διευρύνοντας και εξηγώντας το νόημα του γραπτού λόγου και οι μαθητές είναι σε θέση να τις συνδέσουν με αυτόν σε ένα συνεκτικό σύνολο.

Είναι λοιπόν απαραίτητο να υπάρχει ένα σύστημα κριτηρίων, όπως αυτά που περιγράφηκαν παραπάνω, που να καθοδηγεί την επιλογή και την κατασκευή κατάλληλων οπτικοποιήσεων της επιστημονικής γνώσης για το εκάστοτε εκπαιδευτικό περιβάλλον (Asenova & Reiss, 2011).

Παρά τις παραπάνω γενικές διαπιστώσεις, το πόσο εύληπτη και κατανοητή είναι μια οπτική αναπαράσταση δεν αποτελεί ενδογενές της χαρακτηριστικό, αλλά προκύπτει από τη χρήση της, ενώ το νόημά της ανακατασκευάζεται με βάση την προηγούμενη εμπειρία του αναγνώστη και το πλαίσιο συμφραζομένων στο οποίο εντάσσεται. Οι διαισθητικές αναγνώσεις επιστημονικών οπτικών αναπαραστάσεων από τους μαθητές καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το επίπεδο κατανόησης της αναπαριστώμενης εννοιολογικής περιοχής. Έτσι, οι προηγούμενες αντιλήψεις και οι συναφείς τους προσδοκίες καθορίζουν τον τρόπο πρόσληψης και ερμηνείας των εικόνων (Åberg-Bengtsson, 2006; Avgerinou & Pettersson, 2011; Gerber et al., 1995; Glazer, 2011; Lemke, 1998β; McTigue & Flowers, 2011; Mokros & Tinker, 1987; Pozzer-Ardenghi & Roth, 2005; Roth & Bowen, 2003; Rau, 2017; Stylianidou et al., 2002).

Όπως είναι αναμενόμενο, εκτός από τις δυσκολίες στην κατανόηση των εικόνων στα κείμενα των Φ.Ε., οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες και στην παραγωγή αντίστοιχων αναπαραστάσεων. Έτσι, μπορεί να παραλείπουν σημαντικές λεπτομέρειες από τις οπτικές παραγωγές τους, να ενσωματώνουν σε αυτές στοιχεία με τρόπο που δεν είναι κατανοητός από τους άλλους, ή να μην εφαρμόζουν κατάλληλους σχεδιαστικούς κανόνες για την αναπαράσταση επιστημονικής πληροφορίας. Τέτοια χαρακτηριστικά μπορεί να εμποδίζουν τη γνωστική τους ανάπτυξη (Martinez Pena & Gil Quilez, 2001) και υποδεικνύουν ότι τα παιδιά θα πρέπει να διδαχθούν με ρητό τρόπο όψεις του οπτικού σχεδιασμού στο πλαίσιο των διερευνητικών τους δραστηριοτήτων στις Φ.Ε. (Britsch, 2013; Chang, 2012; Skoumios, 2013).

### **ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ: ΣΚΑΛΩΣΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ**

Παρά τις δυσκολίες που περιγράφηκαν παραπάνω, οι εικόνες στα πολυτροπικά κείμενα των Φ.Ε. παρέχουν στους μαθητές σημαντικές δυνατότητες πρόσβασης στα νοήματά τους. Ακόμα και παιδιά που δεν έχουν αναπτυγμένες αναγνωστικές ικανότητες έχουν αποδειχθεί ικανά για εύστοχες αναλύσεις κειμένων με έντονα οπτικό χαρακτήρα. Πιο συγκεκριμένα, έρευνες με μικρότερα παιδιά έδειξαν ότι μπορούν να κατανοήσουν διαισθητικά ορισμένες προφανείς ή προβεβλημένες πτυχές των οπτικών αναπαραστάσεων, π.χ. να αντιστοιχίσουν το μεγαλύτερο εμβαδό με μεγαλύτερη ποσότητα ενός μεγέθους (Åberg-Bengtsson, 2006), ή να αποκωδικοποιήσουν τις μεγεθύνσεις συγκεκριμένων στοιχείων που εστιάζουν σε ένα μέρος μιας αναλυτικής εικόνας, ή δείχνουν την εσωτερική δομή μιας οντότητας (Coleman et al., 2012). Επίσης, ήδη από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, τα παιδιά είναι σε θέση να εντοπίζουν κρίσιμες πληροφορίες σε απλά διαγράμματα (π.χ. ραβδογράμματα), αλλά δεν επιδεικνύουν την ίδια ετοιμότητα στην αναγνώριση και στη σύγκριση τάσεων που αναπαρίστανται σε αυτά (Gerber et al., 1995; Skoumios, 2013).

Η καλλιέργεια του Ε.Ο.Γ. προϋποθέτει τη συστηματική εμπλοκή των μαθητών στην αποκωδικοποίηση και την ερμηνεία εικόνων με επιστημονικό περιεχόμενο στο πλαίσιο διερευνητικών διαδικασιών που προβλέπουν τη συλλογή δεδομένων, την κατασκευή διαγραμμάτων για την παρουσίαση των μετρήσεών τους και την ανάπτυξη

επιχειρηματολογίας βασισμένης στην οπτική πληροφορία (Skoumios, 2013). Έτσι, σε εκπαιδευτικό πρόγραμμα που υλοποιήθηκε σε τάξεις νηπιαγωγείων και δημοτικών σχολείων με θέμα την ευαισθητοποίηση των παιδιών για το θόρυβο (Christidou, Dimitriou, Barkas, Papadopoulou, & Grammenos, 2015; Χρηστίδου, Δημητρίου, Παπαδοπούλου, Γραμμένος, & Μπάρκας, 2015), τα παιδιά χρησιμοποίησαν απλά ηχομέτρα με τη μορφή εφαρμογών σε κινητά τηλέφωνα (Σχήμα 5, αριστερά και κέντρο). Αφού εξοικειώθηκαν με τη χρήση των ηχομέτρων και των οπτικών κωδικών που αυτά περιλάμβαναν, μέτρησαν την ένταση διαφορετικών ήχων και την αναπαρέστησαν οπτικά, κατασκευάζοντας ‘θερμόμετρα ήχου’ (Σχήμα 5, δεξιά), στα οποία αξιοποίησαν οπτικές συμβάσεις (αντιστοίχιση του ύψους στο ‘θερμόμετρο’ και των διαφορετικών χρωμάτων με την ένταση του ήχου), κολλώντας στην κατάλληλη θέση εικόνες των πηγών των ήχων που είχαν μετρήσει.

**Σχήμα 5:** Υβριδικές ταξινομητικές και συμβολικές αναπαραστάσεις της έντασης του ήχου: στιγμιότυπα οθόνης από εφαρμογές ηχομέτρου για κινητά τηλέφωνα με μορφή φάσματος (αριστερά) και ραβδογράμματος (κέντρο) και ομαδική κατασκευή θερμόμετρου ήχου από τα παιδιά (δεξιά)



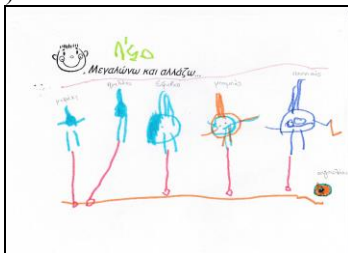
Τέτοιες πρακτικές λειτουργούν ως ‘σκαλωσιές μάθησης’ ώστε να μάθουν να χρησιμοποιούν τις οπτικές αναπαραστάσεις αποτελεσματικά. Αυτές οι σκαλωσιές μάθησης περιλαμβάνουν κοινωνική αλληλεπίδραση, συλλογική νοητική δραστηριότητα και καθοδήγηση από ενήλικες, με εννοιολογικά και φυσικά εργαλεία που έχουν νόημα για τα παιδιά και τους επιτρέπουν να εργάζονται εντός της Ζώνης Επικείμενης Ανάπτυξης (Åberg-Bengtsson, 2006).

Μέσα από την αλληλεπίδραση με πιο έμπειρα άτομα και παρατηρώντας το πώς εκείνα χρησιμοποιούν τις οπτικές αναπαραστάσεις, οι μαθητές εξοικειώνονται με τη χρήση τους σε αυθεντικά πλαίσια, συνάγουν σε ποια οπτικά χαρακτηριστικά θα πρέπει να εστιάσουν και αποκτούν ευχέρεια στην επιστημονική ‘οπτική γλώσσα’ (Rau, 2017). Σε αυτό το εγχείρημα οι εκπαιδευτικοί αναμένεται να υιοθετήσουν κατάλληλες διδακτικές πρακτικές για την ανάπτυξη του Ε.Ο.Γ. των μαθητών, όπως η εξάσκησή τους στην κατανόηση και την παραγωγή οπτικών αναπαραστάσεων (Coleman et al., 2012; Γονιτσιώτη κ.ά., 2014; Gonitsioti et al., 2013; Mokros & Tinker, 1987; Skoumios, 2013; Unsworth, 2004). Σημαντική, επίσης, θεωρείται η εξοικείωση των μαθητών με διαφορετικά είδη αναπαραστάσεων και με την ποικιλία οπτικών συμβάσεων που ενσωματώνει το καθένα,

και μάλιστα από μικρή ηλικία, με την προϋπόθεση ότι οι αναπαριστώμενες έννοιες είναι οικείες και κατανοητές στους μαθητές (Poizzer-Ardenghi & Roth, 2005).

Αυτές οι διαδικασίες ερμηνευτικού διαλόγου και κριτικού αναστοχασμού ευνοούνται όταν τίθενται στα παιδιά υποστηρικτικές ερωτήσεις που θέτουν προκλήσεις για τη σκέψη τους. Τέτοιες πρακτικές βοηθούν τα παιδιά να βελτιώσουν τις ικανότητες επιστημονικής σκέψης και παραγωγής οπτικών αναπαραστάσεων και το επίπεδο κατανόησής τους ως προς το διδασκόμενο περιεχόμενο. Επίσης, αναμένεται να αναπτύξουν ‘μετα-αναπαραστατικές’, (ή ‘μετα-οπτικές’) ικανότητες που θα τους επιτρέπουν να αναλύουν και να αξιολογούν τις αρχές που διέπουν τις επιστημονικές οπτικές αναπαραστάσεις -βλ. Σχήμα 3 (Brooks, 2009; Coleman et al., 2012; Danish & Phelps, 2011; Hassett, 2010; Jarman et al., 2012; Mathewson, 1999; McTigue & Flowers, 2011; Poizzer-Ardenghi & Roth, 2005; Unsworth, 2004). Έτσι, παρά τις αρχικές δυσκολίες στην κατανόηση μιας χρονοσειράς που αναφέρθηκαν παραπάνω (Σχήμα 4, αριστερά), μέσα από ειδικά εστιασμένες διδακτικές δραστηριότητες που αξιοποιούσαν ποικιλία οπτικού υλικού (Σχήμα 3), τα παιδιά που συμμετείχαν στη διδακτική ακολουθία για τον ανθρώπινο κύκλο ζωής κατόρθωσαν να αποκωδικοποιήσουν την εικόνα και τις συμβάσεις της, αναγνωρίζοντας ότι πρόκειται για τον ίδιο άνθρωπο που μεγαλώνει και μάλιστα ήταν σε θέση να παραγάγουν αντίστοιχα σχέδια, σειροθετώντας απεικονίσεις του εαυτού τους σε διαφορετικές ηλικίες και ενσωματώνοντας σε αυτές στοιχειώδεις οπτικές συμβάσεις, όπως η γραμμή του χρόνου και τα βέλη (Σχήμα 6).

**Σχήμα 6:** Σχέδια νηπίων που αναπαριστούν διαδοχικά στάδια του ανθρώπινου κύκλου ζωής με χρήση οπτικών συμβάσεων όπως ο άξονας του χρόνου (αριστερά) και τα βέλη (δεξιά)



Ειδικά αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν διδακτικά πολλαπλές αναπαραστάσεις με σκοπό τη βαθύτερη κατανόηση μιας έννοιας, θα πρέπει να παρασχεθούν στους μαθητές σκαλωσιές μάθησης που να υποστηρίζουν την ανάπτυξη της ικανότητας μετάφρασης από τη μία αναπαράσταση στην άλλη (Ainsworth, 2008). Για παράδειγμα, προτείνεται η ταυτόχρονη χρήση μιας πιο ρεαλιστικής (π.χ. φωτογραφίας) και μιας πιο συμβατικής (π.χ. διαγράμματος) αναπαράστασης της ίδιας οντότητας και η εξήγηση των ομοιοτήτων και των διαφορών τους στη μορφή και στην πληροφορία που περιέχουν. Τέτοιες πρακτικές μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές με μαθητές που έχουν χαμηλό επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης των όσων αναπαρίστανται, όπως είναι τα μικρότερα παιδιά,



που θα πρέπει να υποστηρίζονται και να καθοδηγούνται συστηματικά προκειμένου να κατανοούν και να ερμηνεύουν διαφορετικές αναπαραστάσεις της προς κατάκτηση εννοιολογικής περιοχής. Είναι λοιπόν σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να επισημαίνουν πώς διαφορετικές αναπαραστάσεις της ίδιας έννοιας ή φαινομένου αναδεικνύουν διαφορετικές πτυχές τους και επομένως να τονίζουν τη σημασία της επιλογής των κατάλληλων αναπαραστάσεων και να μελετούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε απεικόνισης σε κάθε περίπτωση (Cook et al., 2008; Glazer, 2011; McTigue & Flowers, 2011).

Στο Σχήμα 7 φαίνονται παραδείγματα οπτικών αναπαραστάσεων που κατασκεύασαν τα παιδιά ενός νηπιαγωγείου σε μια δραστηριότητα για τον ηλεκτρισμό, αφότου είχαν εμπλακεί στην κατανόηση παρόμοιων και ποικίλων κωδικοποιήσεων, κατά την οποία ταξινομήσαν καθημερινές ηλεκτρικές συσκευές με βάση τις χρήσεις τους με τη μορφή υβριδικών ταξινομητικών αναπαραστάσεων διαφορετικών τύπων (ιστογράμματος και πίνακα διπλής εισόδου).

**Σχήμα 7:** Διαφορετικές οπτικές κωδικοποιήσεις ταξινομήσεων καθημερινών ηλεκτρικών συσκευών



Προκειμένου να εξοικειωθούν τα παιδιά με την επιστημονική οπτική γλώσσα, προτείνεται η σταδιακή ενασχόλησή τους με ολοένα και πιο εξειδικευμένες εικόνες, δηλ. η βαθμιαία μετακίνηση από αποκλειστικά αφηγηματικές εικόνες που αναπαριστούν γεγονότα ή διαδικασίες προς εικόνες που περιγράφουν είτε ταξινομήσεις οντοτήτων, είτε την ανάλυση αντικειμένων στα μέρη που τις απαρτίζουν. Σε αυτή τη μετακίνηση μπορούν να βοηθήσουν εικόνες που δεν εμπίπτουν απόλυτα στη μία ή στην άλλη κατηγορία, αλλά λειτουργούν ως συνδυασμοί τους, ή μεταβάσεις από την απεικόνιση ενός γεγονότος στην αναπαράσταση πιο αφηρημένων ταξινομήσεων. Παρόμοια, προτείνεται η σταδιακή μετακίνηση από ρεαλιστικές εικόνες (π.χ. φωτογραφίες, ή σκίτσα), σε εικόνες που ενσωματώνουν αφαιρετικές επιστημονικές οπτικές συμβάσεις (π.χ. γραμμές, σύμβολα, βέλη, χρήση χρωματικών κωδίκων). Τέτοιες μεταβάσεις σε ολοένα πιο εξειδικευμένες οπτικές κωδικοποιήσεις θεωρούνται ιδιαίτερα χρήσιμες, καθώς λειτουργούν ως γέφυρες για την εξοικείωση των μαθητών με την οπτική γλώσσα της επιστήμης (Gonitsioti et al., 2013; Κουλαϊδής κ.ά., 2002; Kress & Van Leeuwen, 1996; Unsworth, 1997) και προτείνεται να ξεκινούν κατά τα πρώτα σχολικά χρόνια και να συνεχίζονται σε όλη την

εκπαιδευτική πορεία των μαθητών (Unsworth, 2004) με την ενισχυμένη, αλλά σταδιακά μειούμενη υποστήριξη από τους εκπαιδευτικούς (Åberg-Bengtsson, 2006).

## **Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΟΠΤΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ**

Με τη νέα θεώρηση της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. ως πολυτροπικής πρακτικής και την αναγνώριση της αξίας των οπτικών αναπαραστάσεων στην ποιοτική μάθηση αναδύεται η ανάγκη επαναπροσδιορισμού της αξιολόγησης σε πολυτροπικά πλαίσια μέσα από τη χρήση συνεκτικών και ολοκληρωμένων κριτηρίων από τους εκπαιδευτικούς προκειμένου να αποτιμούν την κατανόηση, τη χρήση και την παραγωγή εικόνων με επιστημονικό περιεχόμενο από τα παιδιά (Ainsworth et al., 2011; Danish & Phelps, 2011; Jewitt, 2008; Jewitt et al., 2001; Lemke, 1998β).

Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει επομένως να είναι προετοιμασμένοι ώστε να αξιολογούν και να επιλέγουν τα κατάλληλα πολυτροπικά κείμενα που να υποστηρίζουν τη μάθηση (Unsworth, 2004), αλλά και να καθοδηγούν τους μαθητές στην ‘πλοήγησή’ τους σε αυτά. Συνεπώς απαιτείται από αυτούς η συστηματική υποστήριξη της ανάπτυξης του Ε.Ο.Γ. των μαθητών τους με πρακτικές όπως αυτές που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα, προκειμένου να τους διδάξουν πώς να ‘αποκωδικοποιούν’ την οπτική πληροφορία (Coleman et al., 2011; Coleman & Dantzer, 2016; Martinez Pena & Gil Quilez, 2001). Επιπλέον, οι οπτικές παραγωγές των παιδιών, που συνιστούν τεκμήρια του πώς κατανοούν και ερμηνεύουν επιστημονικές έννοιες, αλλά και του επιπέδου κατανόησης της φύσης και των συμβάσεων της επιστημονικής οπτικής γλώσσας, καθίστανται χρήσιμα εργαλεία για τον προσδιορισμό των αντιλήψεων και του επιπέδου Ε.Ο.Γ. των μαθητών, αλλά και αξιολόγησης της διδασκαλίας (Ainsworth et al., 2011; Britsch, 2013; Brooks, 2009; Chang, 2012; Danish & Phelps, 2011; Jewitt, 2008; Reiss et al., 2007; Tytler et al., 2006).

Ωστόσο, έρευνες (Coleman et al., 2011, 2012; McTigue & Flowers, 2011) έδειξαν ότι η αξιοποίηση των οπτικών αναπαραστάσεων από τους εκπαιδευτικούς στην προσχολική και στις πρώτες τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι περιορισμένη τόσο σε συχνότητα, όσο και σε βάθος. Για παράδειγμα, συνήθεις πρακτικές των εκπαιδευτικών, όπως το να δείχνουν στα παιδιά εικόνες και να τα καλούν να τις παρατηρήσουν και να ονομάσουν τα απεικονιζόμενα στοιχεία, έχουν ιδιαίτερα περιορισμένα αποτελέσματα, που εξαντλούνται στα όρια μιας συγκεκριμένης εικόνας, χωρίς να επιτρέπουν στους μαθητές τη βαθύτερη κατανόηση των οπτικών επιλογών που αυτή ενσωματώνει.

Τα παραπάνω ευρήματα είναι αναμενόμενα, αν ληφθεί υπόψη ότι οι εκπαιδευτικοί δεν εκπαιδεύονται σε θέματα οπτικού γραμματισμού και επομένως δεν έχουν αναπτύξει επαρκή επίγνωση των συμβάσεων και των αρχών της επιστημονικής οπτικής γλώσσας και επομένως δεν είναι σε θέση να εκτιμήσουν τα οπτικά νοήματα στα εκπαιδευτικά υλικά των Φ.Ε. και στις παραγωγές των παιδιών. Αυτή η απουσία εξειδικευμένης γνώσης από την πλευρά τους θέτει σημαντικούς περιορισμούς στην υιοθέτηση διδακτικών πρακτικών προσανατολισμένων στην καλλιέργεια του Ε.Ο.Γ. των μαθητών τους (Glazer, 2011). Χρειάζεται επομένως η ενσωμάτωση των αρχών του Ε.Ο.Γ. στα προγράμματα

εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών όλων των βαθμίδων, προκειμένου να κατανοήσουν πώς να διαβάζουν οι ίδιοι επιστημονικές οπτικές αναπαραστάσεις με επαρκή τρόπο, να αναπτύξουν κριτήρια επιλογής και αξιολόγησής τους και να εκτιμήσουν πώς αυτές λειτουργούν ως μέρος της μάθησης των παιδιών (Britsch, 2013; Brooks, 2009).

## **ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ**

Όπως ήδη διαφάνηκε, η καλλιέργεια του Ε.Ο.Γ. συνιστά αφενός ένα σημαντικό 'στοίχημα' για την εκπαίδευση στις Φ.Ε., αφετέρου ένα πολυδιάστατο ερευνητικό πεδίο. Και παρά το γεγονός ότι αναμένεται από τα παιδιά να ερμηνεύουν, να χρησιμοποιούν και να παράγουν οπτικές αναπαραστάσεις και να αξιολογούνται γι' αυτές τις ικανότητες, παραμένουν ανοικτά ερωτήματα που χρειάζονται συστηματικότερη διερεύνηση, ώστε να τροφοδοτηθεί η διδασκαλία με εργαλεία αποτελεσματικής αξιοποίησής τους. Επιγραμματικά, περισσότερη έρευνα χρειάζεται προκειμένου να προσδιοριστεί:

- Με ποιους τρόπους οι μαθητές ενσωματώνουν τους διαφορετικούς σημειωτικούς πόρους κατασκευάζοντας ενιαία νοήματα (Lemke, 1998β).
- Η ανάπτυξη των ικανοτήτων Ε.Ο.Γ. των μαθητών ως αποτέλεσμα ειδικά εστιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων και χρήσης διαφορετικών διαμεσολαβητικών εργαλείων (Brooks, 2009; Glazer, 2011; Danish & Phelps, 2011).
- Οι δυνατότητες νοηματοδότησης των οπτικών αναπαραστάσεων με επιστημονική πληροφορία και οι όροι επαρκούς τους κατανόησης από τους μαθητές (Coleman et al., 2011; Trumbo, 1999).
- Με ποιους τρόπους σχετίζονται οι ικανότητες ερμηνείας και παραγωγής οπτικών αναπαραστάσεων στους μαθητές (Mokros & Tinker, 1987; Coleman et al., 2011).
- Οι θεμελιώδεις ικανότητες που απαιτείται να αναπτύξουν οι μαθητές προκειμένου η διαδικασία παραγωγής οπτικών αναπαραστάσεων να είναι μαθησιακά επωφελής (Ainsworth et al., 2011; Danish & Phelps, 2011).
- Η ηλικία και ο τρόπος με τον οποίο είναι εφικτή από τα παιδιά η μεταφορά των αναπαραστατικών τους πρακτικών από μία εννοιολογική περιοχή σε μία άλλη (Danish & Phelps, 2011).
- Το πώς διαχειρίζονται οι εκπαιδευτικοί τις οπτικές αναπαραστάσεις κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε. (Ainsworth et al., 2011; Coleman et al., 2011).
- Πόσοι διαφορετικοί τύποι εικόνων θα πρέπει να ενσωματώνονται σε δραστηριότητες με χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων, ανάλογα με την εννοιολογική περιοχή που εξετάζεται, την ηλικία των παιδιών και την προϋπάρχουσα γνώση τους (Rau, 2017).
- Ποιες αρχές του Ε.Ο.Γ. πρέπει να περιλαμβάνονται στο σχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων των Φ.Ε. (Lemke, 1998β).

Ορισμένες από τις περιοχές αυτές διερευνώνται ήδη και στη χώρα μας (ενδεικτικά: Anagnostopoulou et al., 2012, 2013; Christidou et al., 2009, 2015; Γονιτισιώτη & Χρηστίδου 2008; Gonitsioti et al., 2013; Koutsikou et al., 2015, Tsoukala & Christidou, 2014; Skoumios, 2013; Givry & Pantidos, 2012; Χρηστίδου κ.ά., 2015). Ωστόσο, το

ερευνητικό πεδίο που σχετίζεται με την ανάπτυξη του Ε.Ο.Γ. των μαθητών είναι ιδιαίτερα ευρύ και πολυδιάστατο και προσφέρεται για περισσότερη συστηματική μελέτη από διαφορετικές οπτικές.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Åberg-Bengtsson, L. (2006). "Then you can take half... almost"—Elementary students learning bar graphs and pie charts in a computer-based context. *The Journal of Mathematical Behavior*, 25(2), 116-135.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191-208). London: Springer.
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096-1097.
- Anagnostopoulou, K., Hatzinikita, V., & Christidou, V. (2012). Exploring visual material in PISA and school-based tests. *Skhólé*, 17, 47-56.
- Anagnostopoulou, K., Hatzinikita, V., Christidou, V., & Dimopoulos, K. (2013). PISA test items and school-based examinations in Greece: Exploring the relationship between global and local assessment discourses. *International Journal of Science Education*, 35(4), 636-662.
- Asenova, A., & Reiss, M. (2011). The role of visualization of biological knowledge in the formation of sets of educational skills. *Списакие ка Софијска Университет за електронско обучение* [Journal of the Sofia University for Online Education], 1. Ανακτήθηκε από <http://journal.e-center.uni-sofia.bg/f/downloads/2011/Broi%201/A.Asenova.pdf>
- Avgerinou, M., & Ericson, J. (1997). A review of the concept of visual literacy. *British Journal of Educational Technology*, 28(4), 280-291.
- Avgerinou, M. D., & Pettersson, R. (2011). Toward a cohesive theory of visual literacy. *Journal of Visual Literacy*, 30(2), 1-19.
- Britsch, S. (2013). Visual language and science understanding: a brief tutorial for teachers. *Australian Journal of Language and Literacy*, 36(1), 17-27.
- Brooks, M. (2009). Drawing, visualisation and young children's exploration of "big ideas". *International Journal of Science Education*, 31(3), 319-341.
- Chang, N. (2012). What are the roles that children's drawings play in inquiry of science concepts? *Early Child Development and Care*, 182(5), 621-637.
- Christidou, V., Dimitriou, A., Barkas, N., Papadopoulou, M., & Grammenos, S. (2015). "Young Noise Researchers": An intervention to promote noise awareness in preschool children. *Journal of Baltic Science Education*, 14(5), 569-585.
- Christidou, V., Hatzinikita, V., & Dimitriou, A. (2009). Children's drawings about environmental phenomena: the use of visual codes. *International Journal of Science in Society*, 1(1), 107-117.

- Coleman, J. M., & Dantzler, J. A. (2016). The frequency and type of graphical representations in science trade books for children. *Journal of Visual Literacy*, 35(1), 24-41.
- Coleman, J. M., Golson Bradley, L. G., & Donovan, C. A. (2012). Visual representations in second graders' information book compositions. *The Reading Teacher*, 66(1), 31-45.
- Coleman, J. M., McTigue, E. M., & Smolkin, L. B. (2011). Elementary teachers' use of graphical representations in science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22(7), 613-643.
- Cook, M., Wiebe, E. N., & Carter, G. (2008). The influence of prior knowledge on viewing and interpreting graphics with macroscopic and molecular representations. *Science Education*, 92(5), 848-867.
- Cope, B., & Kalantzis, M. (2009). "Multiliteracies": New literacies, new learning. *Pedagogies: An International Journal*, 4(3), 164-195.
- Γονιτσιώτη, Χ., & Χρησιτίδου, Β. (2008). Η κατανόηση και οι δυσκολίες ανάγνωσης οπτικών αναπαραστάσεων από παιδιά του δημοτικού: το φαινόμενο του θερμοκηπίου. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, 26, 6-19.
- Γονιτσιώτη, Χ., Χρησιτίδου, Β., & Χατζηνικήτα, Β. (2014). Ανάγνωση και παραγωγή εικόνων φυσικών επιστημών από παιδιά προσχολικής εκπαίδευσης: δραστηριότητες ανάπτυξης οπτικού γραμματισμού. Στο Π. Καριώτογλου & Π. Παπαδοπούλου (Επιμ.), *Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον στην Προσχολική Εκπαίδευση: Αναζητήσεις και Προτάσεις* (σελ. 285-304). Αθήνα: Gutenberg.
- Danish, J. A., & Phelps, D. (2011). Representational practices by the numbers: How kindergarten and first-grade students create, evaluate, and modify their science representations. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2069-2094.
- Danos, X., & Norman, E. W. L. (2009). The development of a new taxonomy for graphicacy. In E. Norman & D. Spendlove (Eds.), *The Design and Technology Association International Research Conference 2009* (pp. 69-84). Wellesbourne: The Design and Technology Association.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V., & Sklaveniti, S. (2003). Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. *Research in Science Education*, 33(2), 189-216.
- Gerber, R., Boulton-Lewis, G., & Bruce, C. (1995). Children's understanding of graphic representations of quantitative data. *Learning and Instruction*, 5(1), 77-100.
- Gilbert, J. K. (2005). Introduction. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 1-5). Dordrecht: Springer.
- Givry, D. & Pantidos, P. (2012). Toward a multimodal approach of science teaching. *Skholé*, 17, 123-129.
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: A review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183-210.
- Gonitsiotti, 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.
- Hassett, D. D. (2010). New literacies in the elementary classroom: The instructional dynamics of visual-texts. In K. Hall, U. Goswami, C. Harrison, S. Ellis, & J. Soler (Eds.), *Interdisciplinary perspectives on learning to read* (pp. 101-114). London: Routledge.
- Jarman, R., McClune, B., Pyle, E., & Braband, G. (2012). The critical reading of the images associated with science-related news reports: Establishing a knowledge, skills, and attitudes framework. *International Journal of Science Education, Part B*, 2(2), 103-129.
- Jewitt, C. (2008). *The Visual in Learning and Creativity: A review of the literature*. London: Arts Council England, Creative Partnerships.
- Jewitt, C., Kress, G., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). Exploring learning through visual, actional and linguistic communication: The multimodal environment of a science classroom. *Educational Review*, 53(1), 5-18.
- Jolley, R. (2018). *Παιδί και Εικόνα* (Φ. Μπονώτη, Επιμ., Α. Μάντζιου, Μεταφ.). Αθήνα: Τόπος
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ., & Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα κείμενα της τεχνολογίας στο δημόσιο χώρο*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Koutsikou, M., Bonoti, F., & Christidou, V. (2015). The effect of explanatory captions on understanding a scientific explanation. *International Journal of Research in Education Methodology*, 7(2), 1127-1138.
- Kress, G. (2003). *Literacy in the new media age*. London: Routledge.
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: The grammar of visual design*. London: Routledge.
- Lemke, J.L. (1998a). Multiplying meaning: Visual and verbal Semiotics in scientific text, In J.R. Martin & R. Veel (Eds.), *Reading science* (pp. 87-113). London: Routledge.
- Lemke, J. (1998β). Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. *Linguistics and Education*, 10(3), 247-271.
- Liu, Y. (2009). Teaching multiliteracies in scientific discourse: Implications from symbolic construction of chemistry. *K@ta: A Biannual Publication on the Study of Language and Literature*, 11(2), 128-141.
- Martinez Pena, B., & Gil Quilez, M. J. (2001). The importance of images in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1125-1135.
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83(1), 33-54.
- McTigue, E. Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal Teaching and Learning*. London: Continuum Press M., & Flowers, A. C. (2011). Science visual literacy: Learners' perceptions and knowledge of diagrams. *The Reading Teacher*, 64(8), 578-589.

- Mokros, J. R., & Tinker, R. F. (1987). The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 369-383.
- Moline, S. (2011). *I see what you mean: Visual literacy K-8*. Portsmouth, NH: Stenhouse Publishers.
- Παπαδοπούλου, Μ. (2005). Τα πολυτροπικά κείμενα ως μέσον προσέγγισης της γραφής από παιδιά προσχολικής ηλικίας. *Ερευνώντας τον κόσμο του Παιδιού*, 6, 120-130.
- Papadopoulou, M. (2009). Knowing and guessing: How do 9 year olds approach the meaning of visual signs in weather charts?. *meta-carto-semiotics: Journal of Theoretical Cartography*, 2(1), 17-23.
- Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W. M. (2005). Making sense of photographs. *Science Education*, 89(2), 219-241.
- Rau, M. A. (2017). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717-761.
- Roth, W. M., & Bowen, G. M. (2003). When are graphs worth ten thousand words? An expert-expert study. *Cognition and Instruction*, 21(4), 429-473.
- Shah, P., & Hoeffner, J. (2002). Review of graph comprehension research: Implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 14(1), 47-69.
- Skoumios, M. (2013). Pupils' ability to interpret bar graphs. *International Journal of Science, Mathematics, and Technology Learning*, 19(3), 57-70.
- Stylianidou, F., Ormerod, F., & Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them. *International Journal of Science Education*, 24(3), 257-283.
- Trumbo, J. (1999). Visual literacy and science communication. *Science Communication*, 20(4), 409-425.
- Τσουκαλά, Κ., & Χρηστίδου, Β. (2014). Αξιοποίηση πολλαπλών οπτικών αναπαραστάσεων για την κατανόηση της δομής του ανθρώπινου σώματος στο νηπιαγωγείο. Στο Μ. Τζεκάκη & Μ. Κανατσούλη (Επιμ.), *Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανα-στοχασμοί για την παιδική ηλικία»* (σελ. 1500-1503). Θεσσαλονίκη: ΤΕΠΑΕ, ΑΠΘ.
- Tytler, R., Peterson, S., & Prain, V. (2006). Picturing evaporation: Learning science literacy through a particle representation. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 52(1), 12-17.
- Unsworth, L. (1997). Scaffolding reading of science explanations: Accessing the grammatical and visual forms of specialized knowledge. *Reading*, 31(3), 30-42.
- Unsworth, L. (2004). Comparing school science explanations in books and computer-based formats: The role of images, image/text relations and hyperlinks. *International Journal of Instructional Media*, 31(3), 283-301.
- Yore, L. D., & Hand, B. (2010). Epilogue: Plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. *Research in Science Education*, 40(1), 93-101.

Χρηστίδου, Β., Δημητρίου, Α., Παπαδοπούλου, Μ., Γραμμένος, Σ., & Μάρκας, Ν. (2015). «Μικροί ερευνητές ήχου»: ένα εκπαιδευτικό σενάριο για την ευαισθητοποίηση στις συνέπειες του θορύβου. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σελ. 452-471). Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.



# **Τάσεις και Διαστάσεις «Περιβαλλόντων Εκπαιδευτικών Υλικών» για Τεχνολογικά εμπλουτισμένες Μαθησιακές Δραστηριότητες: Ορισμοί και Προσδιορισμοί**

**Αγγελική Δημητρακοπούλου**

Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής,  
Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
[adimitr@aegean.gr , ltee.aegean.gr/adimitr]

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

*Αναζητώντας την υπόσταση και τις διαστάσεις του εκπαιδευτικού υλικού σε έναν διαρκώς εξελισσόμενο κόσμο, αναλύθηκαν οι σύγχρονες τάσεις σε τρία συναφή πεδία: (α) στον σχεδιασμό εκπαιδευτικών εφαρμογών των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), (β) στις προτάσεις μαθησιακών δραστηριοτήτων όπως προκύπτουν από τις Διδακτικές των γνωστικών αντικειμένων, (γ) στις πρόσφατες αναπτύξεις θεωριών μάθησης των Γνωσιακών Επιστημών. Οι εξελικτικές τάσεις των τριών αυτών πεδίων προσδιορίζουν ορισμένες συγκλίνουσες διαστάσεις για τον ορισμό ενός κατανεμημένου περιβάλλοντος εκπαιδευτικού υλικού στον χώρο της μαθησιακής δραστηριότητας. Επιχειρώντας τον ορισμό ενός ενιαίου πλαισίου ψηφιακού-απτού εκπαιδευτικού υλικού οι προσδιορισμοί επεκτείνονται στις κύριες διαστάσεις των χαρακτηριστικών αυτού για την ένταξη λειτουργίας και την μελέτη αυτού μέσα στην οικολογία ενός αυθεντικού σχολικού περιβάλλοντος. Η απαίτηση αυτή συμπληρώνεται λαμβάνοντας ισχυρά υπόψη τις ανάγκες και τα μέσα υποστήριξης των δρώντων των μαθησιακών δραστηριοτήτων και χρηστών εκπαιδευτικών υλικών, όπως αυτοί καθορίζονται από τους ρόλους τους ως μαθητές και διδάσκοντες.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπαιδευτικό Υλικό, Μαθησιακή Τεχνολογία, Πανταχού Παρούσες Τεχνολογίες, Επαγγελματική Πραγματικότητα, Μαθησιακή Αναλυτική, Μεταγνώση, Αυτορρύθμιση, Συνεργατική Μάθηση, Μαθησιακές Δραστηριότητες, Μαθητής, Εκπαιδευτικός, Θεωρία Κατανεμημένου Γινώσκειν, 4E Γινώσκειν, Κοινωνική Σημειωτική, Διδακτική Θετικών Επιστημών, Γνωσιακές Επιστήμες, STEAM.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα διεπιστημονικά πεδία της Διδακτικής των Γνωστικών Αντικειμένων και των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην Εκπαίδευση, μέσα από μια έντονη ιστορική εξέλιξη, ιδιαίτερα κατά τα τελευταία πενήντα έτη, έχουν αναπτύξει μια ευρεία ποικιλία εκπαιδευτικών υλικών κάθε είδους (Σκουμπουρδή & Σκουμιός 2016, Σκουμιός & Σκουμπουρδή 2015). Από υλικά παρουσίασης (σχολικά εγχειρίδια, χάρτες, βίντεο, animation, powerpoint κ.ά.) έως υλικά έκφρασης (φύλλα εργασιών, εννοιολογική χαρτογράφηση κ.ά.) και εργαλεία δράσης (χειροπιαστά υλικά, ψηφιακοί μικρόκοσμοι, παιχνίδια δράσης, εργαλεία σύνθεσης κ.ά.) και από υλικά οδηγιών (οδηγοί μελέτης, οδηγοί διδασκόντων, εκπαιδευτικές πύλες κ.ά.) έως εργαλεία διαχείρισης. Η παραγωγή καλύπτει σχεδόν κάθε ηλικία και κάθε εκπαιδευτική ανάγκη, ενώ αναφέρεται σε υλικό κάθε είδους όπως απτό φυσικό ή βιομηχανικό υλικό, τεχνολογικό υλικό, απλό ψηφιακό υλικό, πολυμεσικό διαδικτυακό ψηφιακό υλικό κ.ά.

Μέσα από μια οπτική σύνθεσης επί θεμάτων σχεδιασμού εκπαιδευτικών υλικών, για συνθήκες θεσμικής, σχολικής εκπαίδευσης, θέτονται ορισμένα αρχικά ερωτήματα:

- Διαγράφονται ορισμένες ενδιαφέρουσες και ελπιδοφόρες τάσεις στον χώρο του σχεδιασμού εφαρμογών των ΤΠΕ; Ποιες είναι οι απαιτήσεις των πρόσφατων προδιαγραφών σχεδιασμού μαθησιακών δραστηριοτήτων; Τι μας προσφέρει το πεδίο των γνωστικών επιστημών στις σύγχρονες αναζητήσεις επί των θεωριών μάθησης και στις συνέπειες αυτών στον σχεδιασμό υλικών;
- Ποια η σχέση απτού φυσικού και ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού; Αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα ή δύνανται να έχουν κοινά πεδία επαφής και διασύνδεσης;
- Ποιοι οι λόγοι που δεν έχουν ενταχθεί στην καθημερινή εκπαιδευτική πρακτική προωθημένες και ουσιαστικές μαθησιακές δραστηριότητες και εκπαιδευτικά υλικά; Ένα εκπαιδευτικό υλικό όσο καλά σχεδιασμένο κι αν είναι λειτουργεί αυτόνομα; Εξασφαλίζεται η επιτυχία της αποτελεσματικότητάς του στη μάθηση από την αυτόνομη χρήση του; Ποιοι άλλοι παράγοντες παίζουν ρόλο; Ποιες διαστάσεις (ρητές ή άρρητες, εμφανείς ή υποκείμενες) χαρακτηρίζουν την χρήση και την αξιοποίηση ενός εκπαιδευτικού υλικού; Ποιοι παράγοντες είναι αυτοί που συχνά αμελούμε κατά την εκπαιδευτική έρευνα, με αποτέλεσμα να ακυρώνουμε την τύχη πολλών εκπαιδευτικών καινοτομιών να ενταχθούν στην καθημερινή εκπαιδευτική πρακτική;

Αναζητώντας την έννοια του εκπαιδευτικού υλικού σε έναν κόσμο προωθημένων τεχνολογικών εφαρμογών, καθώς και την διασφάλιση μιας λειτουργικά αποτελεσματικής (μαθησιακά, διαδικαστικά) αξιοποίησης των παραγομένων εκπαιδευτικών υλικών στην τυπική εκπαίδευση, η παρούσα εισήγηση διαρθρώνεται σε τρία μέρη: Στο πρώτο μέρος καταγράφονται οι σύγχρονες τάσεις σε τρία ερευνητικά πεδία: (α) στο πεδίο των τεχνολογικών εφαρμογών, (β) στο πεδίο των προτεινόμενων μαθησιακών δραστηριοτήτων, (γ) στο πεδίο των θεωριών μάθησης των γνωστικών επιστημών. Μέσα από την ανάλυση των σύγχρονων τάσεων αναζητώνται συγκλήσεις και κάποια πρώτα συμπεράσματα όσον αφορά τα αναγκαία χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις του

εκπαιδευτικού υλικού. Στο δεύτερο μέρος, μέσα από το ερώτημα της λειτουργικής χρήσης και της υποστήριξης της ένταξης των προτεινόμενων εκπαιδευτικών υλικών στην καθημερινή σχολική πρακτική, καταγράφονται οι ανάγκες και τα μέσα υποστήριξης των υποκειμένων που χρησιμοποιούν τα εκπαιδευτικών υλικά, δηλαδή των δρώντων των μαθησιακών δραστηριοτήτων: των μαθητών και των ίδιων των εκπαιδευτικών που έχουν την ευθύνη της διαχείρισής τους και της ουσιαστικής αξιοποίησής τους. Βασίζόμενοι στα συμπεράσματα από αυτά τα δύο μέρη αναζητήσεων και αναλύσεων, το τρίτο μέρος, μέσα από μια θεώρηση ενός ενιαίου πλαισίου ψηφιακού - απτού εκπαιδευτικού υλικού προχωρά σε ορισμούς και προσδιορισμούς του εκπαιδευτικού υλικού, των διαστάσεων αυτού και των παραγόντων που επιδρούν στην αποτελεσματικότητά του.

### **ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

Η παρούσα ενότητα καταγράφει τις σύγχρονες αναδυόμενες τάσεις εξέλιξης σε τρία κύρια πεδία που επηρεάζουν άμεσα η έμμεσα τα χαρακτηριστικά της παραγωγής εκπαιδευτικών υλικών: (α) Σχεδιασμός Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Υλικών, (β) Σχεδιασμός Μαθησιακών Δραστηριοτήτων, (γ) Αναπτύξεις Θεωριών Μάθησης.

#### **Τάσεις εξέλιξης στον σχεδιασμό τεχνολογικών εκπαιδευτικών υλικών**

Κατά τα τελευταία πενήντα χρόνια, σχεδιάζονται, αναπτύσσονται και εξελίσσονται ποικίλες κατηγορίες εκπαιδευτικών εφαρμογών των ΤΠΕ, όπως: (Α) *Τεχνολογικές μαθησιακές εφαρμογές*: (α) λογισμικά προσομοίωσης (φυσικών φαινομένων ή συστημάτων), (β) λογισμικά μοντελοποίησης (γ) συστήματα υποστήριξης πειραματικών διατάξεων, (δ) γλώσσες προγραμματισμού, (ε) συστήματα ρομποτικής, (στ) πολυμεσικές υπερκειμενικές εγκυκλοπαίδειες, (ζ) λογισμικά πρακτικής και εξάσκησης, (η) αυτοματοποιημένη παρουσίαση-παροχή περιεχομένου (θ) εκπαιδευτικά παιχνίδια, (ι) λογισμικά εννοιολογικής χαρτογράφησης, (κ) Διαδικτυακά συνεργατικά λογισμικά (έκφρασης, επιχειρηματολόγησης, προσομοίωσης κ.ά.), (Β) *Εργαλεία γενικής χρήσης δυνάμενα να αξιοποιηθούν και για εκπαιδευτικούς σκοπούς*: (α) Ανοικτά λογισμικά γενικής χρήσης: κειμενογράφοι, λογισμικά παρουσίασης, στατιστικής επεξεργασίας, επεξεργασίας βίντεο, επεξεργασίας φωτογραφίας, σχεδίασης, ζωγραφικής κ.ά. (β) Διαδικτυακά εργαλεία σύγχρονης επικοινωνίας (chat, skype), ασύγχρονης επικοινωνίας (forum, email) κ.ά. (γ) Συνδυαστικά συστήματα: παρουσίασης-δημοσιοποίησης και επικοινωνίας (ιστότοποι, facebook, blog). (Γ) *Συστήματα Διαχείρισης*: πλατφόρμες μαθημάτων (π.χ. moodle), πλατφόρμες διαχείρισης εργασιών, διαδικτυακά μαθητολόγια κ.ά.

Σε όλη αυτή την πορεία για την παραγωγή εκπαιδευτικών εφαρμογών των ΤΠΕ, οι επιστημονικές ομάδες εστίαζαν κυρίως την έρευνά τους στα αρχικά στάδια σχεδιασμού των νέων τεχνολογικών εφαρμογών, μέχρι την ανάπτυξή τους, προκειμένου να διασφαλίσουν ότι το προτεινόμενο σύστημα πρόσφερε πλήρη λειτουργικότητα, ευχρηστία, καθώς και τη δυνατότητα να επιφέρει τα στοχευμένα γνωστικά αποτελέσματα σε συνδυασμό με ορισμένες ειδικές συνήθως κατηγορίες μαθησιακών δραστηριοτήτων. Ελάχιστες είναι οι έρευνες που επεκτείνουν αφενός στην ουσιαστική και μακρόχρονη

ένταξη και αξιοποίηση των τεχνολογικών αυτών εφαρμογών στην διδακτική πράξη (Scardamalia & Bereiter 2006), και ακόμα λιγότερες εκείνες που ξεφεύγουν από την μονομερή σχεδιαστική εστίαση της έρευνας και λαμβάνουν υπόψη τους την ταυτόχρονη αξιοποίηση και άλλων παραδοσιακών ή μη, ψηφιακών ή απτών εκπαιδευτικών υλικών (Ioannidou & Dimitracopoulou, 2003).

Για τις αναδυόμενες τάσεις σχεδιασμού τεχνολογικών συστημάτων, έχει ενδιαφέρον να αναζητήσουμε την συσχέτιση ανάμεσα στα τεχνολογικά ψηφιακά υλικά και τα υλικά του φυσικού ή κατασκευασμένου κόσμου. Υπάρχει σύνδεση; Αναπτύσσεται έρευνα που ενοποιεί τα δύο αυτά συστήματα: παραδοσιακά φυσικά ή κατασκευασμένα υλικά και ψηφιακά συστήματα, ψηφιακά υλικά; Συνδέεται ο απτός φυσικός κόσμος αντικειμένων με τον ψηφιακό κόσμο; Ας διακρίνουμε τρεις δυνατές περιπτώσεις:

- (i) *Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (HY) ⇒ Φυσικό Περιβάλλον (εντολές από HY προς το φυσικό περιβάλλον)*: Η εν λόγω σύνδεση ήταν εφικτή από την αρχή του σύγχρονου πεδίου των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, που ταυτίζεται με την έναρξη της εκπαιδευτικής ρομποτικής (1969:χελώνα εδάφους LOGO, Papert, 1980). Η διασύνδεση του HY με ποικίλα συστήματα ρομπότ ή άλλες απλές συσκευές (π.χ. Lego-Logo) [Resnick 2017, Komis & Misirli, 2016, Fesakis et al. 2013], υλοποιείται και βρίσκεται σε άνθηση μέσω της εκπαιδευτικής ρομποτικής με χρήση απλών ή σύνθετων γλωσσών προγραμματισμού. Επιπρόσθετα, εντολές HY με έξοδο προς το φυσικό περιβάλλον εφαρμόζονται μέσω των συστημάτων δισδιάστατης ή τρισδιάστατης εκτύπωσης (2D, 3D printing).
- (ii) *Φυσικό περιβάλλον ⇒ Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (εισαγωγή δεδομένων από το φυσικό περιβάλλον σε HY)*: Και αυτή η δεύτερη περίπτωση σύνδεσης φυσικού ψηφιακού κόσμου ήταν εφικτή από τα πρώτα χρόνια και υλοποιείτο κυρίως από τις εφαρμογές των πειραμάτων μέσω υπολογιστή για επιστημονικούς ή εκπαιδευτικούς σκοπούς (Microcomputer Based Laboratory – MBL, σύστημα: «MODELLINGSPACE», Dimitracopoulou & Komis, 2003, προσέγγιση: ‘bifocal modelling’, Bliskstein, 2012). Η εισαγωγή δεδομένων γίνεται συνήθως με την χρήση αισθητήρων συλλογής δεδομένων (θερμοκρασίας, υγρασίας, pH κ.ά.), καθώς και με δισδιάστατα ή τρισδιάστατα συστήματα σάρωσης (scanner) για αντικείμενα αντίστοιχα δύο διαστάσεων (π.χ. συμπληρωμένα φύλλα εργασίας μαθητών) ή τριών διαστάσεων (μια κατασκευή).
- (iii) *Ηλεκτρονικός Υπολογιστής ⇔ Φυσικό Περιβάλλον (σε διαρκή αμφίπλευρη σύνδεση-αλληλεπίδραση)*: Η διαρκής διασύνδεση απτού-ψηφιακού κόσμου έχει γίνει πλέον δυνατή και θα επεκταθεί ακόμα περισσότερο κατά τα προσεχή χρόνια, μέσω των ακόλουθων παράλληλων εξελίξεων: (α) Την δυνατότητα απόδοσης ψηφιακής ταυτότητας στα αντικείμενα, που αντιστοιχεί με το επιμέρους πεδίο της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality). Κάθε αντικείμενο μπορεί να αναγνωριστεί από την ψηφιακή του ταυτότητα, είτε με χρήση κάποιου ‘τσιπ’ και ενός πεδίου ραδιοσυχνότητας (RFID)[Liu et al. 2009] είτε με επικόλληση δισδιάστατου γραφικού κώδικα (QRCode), είτε μέσω της αναγνώρισης της θέσης του (με γεωευαίσθητα συστήματα GPS) [Markouzis & Fesakis 2015,

Ioannidou & Dimitracopoulou 2003). (β) Το «διαδίκτυο των αντικειμένων», τα τοπικά δίκτυα, τα υπολογιστικό νέφος (cloud computing) και εν τέλει της πανταχού παρούσας τεχνολογίας (ubiquitous computing). (γ) Τη νέα γενιά φυσικών διεπιφανειών επικοινωνίας (NaturalUserInterface), όπου αφενός οι διεπαφές δύνανται να είναι άμεσες και πολλαπλής αφής με αναγνώριση των χρηστών (Tissenbaum, 2014) και αφετέρου τα ψηφιακά συστήματα εμπλουτίζονται ώστε να αναγνωρίζουν τις κινήσεις χεριών, σώματος [Kosmas et al. 2018, via Microsoft Kinect camera] εκφράσεων προσώπου ή ματιών. Οι εμπλουτισμοί αυτοί της διάδρασης επιτρέπουν φυσικούς τρόπους αλληλεπίδρασης, δίχως να είναι ορατό κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο αλληλεπίδρασης (π.χ. πληκτρολόγιο, joystick).

Πέρα από την προσφορά του σχεδιασμού και της ανάπτυξης ενός σημαντικού εύρους τεχνολογικών εκπαιδευτικών εφαρμογών που καλύπτουν ποικίλες μαθησιακές ανάγκες, οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν πλέον να ξεφύγουμε από τις πρόσκαιρες μονοδιάστατες συνδέσεις τεχνολογιών με φυσικό περιβάλλον (HY  $\Rightarrow$  Φυσικό περιβάλλον και Φυσικό περιβάλλον  $\Rightarrow$  HY), και να περάσουμε σε ένα επίπεδο που παρέχει σημαντικές νέες δυνατότητες : (Α) διαρκής σύνδεση τεχνολογικού και φυσικού κόσμου (Β) φυσικής και απαλής ροής σύνδεση ανθρώπων-αντικειμένων-ψηφιακού κόσμου, (Γ) Αναγνώριση της αλληλεπίδρασης ανθρώπου-ψηφιακού συστήματος όχι μόνο μέσω της αφής των χεριών, αλλά ολόκληρου του σώματος του χρήστη (μαθητή, μαθητών, διδάσκοντα). Οι νέες αυτές δυνατότητες που αναμένεται να ενισχυθούν και επεκταθούν κατά τα επόμενα χρόνια, προσφέρουν δύο σημαντικές νέες δυνατότητες στις ιδέες σχεδιασμού εκπαιδευτικών υλικών: (i) την παράλληλη θεώρηση, χρήση και αξιοποίηση ψηφιακού και απτού εκπαιδευτικού υλικού (τόσο για χρήση από τους μαθητές, όσο και για ερευνητική ανάλυση), (ii) την πιο φυσική και ολοκληρωμένη αλληλεπίδραση μαθητών και εκπαιδευτικών με τον ψηφιακό κόσμο.

### **Τάσεις Εξέλιξης Μαθησιακών Δραστηριοτήτων**

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται σημαντική εξέλιξη στους τύπους των μαθησιακών δραστηριοτήτων που εκπονούνται και προτείνονται για την έρευνα και για την διδακτική πράξη, από το πεδίο της Διδακτικής των Γνωστικών Αντικειμένων. Καταγράφονται, εν γένει, οι ακόλουθες τάσεις:

- (I) *Από απλά έργα  $\Rightarrow$  σε σύνθετα έργα.* Η Διδακτική Μαθηματικών, Φυσικών Επιστημών, Ιστορίας εστίαζε αρχικά σε απλά έργα. Κατά συνέπεια και τα εκπαιδευτικά υλικά που χρησιμοποιούσε ήταν σχεδιασμένα με εξειδικευμένο τρόπο και για συγκεκριμένες χρήσεις. Πλέον παρουσιάζονται συχνότερα προτάσεις πιο σύνθετων δραστηριοτήτων, που συμβαδίζουν με την επίλυση προβλημάτων, τη δημιουργία ενός προϊόντος, την μελέτη ενός αυθεντικού, προβλήματος κ.ά. Τα έργα αυτά απαιτούν και εμπλέκουν έναν μεγαλύτερο αριθμό σχεδιασμένων εκπαιδευτικών υλικών καθώς και αξιοποίηση άλλων επιστημονικών εργαλείων ή

ακόμα και την χρήση υλικών της καθημερινής ζωής. Επίσης, οι πιο σύνθετες αυτές δραστηριότητες συχνά, εμπλέκουν την ταυτόχρονη χρήση μικτών μέσων και υλικών (φυσικών και ψηφιακών).

- (II) *Εστιασμένα σε επιμέρους έννοιες, νόμους, διαδικασίες*  $\Rightarrow$  *Εστιασμένα στους υψηλούς στόχους ικανοτήτων του 21<sup>ου</sup> αιώνα*: Διεθνώς, οι πολιτικοί, τα μέλη της οικονομικής και επιχειρηματικής ηγεσίας, οι ερευνητές καθώς και οι εκπαιδευτικοί υπερασπίζονται τον ανασχεδιασμό του σχολείου, προκειμένου να γίνει εφικτή η ανάπτυξη των «ικανοτήτων του 21<sup>ου</sup> αιώνα»: δημιουργικότητα, καινοτομία, επίλυση προβλημάτων, επικοινωνία, συνεργασία, κ.ά. (OECD 2010; Schleicher, 2012; Wagner 2008). Η εν λόγω εξέλιξη στους στόχους της εκπαίδευσης που μεταβαίνουν από το βασικό ή το πιο προωθημένο καθαρά γνωστικό επίπεδο (έννοιες, διαδικασίες, κριτική σκέψη) και φτάνουν σε διαστάσεις ανάπτυξης υψηλής ποιότητας επικοινωνίας, συνεργασίας, ηγεσίας, δημιουργικότητας, καινοτομικότητας κλπ. απαιτούν και εμπλέκουν επιπρόσθετες διαδικασίες και στάδια στις μαθησιακές δραστηριότητες (π.χ. λεκτική και γραπτή επικοινωνία υψηλού επιπέδου, δομημένη συνεργασία, συναισθηματική διαχείριση κρίσεων, κοινωνική διαπραγματεύση, οργάνωση εκδηλώσεων παρουσίασης προγραμμάτων).
- (III) *Μονοθεματικά έργα*  $\Rightarrow$  *Διεπιστημονικά έργα*: Με την έναρξη του 21<sup>ου</sup> αιώνα άρχισαν να προωθούνται έντονα (κυρίως στις ΕΠΑ αλλά και στην Ευρώπη) οι προτάσεις αναλυτικών προγραμμάτων, που ξεπερνούν τα όρια της μάθησης των επιστημονικών αντικειμένων και προάγουν συστηματικά τις διεπιστημονικές δραστηριότητες. Χαρακτηριστική προς αυτή την κατεύθυνση είναι η τάση της διεπιστημονικής προσέγγισης Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας, Μηχανικής, Τεχνών και Μαθηματικών (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics: STEAM) στην Εκπαίδευση, η οποία βασίζεται κατ' εξοχήν σε θέματα μελέτης (projects) (Breiner et al. 2012; Freeman et al. 2017; Sanders, 2009).
- (IV) *Από εκμάθηση συγκεκριμένων επιστημονικών θεμάτων*  $\Rightarrow$  *στην χρήση των γνώσεων για την επίλυση ανοικτών κοινωνικών προβλημάτων και την παραγωγή χρήσιμων ή δημιουργικών κατασκευών*. Πρόκειται για νέα τάση που αναπτύσσεται για μαθησιακές εκπαιδευτικές δραστηριότητες που συνδέονται με τον τόπο διαμονής και την τοπική κοινωνία επιλύοντας προβλήματα αυτής, που προάγουν την επιστήμη των πολιτών, που ενεργοποιούν μέσω μιας κατασκευαστικής ή δημιουργικής πρόκλησης κ.ά. [‘Challenge based learning’, ‘Place based education’, ‘Citizen Science’] (Brossard et al 2005, Bonney et al. 2016).
- Οι ανωτέρω τάσεις επιφέρουν εξελίξεις στα δομικά χαρακτηριστικά των μαθησιακών δραστηριοτήτων, όπως:
- *Η εξέλιξη ως προς την χωροθέτηση και την τοπικότητα*: Μια δραστηριότητα στις διαφορετικές φάσεις εξέλιξής της μπορεί να λάβει χώρα: από το εσωτερικό της σχολικής αίθουσας, σε άλλους χώρους του σχολικού συγκροτήματος, σε εξωτερικούς χώρους της πόλης, και διαμέσω διαδικτύου και σε άλλους τόπους, πόλεις και χώρες.

- *Η εξέλιξη ως προς την χρονικότητα:* οι δραστηριότητες δεν υλοποιούνται στο πλαίσιο μιας σχολικής ώρας, κατά συνέπεια απαιτούν ευελιξία χρονική, και οργάνωση διαφορετικών φάσεων χρονικής εξέλιξης έως την ολοκλήρωσή τους.
- *Η εξέλιξη στους σχηματισμούς των συμμετεχόντων:* η υλοποίηση της δραστηριότητας αναπτύσσει δυνατότητες ποικίλων και εναλλασσόμενων σχηματισμών μαθητών, όπως ατομική μελέτη, δυάδα μαθητών, ευρύτερες δομημένες ομάδες μαθητών, διαπραγματεύσεις στο κοινωνικό σύνολο της τάξης, απεύθυνση σε εξωτερικά της σχολικής τάξης μέλη της τοπικής ή παγκόσμιας κοινωνίας (αλλά μέλη του κοινωνικού συνόλου, ειδήμονες κλπ.).
- *Η εξέλιξη στον πλούτο και την ποικιλία των υλικών που χρησιμοποιούνται:* οι δραστηριότητες έρευνας, ανάλυσης, κατασκευών εμπλέκει μια ευρύτητα αντικειμένων κάθε είδους (φυσικά, βιομηχανικά, ψηφιακά), και προέλευσης (π.χ. καθημερινής ζωής, επιστημονικά, ιστορικά, εκπαιδευτικού σχεδιασμού).

Συνοπώς, οι νέες τάσεις για αυθεντικές μαθησιακές δραστηριότητες επίλυσης ανοικτών προβλημάτων, επινόησης καινοτομιών και κατασκευής δημιουργικών προϊόντων οδηγεί σε διεύρυνση των χαρακτηριστικών των δραστηριοτήτων ως προς μια σειρά διαστάσεων όπως η χωροθέτηση, η χρονικότητα, οι εναλλακτικοί σχηματισμοί συνεργασιών μαθητών, η ευρύτητα χρήσης και μίξης υλικών.

### **Εξελίξεις στις Θεωρίες Μάθησης**

Ο εικοστός αιώνας ολοκληρώθηκε με σημαντικές αναπτύξεις θεωριών μάθησης που φώτισαν διαστάσεις και πτυχές μιας ενεργούς μαθησιακής πορείας. Εκκινώντας από τις βάσεις του εποικοδομητισμού (constructivism) που τέθηκαν από την γενετική επιστημολογία του Piaget, εμπλουτίστηκαν στη συνέχεια σημαντικά από την κοινωνικοπολιτιστική θεώρηση του Vygotsky (1978), που οι δυτικές επιστημονικές κοινότητες ανακάλυψαν (με καθυστέρηση) την εποχή της έναρξης του διαδικτύου.

Συναφείς παραγόμενες θεωρίες όπως αυτές της Θεωρίας της Δραστηριότητας (Activity Theory) (Engestrom 1987, Engestrom et al., 1999, Nardi 1995), της Θεωρίας της Εγκαθιδρυμένης Μάθησης (Situated Cognition) (Brown et al. 1989, Greeno 1998), και της Θεωρίας του Κατανεμημένου Γινώσκειν (Theory of Distributed Cognition) (Hutchins 1995, Salomon 1997) ανέδειξαν έναν αριθμό σημαντικών επιμέρους διαστάσεων όπως: ο ρόλος της μαθησιακής δραστηριότητας και των εμπλεκόμενων κανόνων και εργαλείων που αξιοποιεί, η σημασία της κατάστασης μέσα στην οποία λαμβάνει χώρα η μάθηση, ο ρόλος των πολιτιστικών και γνωστικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια συνεργατικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων, ο ρόλος των γνωστικών συστημάτων που δημιουργούνται συντονισμένα ή μη, σε πλήρως γόνιμη λειτουργία ή σε κατάρρευση κ.ά.

Πριν την λήξη του, ο εικοστός αιώνας ανέδειξε επίσης ένα ευρύτερο φάσμα διαστάσεων της νοημοσύνης, για παράδειγμα μέσω των αναπτύξεων της Θεωρίας της Πολλαπλής Νοημοσύνης (Gardner, 1983, 2006) (όπου πέρα από τον γλωσσικό και λογικομαθηματικό τομέα της νοημοσύνης που παραδοσιακά δίνεται έμφαση στο σχολείο, επισημαίνονται ως κρίσιμοι και άλλοι τομείς όπως η μουσική/ρυθμική, χωροταξική,

κναισθητική, διαπροσωπική, συναισθηματική νοημοσύνη κ.ά.), και επιπρόσθετα άνοιξε νέους δρόμους ανάλυσης της μάθησης μέσω των εργαλείων της Κοινωνικής Σημειωτικής (Social Semiology) (Hodge & Kress, 1988, Kress & Van Leeuwen, 2001, Thibault, 1991).

Από το ξεκίνημα του εικοστού πρώτου αιώνα η εξέλιξη των Γνωστικών Επιστημών (διεπιστημονικό πεδίο που τροφοδοτείται από την γνωστική ψυχολογία, την τεχνητή νοημοσύνη, τις νευροεπιστήμες και την νευροβιολογία, τα δυναμικά συστήματα κ.ά.) εστίαζε ήδη στην ολιστική προσέγγιση της μάθησης στον άνθρωπο. Κατά την τρέχουσα δεκαετία (2010->), δίνεται πλέον ιδιαίτερη έμφαση στις συγκλίσεις των κύριων διαστάσεων του «γινώσκειν», ή της χαρακτηριστικά επονομαζόμενης: «4E Cognition: Embodied, Enactive, Extended, Embedded Cognition» (Gallagher, 2005, Thomson 2007, Menary 2010, Newen, De Bruin & Gallagher, 2018). Ήτοι:

- *Embodied (Ενσώματο)*: Το σώμα συμβάλλει στη γνωστική διαδικασία. Στην έννοια του σώματος εμπεριέχεται η συναισθηματική κατάσταση (affective) καθώς και η διαυποκειμενική αλληλεπίδραση.
- *Embedded (Ριζωμένο)*: Η διαδικασία του γινώσκειν επηρεάζεται ισχυρά από το φυσικό, κοινωνικό, πολιτιστικό περιβάλλον στο οποίο εγγράφεται, και το οποίο δημιουργεί διαφορετικές δυνατότητες αντίληψης και δράσης.
- *Enactive (Εν δράσει)*: Αντισταθμίζουμε το περιβάλλον με όρους «ποια ενέργεια μπορούμε να κάνουμε» λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες που παρέχει αυτό το περιβάλλον.
- *Extended mind (Επεκτάσιμος νους)*: η λειτουργική αντίληψη των διαθέσιμων εργαλείων και αντικειμένων του περιβάλλοντος καθορίζουν τα οχήματα του γινώσκειν (παρεμφερής ιδέα με αυτή της θεωρίας του «κατανεμημένου γινώσκειν»).

Κατά συνέπεια, στη διαδικασία του ‘γινώσκειν’ παίζουν ρόλο: (α) όλο το σώμα του οργανισμού με το κινητικό και αντιληπτικό σύστημα τις συναισθηματικές και διαυποκειμενικές διαστάσεις, (β) οι δράσεις και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ ενός οργανισμού και του περιβάλλοντος, (γ) τα εργαλεία, τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος ως όλον (υλικό και άυλο) με τις αλληλεξαρτήσεις των πολιτιστικών και τεχνολογικών διαστάσεων.

Συνοψίζοντας, οι σύγχρονες τάσεις των τριών αυτών πεδίων, δηλαδή των τεχνολογικών εφαρμογών, των μαθησιακών δραστηριοτήτων και των θεωριών μάθησης παρουσιάζουν μια παράλληλη εξέλιξη που συγκλίνει και αλληλο-υποστηρίζεται. Οι νέες τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν την απαλή και διαρκή διασύνδεση των δρώντων τόσο με το τεχνολογικό όσο και με το φυσικό-απτό περιβάλλον. Ο σχεδιασμός νέων υψηλού στόχου αυθεντικών μαθησιακών δραστηριοτήτων προτείνει την επέκταση στον χώρο, τον χρόνο και τα μέσα, κάτι που οι τεχνολογίες σήμερα επιτρέπουν μέσω συλλογής δεδομένων που στηρίζουν διαρκή καταγραφή πορισμάτων επιμέρους φάσεων δραστηριοτήτων υλικών και δεδομένων (technology for seamless and crosscontext learning). Τέλος, οι γνωστικές θεωρίες μάθησης ενισχύουν όλα τα ανωτέρω μέσω της θεώρησης του όλου της προσωπικότητας του ανθρώπου (νους, σώμα, συναίσθημα,



διαυποκειμενικότητα κ.ά.) και της έμφασης στον ρόλο του υλικού (αντικειμένων) και ύλου (κανόνες, πολιτισμός) περιβάλλοντος.

## **ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

Τα διεπιστημονικά πεδία της Διδακτικής των γνωστικών αντικειμένων (Μαθηματικών, Φυσικών Επιστημών, Ιστορίας κ.ά.) και αυτό των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, έχουν παράξει κατά τις τελευταίες δεκαετίες, πληθώρα αξιόλογων μαθησιακών δραστηριοτήτων, εκπαιδευτικών υλικών και γνωστικών ψηφιακών εργαλείων. Αξίζει να αναρωτηθούμε πόσα από αυτά τα υλικά που έχουν τουλάχιστον δοκιμαστεί σε πραγματικές σχολικές συνθήκες, έχουν ενταχθεί στην καθημερινή εκπαιδευτική πρακτική; Δεν θα διαφωνήσει κανείς ίσως με μια απάντηση του είδους: «ελάχιστα», και αυτό είτε πρόκειται για τα μέσου επιπέδου σχολεία (ως προς τις συνθήκες υποδομών), είτε πρόκειται για σχολεία που χαίρουν υψηλών προδιαγραφών (ως προς το προσωπικό, τις υποδομές, την κουλτούρα της σχολικής κοινότητας).

Είναι βέβαιο ότι υπάρχουν αιτίες που συνδέονται με αποφάσεις, μέτρα και πρακτικές που ανάγονται στο μακροεπίπεδο της εκπαιδευτικής πολιτικής, καθώς και στις ιδιαιτερότητες των συνθηκών και της κουλτούρας των σχολικών μονάδων κάθε χώρας. Παράλληλα όμως, γίνεται εύκολα αποδεκτή και η άποψη που θεωρεί ότι η ευρεία διάδοση και εφαρμογή τεχνολογικών γνωστικών εργαλείων, εμπλουτισμένων εκπαιδευτικών υλικών και κυρίως αυθεντικών μαθησιακών δραστηριοτήτων με διευρυμένα και ποικίλα μαθησιακά οφέλη, αποτυγχάνει κατά την ένταξη στην εκπαιδευτική πρακτική λόγω έλλειψης επαρκούς και ουσιαστικής υποστήριξης των υποκειμένων αυτών των δραστηριοτήτων, δηλαδή: (α) των μαθητών/τριών, (β) των ίδιων των διδασκόντων.

### **Ανάγκες και Μέσα Υποστήριξης Δραστηριοτήτων Μαθητών**

Στις ημέρες μας καταγράφεται η ευρεία εξοικείωση των μαθητών όλων των ηλικιών με τις τεχνολογίες κάθε είδους, και η χρήση τους στην καθημερινή οικογενειακή και κοινωνική ζωή. Αντίθετα, δεν καταγράφεται συστηματική και οργανωμένη αξιοποίηση των τεχνολογιών στην σχολική ζωή, είτε αυτή αναφέρεται στα μαθήματα είτε σε ευρύτερες δράσεις.

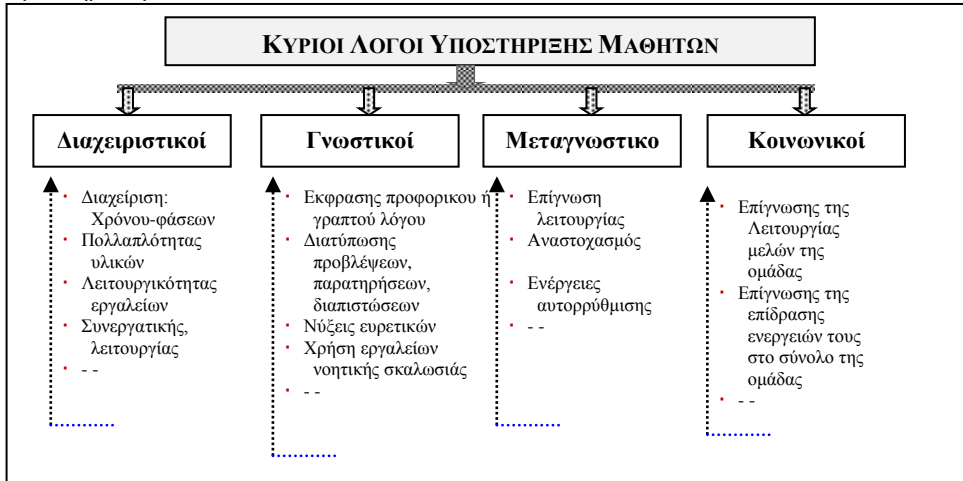
Χρειάζεται να σημειωθεί ότι η χρήση εξειδικευμένου εκπαιδευτικού υλικού (π.χ. τεχνολογικού μαθησιακού συστήματος) δεν διασφαλίζει αυτόματα (παρά την ελκυστικότητά του) αποτελεσματικές μαθησιακές επιδράσεις. Ιδιαίτερα στις τυπικές θεματικές δραστηριότητες των φυσικών επιστημών, όπως αυτές της διερεύνησης, της πειραματικής διαδικασίας, της επίλυσης προβλημάτων, καταγράφονται ερευνητικά οι δυσκολίες της υλοποίησης εποικοδομηστικών παιδαγωγικών και διδακτικών προσεγγίσεων (Kirschner et al. 2006., van Joolingen, de Jong & Dimitracopoulou, 2007) που δεν καταφέρνουν να επιφέρουν μαθησιακά οφέλη, δίχως κάποιου βαθμού υποστήριξη ή καθοδήγηση. Οι δυσκολίες που καταγράφονται ξεκινούν από την απλή ανάλυση της συμπεριφοράς ενός προσομοιωμένου φαινομένου (π.χ. όταν εμπλέκονται διαισθητικές νοητικές αντιλήψεις), και την υποστήριξη στην χρήση εργαλείων, έως τις φάσεις της

διερεύνησης μιας πειραματικής διάταξης και την ουσιαστική λειτουργία μιας συνεργατικής εργασίας (όπου όλα τα εμπλεκόμενα μέλη θα έπρεπε ιδεατά να καταλήγουν να έχουν μαθησιακά οφέλη πιο σημαντικά από αυτά που θα είχαν εάν λειτουργούσαν μόνο τους σε μια ατομική εργασία).

Εστιάζοντας, εν είδη παραδείγματος, στις δυσκολίες της διερευνητικής μάθησης, ανεξάρτητα από την προσέγγιση που υιοθετείται (ποικίλουν στα διάφορα γνωστικά αντικείμενα), είναι χρήσιμο να διακρίνουμε, ορισμένες τυπικές φάσεις ή στάδια αυτής (Bell et al. 2010, Pedaste et al. 2015): Αρχική ανάλυση προβλήματος και ερωτημάτων, Διατύπωση υποθέσεων, Οργάνωση ενεργειών (planning), Πρόβλεψη (predictions), Διερεύνηση (investigation, συλλογή δεδομένων), Ανάλυση και Ερμηνεία, Δημιουργία - διερεύνηση μοντέλου, Συμπεράσματα- Αξιολόγηση-Αναστοχασμός, Επικοινωνία (de Jong & Lazonder, 2014). Σειρά εργαλείων έχουν καταγραφεί για την υποστήριξη των αναγκών των μαθητών στις απαιτήσεις παρόμοιων φάσεων σύνθετων διαδικασιών (Slotta, 2004, de Jong 2006, Slotta & Najafi, 2010, Bell et al. 2010).

Εν γένει, **οι κύριοι λόγοι** για τους οποίους χρήζουν υποστήριξης οι μαθητές κατά τη διάρκεια υλοποίησης μαθησιακών δραστηριοτήτων, δύνανται να κατηγοριοποιηθούν σε τέσσερις διακριτές κατηγορίες (Σχήμα 1):

- (α) **Διαδικαστικοί-Διαχειριστικοί:** Διαδικαστικοί ως προς την χρήση υλικών και την λειτουργικότητα εργαλείων, την διαχείριση του χρόνου και του χώρου, τις μεταβάσεις κατά την αλληλουχία των φάσεων μιας δραστηριότητας, την οργάνωση της συνεργατικής λειτουργίας κ.ά. (Slotta & Tissenbaum, 2012).
- (β) **Γνωστικοί:** Παρακίνηση ή γνωστική υποστήριξη για την έκφραση προφορικού ή γραπτού επιστημονικού λόγου, διατύπωση προβλέψεων, παρατηρήσεων, διαπιστώσεων, εξηγήσεων κλπ., νύξεις επί ευρετικών (π.χ. μεταβολή ενός μεγέθους κάθε φορά κατά τη διάρκεια της διερεύνησης των μεταβολών της εξέλιξης ενός φαινομένου), καθοδήγηση κατά την διατύπωση υποθέσεων που απαιτούν συγκεκριμένη σύνταξη (if...then) (de Jong 2006, de Jong & Lazonder, 2014, Kritikos & Dimitracopoulou, 2017) κ.ά.
- (γ) **Μεταγνωστικοί:** Ιδιαίτερης σημασίας είναι οι μεταγνωστικής φύσης λόγοι, για την υποστήριξη των μαθητών κατά την αντίληψη και επίγνωση των μαθητών της προσωπικής τους λειτουργίας κατά την εξέλιξη ενός μέρους ή του όλου της μαθησιακής δραστηριότητας. Η διαδικασία αυτή σπάνια υλοποιείται αυθόρμητα, κατά συνέπεια χρειάζονται ειδικές λειτουργίες και εργαλεία προκειμένου να υποστηρίξουν τον μαθητή κατά την επίγνωση, τον αναστοχασμό και τέλος την ενδεχόμενα αναγκαία αυτορρύθμιση (Reimann 2003, Fesakis, Dimitracopoulou & Palaiodimos, 2011, Kritikos & Dimitracopoulou, 2014).
- (δ) **Κοινωνικοί:** Σε σχετικά σύνθετα συνεργατικά έργα, είναι συχνά δύσκολο οι μαθητές αφενός να αντιληφθούν και να αποτιμήσουν την ποιότητα της συμβολής τους στο συνεργατικό έργο, και αφετέρου να αξιολογήσουν τις απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες που απαιτούνται προς μια κατεύθυνση βελτίωσης του ρόλου τους και του συνεργατικού προϊόντος (Dillenbourg et al. 2002, Hlapanis & Dimitracopoulou 2007, Ferguson & Buckingham Shum, 2012).

**Σχήμα 1:** Κύριοι Λόγοι ανάγκης Υποστήριξης Μαθητών κατά την διάρκεια Μαθησιακών Δραστηριοτήτων

Για την υποστήριξη των μαθητών κατά την διάρκεια των μαθησιακών δραστηριοτήτων, απαιτείται η ανάπτυξη ειδικών μέσων και εργαλείων στοχευμένων στην αντίστοιχη αναγκαία νοητική στήριξη (Σχήμα 2).

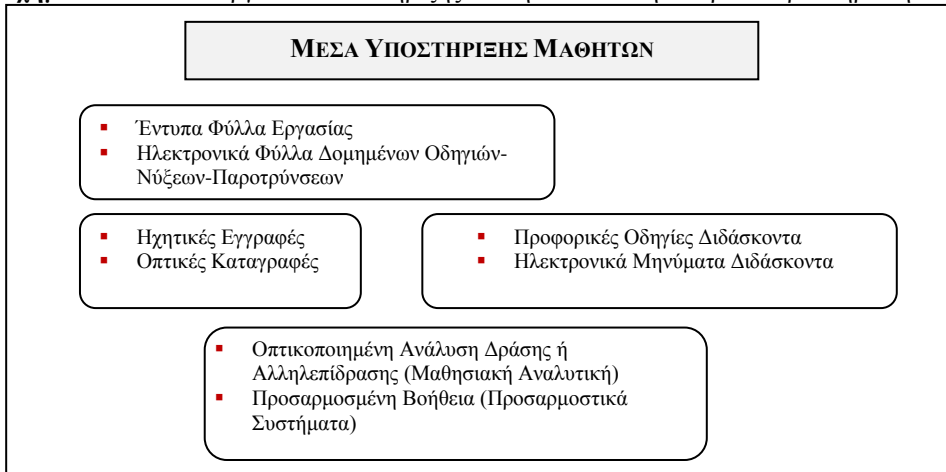
(α) **Φύλλα Εργασίας- Φύλλα Δομημένων Οδηγιών:** Πρόκειται για το πιο συνήθη εργαλεία υποστήριξης δραστηριοτήτων. Τα έντυπα ή ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας, παρέχουν στους μαθητές προς συμπλήρωση συγκεκριμένα επιμέρους πεδία, που είτε παρουσιάζονται όλα μαζί, είτε σταδιακά κατά την διάρκεια εξέλιξης της μαθησιακής δραστηριότητας. Περιέχουν οδηγίες, νύξεις ή παροτρύνσεις (συχνά για την καταγραφή της πρόβλεψης, παρατήρησης, διαπίστωσης, σχεδιασμού πλάνου ενεργειών), άμεσες ή έμμεσες καθοδηγήσεις επί συγκεκριμένων στρατηγικών, ερωτήματα κ.ά. Τα εν λόγω φύλλα ή πεδία προς συμπλήρωση, έντυπα ή ψηφιακά, συνήθως επινοούνται μέσω μιας λεπτής στρατηγικής προσέγγισης προκειμένου να ισορροπούν ανάμεσα στην νοητική ελευθερία του μαθητή και την καθοδηγούμενη πρακτική (Orfanos & Dimitracopoulou, 2003).

(β) **Οδηγίες Διδάσκοντα** (προφορικές ή ηλεκτρονικές): Ο διδάσκων είναι πάντα το πιο ευέλικτο ‘μέσο’ υποστήριξης είτε των μαθητών ατομικά, είτε των συνεργαζόμενων ομάδων. Δύναται να παρέχει ερωτήματα, νύξεις, οδηγίες, καθώς και συναισθηματικές παροτρύνσεις, είτε προφορικά είτε μέσω γραπτών μηνυμάτων (στην περίπτωση που μέσω συστήματος τοπικού δικτύου έχει πρόσβαση, παρακολουθεί και παρεμβαίνει στα έργα των μαθητών).

(γ) **Καταγραφές ηχητικές ή οπτικές:** Πρόκειται είτε για καταγραφές της εξέλιξης μιας διαδικασίας, ενός φαινομένου, μιας κατασκευής, μέσω λήψης φωτογραφιών

ή βίντεο, είτε για ηχητικές καταγραφές (μέσω μικροφώνου, υπολογιστή, κινητού τηλεφώνου κ.ά.) των προφορικών εκφράσεων και αναλύσεων των μαθητών κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας. Οι καταγραφές αυτές είναι χρήσιμες στους μαθητές στην μετέπειτα πορεία της εξέλιξης της δραστηριότητας (π.χ. συγγραφή έκθεσης αναφοράς δραστηριότητας). Οι υποδείξεις υλοποίησης καταγραφών από τους ίδιους τους μαθητές φαίνεται ότι προάγουν την παρατήρηση κατά την μαθησιακή διαδικασία, την εμπειρία συλλογής δεδομένων, καθώς και την επίγνωση επί των ενεργειών των μαθητών (Σισμανίδου & Δημητρακοπούλου, 2019)

**Σχήμα 2:** Μέσα και Εργαλεία Υποστήριξης Μαθητών κατά την διάρκεια δραστηριοτήτων



**(δ) Οπτικοποιημένες αναλύσεις Μαθησιακής Αναλυτικής:** Στην περίπτωση που η δραστηριότητα λαμβάνει χώρα σε τεχνολογικό περιβάλλον, είναι δυνατή η καταγραφή και ανάλυση (κατά τη διάρκεια ή εκ των υστέρων) των ενεργειών και των αλληλεπιδράσεων των συμμετεχόντων. Η επεξεργασία των συναφών δεδομένων συχνά λαμβάνει τη μορφή οπτικοποιημένων αναλύσεων διαγραμματικής μη μορφής, με τρόπους που να είναι κατανοητοί από τους μαθητές. Συνήθως υποστηρίζει τους μαθητές στο μεταγνωστικό επίπεδο, στηρίζοντας την επίγνωση και τον αναστοχασμό των μαθητών ως προς την ποιότητα της δραστηριότητας ή/και της συνεργασίας (Petrou & Dimitracopoulou, 2003, Fesakis, Dimitracopoulou & Tatsis, 2008, Bratitsis & Dimitracopoulou, 2008, Dimitracopoulou, Dillenbourg & Hoppe, 2004, Dimitracopoulou 2017), ενώ σε άλλες περιπτώσεις (συνήθως προσαρμοστικών συστημάτων) δύναται να παρέχει αυτοματοποιημένες αξιολογήσεις (Martinez-Maldonado et al. 2012).

### **Ανάγκες και Μέσα Υποστήριξης Διδασκόντων**

Η επικρατούσα κατάσταση στην καθημερινή σχολική πρακτική, εκ μέρους των εκπαιδευτικών χαρακτηρίζεται από: (α) Μη συστηματική και οργανωμένη αξιοποίηση τεχνολογιών στα μαθήματα, (β) Κυριαρχία της επίδειξης μικρών αυτόνομων τεχνολογικών εφαρμογών (applications) όπως απλές προσομοιώσεις φαινομένων. (γ) Συχνή αξιοποίηση (π.χ. στις αγγλοσαξωνικές χώρες) τεχνολογιών επικουρικού τύπου: τεστ αυτοματοποιημένης αξιολόγησης, διαχείριση αναλυτικού μαθητολογίου, βάσεις καταγραφής της πορείας εφαρμογής του προγράμματος σπουδών. (δ) Σπάνια υλοποιούνται μαθησιακές δραστηριότητες σαφούς εποικοδομηστικής προσέγγισης (με ή δίχως χρήση τεχνολογιών).

Χρειάζεται να ληφθεί υπόψη ότι οι εκπαιδευτικοί, ανεξάρτητα σχεδόν από το μακροεπίπεδο της εκπαιδευτικής πολιτικής που εφαρμόζεται σε κάθε χώρα ή γεωγραφική περιοχή, εγγράφουν την διδακτική τους πρακτική σε ένα πλαίσιο πολυάριθμων εξωτερικών περιορισμών: (α) Συγκεκριμένη ύλη και στόχοι αναλυτικού προγράμματος, (β) Σύντομες διδακτικές ώρες (45'-50') και έλλειψη ευελιξίας για διάθεση περισσότερου χρόνου που είναι αναγκαίος στις συχνά χρονοβόρες, εποικοδομηστικές προσεγγίσεις, (γ) Ακαταλληλότητα διαθέσιμου χώρου, για συνεργατικές δραστηριότητες (π.χ. κατασκευών), (δ) Έλλειψη διαθεσιμότητας χρόνου διδάσκοντα για την προετοιμασία μιας δραστηριότητας και κυρίως για την λεπτομερή ανάλυση των παραγομένων των μαθητών και την ανατροφοδότησή τους, (ε) Ανεπάρκειες σε ζητήματα καταλληλότητας σχολικών υποδομών, χρηματοδότησης προμήθειας υλικών, υποστήριξης διδασκόντων από την σχολική μονάδα κ.ά.

Το κρίσιμο ερώτημα είναι το πώς ο εκπαιδευτικός διαχειρίζεται σε πραγματικό χρόνο, πολύ-επίπεδες δραστηριότητες σε ένα περιβάλλον πολλαπλών περιορισμών. Για παράδειγμα, πολλά παιδαγωγικά σενάρια ενσωματώνουν ατομικές δραστηριότητες (π.χ. γραφή), ομαδική δραστηριότητα (π.χ. επίλυση προβλήματος), και δραστηριότητα προς όλη την τάξη (π.χ. κοινωνική διαπραγμάτευση). Ορισμένες από αυτές τις ενέργειες μπορεί να βασίζονται σε υπολογιστές και άλλες όχι, ενώ άλλες υλοποιούνται εκ του σύνεγγυς και άλλες διαδικτυακά. Η ενσωμάτωση όλων αυτών μπορεί να συνεπικουρείται μέσω τεχνικής σύνδεσης και διαλειτουργικότητας ποικίλων τεχνολογικών εργαλείων (προσομοιώσεις, ηλεκτρονικά ερωτηματολόγια, συνεργατικοί κειμενογράφοι), κατανεμημένων σε διάφορα τεχνουργήματα (φορητοί υπολογιστές, αισθητήρες, ταμπλέτες κ.ά.).

Παρόμοια ολοκληρωμένα παιδαγωγικά σενάρια απαιτούν μορφές σύνθετης διαχείρισης εκ μέρους του εκπαιδευτικού που ορισμένοι ερευνητές (προκειμένου να την αναδείξουν) την αποκαλούν εκπαιδευτική “ενορχήστρωση» (‘orchestration’, Dillenbourg 2013, 2015). Ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι η υπόμνηση του Pierre Dillenbourg (Dillenbourg et al. 2011) ότι ειδικά τα μαθησιακά σενάρια που χρησιμοποιούν συνεργατικές δραστηριότητες, σε πραγματικές συνθήκες τάξης, οφείλουν να μελετούν ερευνητικά κατά πόσο καταφέρνουν να μειώνουν τον γνωστικό φόρτο για τον διδάσκοντα. Η συγκεκριμένη ερευνητική διάσταση μπορεί να θεωρηθεί ως τρίτος κύκλος

διασφάλισης της ευχρηστίας των τεχνολογικών συστημάτων σε πραγματική τάξη, ευχρηστία που δεν αφορά αυτή την φορά τους χρήστες μαθητές (πρώτο επίπεδο ευχρηστίας), αλλά τον ίδιο τον διδάσκοντα ('third circle of usability', Dillenbourg et al., 2011).

Οι διδάσκοντες, κατά την υλοποίηση σύνθετων μαθησιακών δραστηριοτήτων, πέρα από την γενική διδακτική στρατηγική που επιλέγουν και τις επιμέρους παιδαγωγικές στρατηγικές που ενεργοποιούν, χρήζουν υποστήριξης (Σχήμα 3) κατά: (α) την ανάδυση, αναγνώριση και αντιμετώπιση των νοητικών δυσκολιών των μαθητών, (β) την διάγνωση της πορείας των μαθητών, και την διαχείριση του διαφορετικού ρυθμού μεταξύ τους, (γ) την ενεργοποίηση του συνόλου των μαθητών, την διαχείριση των συνεργατικών ομάδων, την ενίσχυση της έκφρασης του προφορικού και γραπτού λόγου των παιδιών, (δ) την διαχείριση της ροής των φάσεων των δραστηριοτήτων καθώς και των εμπλεκόμενων μέσων και εργαλείων που χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν, (ε) την καταγραφή των απόψεων των μαθητών κατά την υλοποίηση της κοινωνικής διαπραγμάτευσης της τάξης κ.ά.

### Σχήμα 3: Κύριοι λόγοι και ανάγκες Υποστήριξης Διδασκόντων

#### ΚΥΡΙΟΙ ΛΟΓΟΙ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ

- ✓ Γενική Διδακτική στρατηγική
- ✓ Επιμέρους Παιδαγωγικές στρατηγικές
- ✓ Διδακτική διαχείριση Δυσκολιών μαθητών (καταγραφές αναμενόμενων λειτουργιών, απαντήσεων, συμπεριφορών)
- ✓ Ενεργοποίηση συνόλου μαθητών
- ✓ Διαχείριση ομάδων μαθητών
- ✓ Διαχείριση διαφορετικού ρυθμού μαθητών
- ✓ Διαδικασίες διάγνωσης πορείας μαθητών
- ✓ Ανατροφοδότηση μαθητών (ατομικά, ομαδικά)
- ✓ Διαχείριση ροής φάσεων, μέσων και εργαλείων
- ✓ Κοινωνική διαπραγμάτευση απόψεων τάξης
- ✓ ....

Για την κάλυψη των ανωτέρω αναγκών, τα μέσα υποστήριξης των διδασκόντων κατά την διδακτική διαχείριση μαθησιακών δραστηριοτήτων και υλικών, που έχουν καταγραφεί, εντάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες (Σχήμα 4):

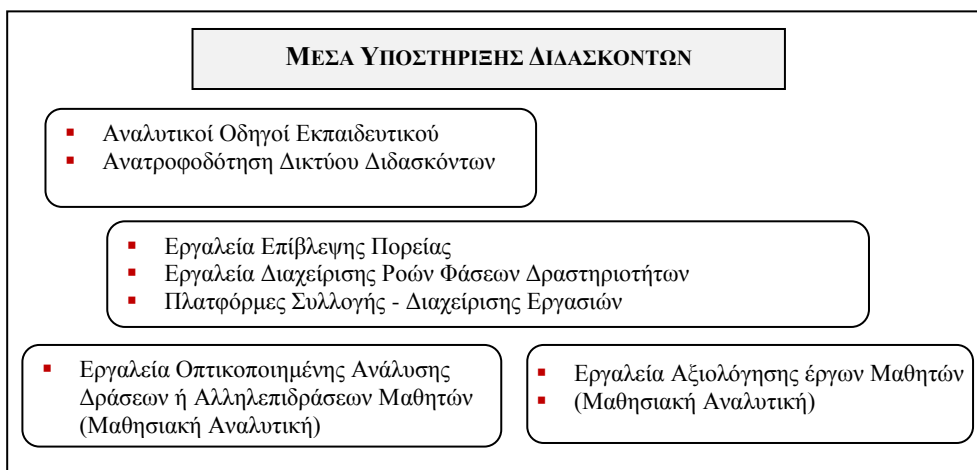
- (i) *Οδηγίες προς εκπαιδευτικούς:* (α) Οι «οδηγοί εκπαιδευτικού» για την παιδαγωγική και διδακτική διαχείριση δραστηριοτήτων και υλικών υπάρχουν. Σπανίζουν όμως οι αναλυτικές οδηγίες με παραθέσεις καταγεγραμμένων αντιδράσεων, συμπεριφορών και δυσκολιών των μαθητών, καθώς και τεχνικών δυσκολιών που

χρειάζεται να διαχειριστούν οι διδάσκοντες. (β) Ιδιαίτερα χρήσιμα είναι τα ενεργά δίκτυα εκπαιδευτικών (μέσω διαδικτύου), όπου οι εκπαιδευτικοί που έχουν υλοποιήσει παρόμοιες κατηγορίες δραστηριοτήτων συχνά παρέχουν πολύτιμες συναφείς πληροφορίες από τις διδακτικές τους εμπειρίες.

(ii) *Εργαλεία Διαδικαστικής Υποστήριξης*: (α) Ψηφιακά συστήματα επίβλεψης της εξέλιξης της πορείας μαθητών μέσα από την ταυτόχρονη προβολή των οθονών των μαθητών σε τοπικό δίκτυο (Dimitriadis, 2012) (β) Ψηφιακά εργαλεία (Slotta & Tissenbaum 2012) αλλά και απτά εργαλεία διαχείρισης ροών φάσεων (π.χ. κάρτες με QRCode για ενεργοποίηση επόμενης φάσης δραστηριότητας, Dillenbourg et al. 2011) ή απτά εργαλεία επισήμανσης του αιτήματος βοήθειας από μαθητές προς τον διδάσκοντα (Dillenbourg et al. 2011), (c) Πλατφόρμες που υποστηρίζουν την ανάρτηση και διαχείριση των εργασιών των μαθητών.

(iii) *Εργαλεία ανάλυσης ενεργειών* (ψηφιακές εφαρμογές Μαθησιακής Αναλυτικής): (α) Ιδιαίτερης σημασίας και αξίας είναι οι εφαρμογές Μαθησιακής Αναλυτικής, που αναλύουν τις δράσεις μαθητών (ατομικά ή/και συνεργατικά) (Dimitracopoulou, 2009, 2017, Sergis & Sampson 2017), αλλά και αυτές του διδάσκοντα (Petrou & Dimitracopoulou, 2003, Fesakis, Petrou & Dimitracopoulou, 2004). Τα εργαλεία αυτά παρέχουν πολύτιμα στοιχεία (συχνά με επεξεργασμένες και πολυδιάστατες οπτικοποιημένες αναπαραστάσεις και κωδικοποιήσεις) προκειμένου αφενός οι διδάσκοντες να έχουν αυτοματοποιημένες επεξεργασίες των ενεργειών των μαθητών ώστε να αναλύουν την πορεία της μαθησιακής δραστηριότητας και να αποτιμούν την ποιότητα της ενδεχόμενης συνεργασίας και αφετέρου να έχουν κάποια στοιχεία για τις επιδράσεις των δικών τους παρεμβάσεων ώστε να αποκτήσουν επίγνωση και να αυτορρυθμίσουν τις επιμέρους επιλογές τους. (β) Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αυτόματες αναλύσεις- αξιολογήσεις των παραγομένων των δραστηριοτήτων των μαθητών (π.χ. ο πλήρης και έγκυρος χάρτης εννοιών ενός ζητήματος) (Dimitriadis 2012, Martinez-Maldorado et al. 2012).

**Σχήμα 4:** Μέσα και Εργαλεία Υποστήριξης Διδασκόντων κατά την διδακτική διαχείριση



## **ΠΡΟΣ ΕΝΑ ΕΝΙΑΙΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΨΗΦΙΑΚΟΥ - ΑΠΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ: ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΙ**

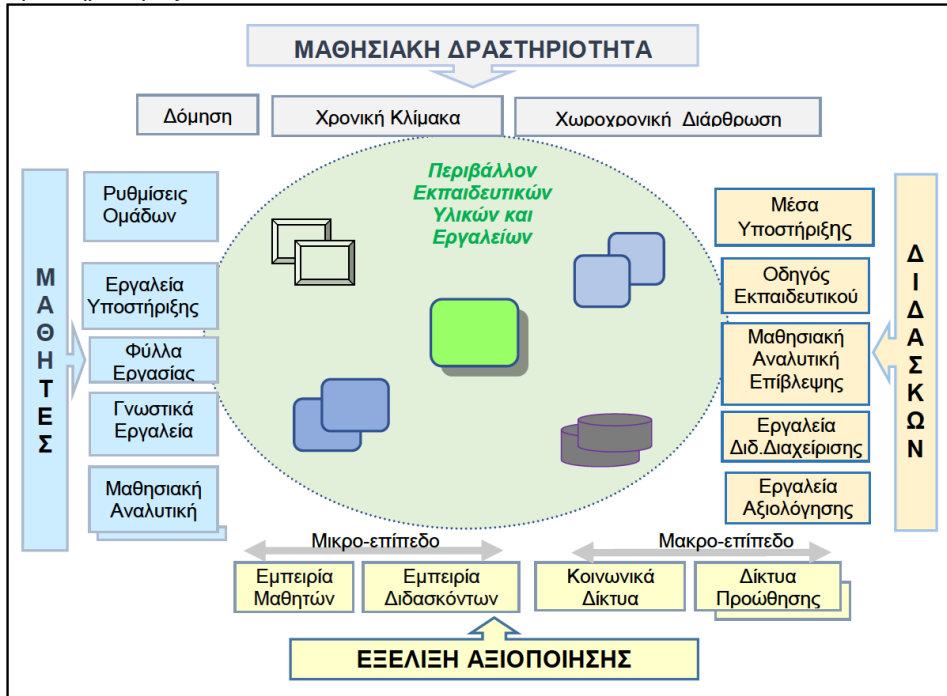
### **Ορισμός Εκπαιδευτικού Υλικού**

Οι πρόσφατες εξελίξεις στις επιστήμες μας υποδεικνύουν ότι οφείλουμε πλέον να περάσουμε στην θεώρηση ενός *ενιαίου πλαισίου ψηφιακού-απτού εκπαιδευτικού υλικού*. Δεδομένου δε ότι η αξιοποίηση των δυνατοτήτων των σχεδιαστικών χαρακτηριστικών ('affordances': Gibson, 1979, Norman, 1988), ενός εκπαιδευτικού υλικού εξαρτάται από το σύνολο των οντοτήτων και παραγόντων που εμπλέκονται άμεσα ή έμμεσα στην μαθησιακή δραστηριότητα, χρειάζεται να προχωρήσουμε στην πάγια θεώρηση ενός *κατανεμημένου περιβάλλοντος εκπαιδευτικού υλικού - μαθησιακής δραστηριότητας*. Προτείνεται λοιπόν ο ακόλουθος ορισμός:

Εκπαιδευτικό Υλικό είναι κάθε οντότητα (πόρος, εργαλείο, αντικείμενο, τεχνούργημα), οποιουδήποτε μέσου και οποιασδήποτε υλικότητας (φυσική, βιομηχανική, ψηφιακή) που ενταγμένη μέσα σε ένα κατάλληλο περιβάλλον μαθησιακής δραστηριότητας και σχεδιαστικά εμπλουτισμένη από ένα πλέγμα δυναμικών αλληλεπιδράσεων, δύναται να βοηθήσει τον εκπαιδευτικό να εκπαιδεύσει και τον μαθητή να μάθει.

Ο εν λόγω ορισμός επιχειρεί να αναδείξει ότι για τον σχεδιασμό ενός εκπαιδευτικού υλικού και για την μελέτη αξιοποίησής του στην διδακτική πρακτική εντός σχολικού πλαισίου, χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη πέντε κύριες διαστάσεις (Σχήμα 5): (i) το σύνολο των ενδεχόμενων εκπαιδευτικών υλικών και εργαλείων, (ii) το είδος της μαθησιακής δραστηριότητας και τις αλληλεπιδράσεις που δύνανται να ενεργοποιήσει, (iii) η εξέλιξη της αξιοποίησής του (οι δυναμικές στον χρόνο), (iv) η υποστήριξη που παρέχεται στους μαθητές, (v) η υποστήριξη που παρέχεται στους διδάσκοντες.



**Σχήμα 5:** Διαστάσεις Λειτουργίας Εκπαιδευτικού Υλικού στο Περιβάλλον Μαθησιακής Δραστηριότητας

- (i) **Το Περιβάλλον εκπαιδευτικών υλικών και εργαλείων:** Ένα νέο προτεινόμενο εκπαιδευτικό υλικό εντάσσεται στην πραγματικότητα σε ένα περιβάλλον προϋπαρχόντων υλικών, που συντίθεται καταρχάς από συναφή υλικά, παρόμοιας ή διαφορετικής φύσης (π.χ. άλλα απτά αντικείμενα παρεμφερούς λειτουργικότητας, ή άλλα εκπαιδευτικά λογισμικά ή ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα). Η εμπειρία ή η παράλληλη χρήση με τα υπάρχοντα υλικά επιδρά άμεσα ή έμμεσα στις αλληλεπιδράσεις και στις αναπαραστάσεις που θα δημιουργήσουν οι μαθητές με το νέο-εισαχθέν εκπαιδευτικό υλικό. Επιπρόσθετα, η χωροθέτηση της αίθουσας διδασκαλίας και ο εξοπλισμός αυτής (π.χ. απλός ή διαδραστικός πίνακας, τοπικό δίκτυο και ύπαρξη φορητών υπολογιστών) επιδρά στις παιδαγωγικές και διδακτικές ρυθμίσεις και στρατηγικές που ο διδάσκων μπορεί να ενεργοποιήσει κατά την αξιοποίηση του εν λόγω εκπαιδευτικού υλικού.
- (ii) **Το Φάσμα Μαθησιακών Δραστηριοτήτων:** Το υλικό στις περισσότερες περιπτώσεις εντάσσεται στην εκπαιδευτική πράξη, μέσα από μια μοναδική δραστηριότητα ή ένα ευρύτερο φάσμα μαθησιακών δραστηριοτήτων. Στη γενική τους μορφή οι μα-

θησιακές δραστηριότητες έχουν μια συγκεκριμένη δομή, που συχνά εμπεριέχει επιμέρους φάσεις ή στάδια της πορείας της δραστηριότητας που εξελίσσεται στον χρόνο (σε μια ή περισσότερες διδακτικές ώρες) ή και στον χώρο (μέσα στην σχολική τάξη, ή και σε άλλες αίθουσες ή χώρους του σχολείου -π.χ. στην αυλή-, ή σε εξωτερικούς χώρους ή ακόμα και στο σπίτι των μαθητών, εάν ένα μέρος της δραστηριότητας το υλοποιούν ατομικά, μόνοι τους). Η δόμηση μιας δραστηριότητας και η χωροχρονική της εξέλιξη, επηρεάζει τις δυναμικές αλληλεπιδράσεις με το εν λόγω υλικό καθώς και την συσχέτισή του και την συν-λειτουργία του με άλλα εκπαιδευτικά υλικά και εργαλεία.

- (iii) **Η Χρονική εξέλιξη χρήσης και αξιοποίησης του υλικού:** Στο μικροεπίπεδο της σχολικής τάξης η χρονική εμπειρία χρήσης ενός υλικού από τον εκπαιδευτικό αλλά ακόμα περισσότερο από τους ίδιους τους μαθητές, επιδρά στον τρόπο χρήσης και αξιοποίησης αυτού και στις δυνατές αλληλεπιδράσεις με αυτό. Ιδιαίτερα στον τομέα των εκπαιδευτικών λογισμικών και των ψηφιακών εφαρμογών κάθε είδους, έχει επανειλημμένα καταγραφεί η διαφορά των χρήσεων στην αρχή και μετά από ένα χρονικό διάστημα εμπειρίας στην αξιοποίηση ενός υλικού. Επιπρόσθετα, χρειάζεται να ληφθεί υπόψη η δυναμική της ανταλλαγής εμπειριών και των νέων δυνατοτήτων ή επεκτάσεων χρήσης ενός υλικού που επινοείται και παράγεται από τις κοινότητες εκπαιδευτικών ή μαθητών, μέσω των διαδικτυακών κοινοτήτων πρακτικής που δημιουργούνται αυθόρμητα (π.χ. η κοινότητα Scratch), ή μέσω των δικτύων διάχυσης και υποστήριξης συγκεκριμένων απτών, τεχνολογικών ή ψηφιακών υλικών (π.χ. δίκτυο e-Comode για το τεχνολογικό περιβάλλον ModellingSpace, Montandon et al. 2006).

**Ο σχεδιασμός της υποστήριξης στους δρώντες (μαθητές-διδάσκων) του εκπαιδευτικού υλικού:** Πέρα από τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες που προσφέρει κάθε εκπαιδευτικό υλικό, η αξιοποίηση αυτών των δυνατοτήτων εξαρτάται από τον ανθρώπινο παράγοντα: τους δρώντες μιας μαθησιακής διαδικασίας, που δεν είναι άλλοι από τους μαθητές και τον ίδιο τον/ήν διδάσκοντα/ουσα που αλληλεπιδρούν άμεσα ή έμμεσα με το εν λόγω υλικό. Για την βέλτιστη αξιοποίηση του υλικού και την διασφάλιση της βιωσιμότητας ένταξής του στην διδακτική πρακτική είναι συχνά απαραίτητος ο κατάλληλος σχεδιασμός της υποστήριξης της χρήσης από τα δύο αυτά προφίλ χρηστών (βλέπε προηγούμενη ενότητα): τους μαθητές, τον διδάσκοντα:

- (iv) **Υποστήριξη Μαθητών:** Οι μαθητές ενδέχεται να χρειάζονται υποστήριξη για λόγους διαχειριστικούς (χρόνου, εργαλείων κ.ά.), γνωστικούς και μεταγνωστικούς καθώς και κοινωνικούς (π.χ. λειτουργία με τα άλλα μέλη της συνεργαζόμενης ομάδας). Τα μέσα και τα εργαλεία υποστήριξης ποικίλουν από έντυπα ή ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας και οδηγιών, έως εφαρμογές μαθησιακής αναλυτικής που καταγράφουν και αναλύουν τις δράσεις και αλληλεπιδράσεις των μαθητών ατομικά ή/και συνεργατικά και αποδίδουν οπτικοποιημένες αναλύσεις υποστηρίζοντας την επίγνωση, τον αναστοχασμό και την αυτορρύθμιση των μαθητών.
- (v) **Υποστήριξη Διδασκόντων:** Η αναγκαία υποστήριξη των διδασκόντων (μια διάσταση που συχνά αγνοείται) ξεκινά από τις απλές οδηγίες λειτουργικής χρήσης του

υλικού, έως την κάλυψη των αναγκών παιδαγωγικής και διδακτικής διαχείρισης, προκειμένου να διασφαλιστεί η μέγιστη μαθησιακή αξιοποίησή τους. Κατά συνέπεια, η πρόβλεψη υποστήριξης των διδασκόντων κατά την χρήση ενός εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα μέσα: (α) *Οδηγός εκπαιδευτικού* (με οδηγίες λειτουργικής χρήσης, παιδαγωγικές-διδακτικές στρατηγικές ανά σενάριο χρήσης, τρόποι συνδυαστικής αξιοποίησης με άλλα εκπαιδευτικά φυσικά ή ψηφιακά υλικά, εναλλακτικές προσεγγίσεις χρήσης ανάλογα με τον διαθέσιμο εξοπλισμό στην τάξη ή στο σχολείο, λίστα αναμενόμενων αντιδράσεων, συμπεριφορών, συλλογισμών, εκφράσεων, λαθών των μαθητών κ.ά.). (β) *Εργαλεία Διδακτικής Διαχείρισης*, (γ) *Εργαλεία επίβλεψης της πορείας των μαθητών*, (δ) *Εργαλεία ανάλυσης της δραστηριότητας των μαθητών*, (ε) *Εργαλεία Αναστοχασμού* ως προς την αποτελεσματικότητα των δικών τους στρατηγικών και παρεμβάσεων.

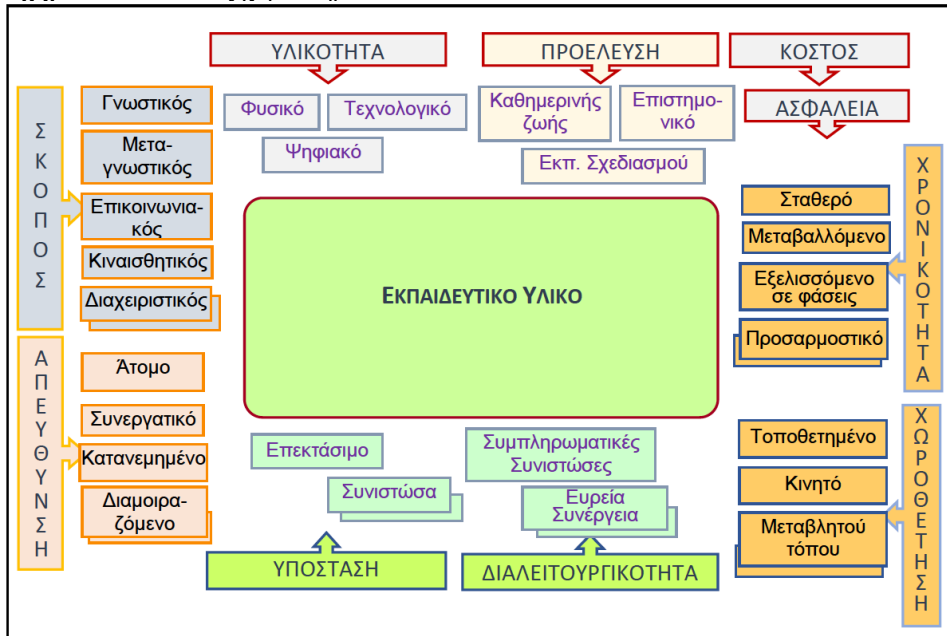
### **Προσδιορισμοί αξόνων βασικών χαρακτηριστικών εκπαιδευτικού υλικού**

Για τον σχεδιασμό ή την επιλογή ενός εκπαιδευτικού υλικού, είναι χρήσιμο να προσδιορίζονται και να καταγράφονται τα χαρακτηριστικά του σε ένα ενιαίο πλαίσιο, το οποίο αφενός αντιμετωπίζει από κοινού το ψηφιακό με το απτό υλικό, και αφετέρου εντάσσει την οντότητα τού εν λόγω εκπαιδευτικού υλικού στο περιβάλλον μιας μαθησιακής δραστηριότητας με το σύνολο των εμπλεκόμενων υλικών.

Τα υπό σχεδίαση ή τα υπαρκτά χαρακτηριστικά ενός εκπαιδευτικού υλικού δύνανται να προσδιοριστούν και να αποτυπωθούν ως προς ένα ελάχιστο σύνολο διαστάσεων και επιμέρους παραγόντων ενός ενιαίου πλαισίου εκπαιδευτικών υλικών, όπως αυτό που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6, στο οποίο διακρίνονται τέσσερις κύριες διαστάσεις: (I) *Ταυτότητα Υλικού* (Σκοπός, Ρόλος και Απεύθυνση), (II) *Προέλευση & Ιδιότητες Υλικών* (Υλικότητα, Προέλευση, Κόστος, Ασφάλεια κλπ.), (III) *Υπόσταση Υλικού* (Αυτονομία Υπόστασης, Διαλειτουργικότητα), (IV) *Χωροχρονική Διάσταση* (Χρονικότητα, Χωροθέτηση). Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι εν λόγω διαστάσεις και παράγοντες όπου κρίνεται αναγκαίο.

(I) **Ταυτότητα Υλικού:** (I.α) **Σκοπός:** Το υλικό μπορεί να έχει σχεδιαστεί για να ενισχύσει τον χρήστη αυτού ως προς τον γνωστικό, μεταγνωστικό, επικοινωνιακό, αισθητηριακό, κινητικό, συναισθηματικό, διαχειριστικό τομέα ή για να ενισχύσει παραπάνω από έναν τομέα ταυτόχρονα. Ανάλογα με τον σκοπό σχεδίασης ενός υλικού προσδιορίζεται και ο ρόλος του υλικού, εάν δηλαδή επιτρέπει την έκφραση, την δράση, την δημιουργία, την διαχείριση κ.ά. (I.β.) **Απεύθυνση:** Το υλικό μπορεί να απευθύνεται σε έναν μόνο χρήστη ατομικά (μαθητή, ή εκπαιδευτικό). Είναι δυνατόν να έχει σχεδιαστεί για μικρή ομάδα μαθητών (π.χ. 2-3 άτομα) ή για μεγαλύτερη ομάδα μαθητών με διακριτούς και συγκεκριμένους ρόλους, για ένα ευρύτερο και απροσδιόριστο σύνολο (διαμοιραζόμενο), ή να δύναται να χρησιμοποιηθεί από ένα σαφώς οριοθετημένο και κατανεμημένο (distributed) σύνολο συμμετεχόντων. Ο προσδιορισμός της απεύθυνσης του υλικού, προσδίδει άλλη δυναμική τόσο στην διαχείριση της μαθησιακής δραστηριότητας όσο και στα δυναμικά μαθησιακά οφέλη αυτής.

- (II) **Προέλευση & Ιδιότητες Υλικών** (Υλικότητα, Προέλευση, Κόστος, Ασφάλεια κλπ.). Η υλικότητα αποτυπώνει την φύση του υλικού, εάν έχει δηλαδή κατασκευαστεί από απλά υλικά, από βιομηχανικά υλικά ή πρόκειται για ψηφιακό υλικό. Η προέλευση προσδιορίζει την βασική σχεδιαστική ιδέα, εάν δηλαδή προκύπτει από ήδη εφαρμοσμένες χρήσεις της καθημερινής ζωής, από πρακτικές της επιστημονικής ζωής, ή από θεμελιωμένες επινοήσεις του εκπαιδευτικού σχεδιασμού. Άλλες επιμέρους συναφείς διαστάσεις όπως το κόστος, η ευκολία πρόσβασης στο υλικό, ή οι κανόνες ασφάλειας χρήσης είναι επίσης χρήσιμο να έχουν προσδιοριστεί.
- (III) **Υπόσταση & Διαλειτουργικότητα Υλικού:** Η υπόσταση του υλικού ως προς την αυτονομία ή την επεκτασιμότητα αυτού είναι μια εγγενής διάσταση. Διαφέρει εάν ένα υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα ή αποτελεί συνιστώσα ενός ευρύτερου συστήματος. Επίσης, διαφέρει εάν είναι μεταβαλλόμενο ή επεκτάσιμο (π.χ. οι μονάδες των κατασκευαστικών lego). Ιδιαίτερα σημαντική διάσταση είναι η διαλειτουργικότητα του υλικού, δηλαδή κατά πόσο το εν λόγω υλικό: (α) διασφαλίζει συνέργεια με ένα εύρος άλλων υλικών (β) έχει εμπλουτιστεί με υποστηρικτικές συνιστώσες (π.χ. συνιστώσες βοήθειας, ανάλυσης ενεργειών κλπ.).
- (IV) **Χωροχρονική Διάσταση:** Η 'χρονικότητα' προσδιορίζει εάν η χρήση ενός υλικού γίνεται άπαξ και μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, εάν είναι εξελισσόμενο, εάν είναι εξελισσόμενο σε διακριτές φάσεις ή εάν προσαρμόζεται σε ποικίλες χρήσεις χρονικής εξέλιξης. Η 'χωρικότητα' αναφέρεται στις δυνατότητες χρήσης σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο, σε χώρο ειδικών συνθηκών (π.χ. σκοτάδι), εάν είναι κινητό και ευέλικτο συνθηκών χρήσης, ή εάν δύναται να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες χωρικές συνθήκες (σχολείο, οικία, κλπ.).

**Σχήμα 6:** Διαστάσεις χαρακτηριστικών ενιαίου πλαισίου εκπαιδευτικών υλικών

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το διεπιστημονικό πεδίο των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην Εκπαίδευση, μέσα από μια έντονη ιστορική εξέλιξη πέντε δεκαετιών, έχει αναπτύξει μια ευρεία ποικιλία διαφορετικών κατηγοριών συστημάτων και εργαλείων μαθησιακής τεχνολογίας. Παράλληλα με τις εξελίξεις στις Θεωρίες Μάθησης και στις Διδακτικές των Θετικών Επιστημών έχουν πλέον αναδυθεί νέες ενδιαφέρουσες τάσεις αναφορικά με: (α) τη φύση και τα χαρακτηριστικά των μαθησιακών δραστηριοτήτων, (β) τη δημιουργία και χρήση σύνθετων «περιβαλλόντων εκπαιδευτικών υλικών» μέσω ενός πλούσιου συνδυασμού φυσικών και τεχνολογικών αντικειμένων.

Ο σχεδιασμός και η θεώρηση ενός μικτού περιβάλλοντος εκπαιδευτικού υλικού και η επικέντρωση σε μια λειτουργικά αποτελεσματική (μαθησιακά, διαδικαστικά) αξιοποίησή τους, αναδεικνύει τις διαστάσεις που χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη, προκειμένου να διασφαλίζεται η βιωσιμότητα της ένταξης καινοτομιών στην εκπαίδευση. Οι εν λόγω διαστάσεις σχεδιασμού αποδίδονται ως πολύτιμες, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για σύνθετες μαθησιακές δραστηριότητες που προσφέρουν νέες δυνατότητες στην μαθησιακή και εκπαιδευτική διαδικασία.

Εν κατακλείδι, δεν είναι το εκπαιδευτικό υλικό κάτι αυτοτελές, και δεν αποτελεί από μόνο του τον πλέον σημαντικό παράγοντα. Κάθε εκπαιδευτικό υλικό έχει σχεδιαστεί με συγκεκριμένα πολλαπλά ή ειδικά χαρακτηριστικά (affordances) προκειμένου να

ενεργοποιήσει ή να υποστηρίξει μαθησιακές διαδικασίες. Το δυναμικό του ως προς τη μάθηση ή την εκπαίδευση, δεν είναι αυτόνομο και αυτοδύναμο. Εξαρτάται άμεσα από το περιβάλλον στο οποίο εντάσσεται η εν λόγω οντότητα μέσα στο φάσμα των μαθησιακών δραστηριοτήτων, που ενεργοποιεί:

- Τα άλλα εκπαιδευτικά υλικά αλλά και κάθε είδους αντικείμενα του περιβάλλοντος (χωροταξικός εξοπλισμός, διαδραστικοί πίνακες, προβολικά μηχανήματα, συσκευές καταγραφών (π.χ. βίντεο, φωτογραφικές μηχανές, ηχητικές εγγραφές)
- Τις δομημένες σχεδιασμένες αλληλεπιδράσεις
- Την ενδεχόμενη πρόσθετη υποστήριξη του εκπαιδευτικού υλικού προς τους χρήστες - δρώντες αυτού.

Η παρούσα σύνθεση οδήγησε στον ορισμό του εκπαιδευτικού υλικού μέσα από ένα πλαίσιο ενιαίας θεώρησης του ψηφιακού με το από εκπαιδευτικό υλικό, δίνοντας επιπρόσθετα, έμφαση:

- Στην ενιαιοποιημένη προσέγγιση φυσικού, ψηφιακού, τεχνολογικού περιβάλλοντος αντικειμένων και υλικών, καθώς και στην θεώρηση της αναγκαίας συμπληρωματικότητα μέσω των υλικών και εργαλείων.
- Στο περικείμενο αξιοποίησης του εκπαιδευτικού υλικού, δηλαδή τα χαρακτηριστικά και τη δόμηση της μαθησιακής δραστηριότητας
- Στα υποστηρικτικά εργαλεία που προσφέρονται στον διδάσκοντα (για επίβλεψη πορείας μαθητών, επίλυση τεχνικών προβλημάτων, διαχείριση ομάδων κ.ά.)
- Στην περαιτέρω ενίσχυση του μαθητή, σε γνωστικό, μεταγνωστικό, κιναισθητικό, κοινωνικό, διαχειριστικό επίπεδο, καθώς και στην πολυδιάστατη νοητική ενεργοποίησή του.

Σε κάθε περίπτωση χρειάζεται ένας πραγματικός διεπιστημονικός σχεδιασμός εκπαιδευτικών υλικών (με χρήση Διδακτικής Γνωστικών Αντικειμένων, ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, Μαθησιακής Αναλυτικής κ.ά.), καθώς και μια ουσιαστική έρευνα σε χρονικό βάθος που να μελετά και να στηρίζει την ένταξη των νέων εκπαιδευτικών υλικών στην εκπαιδευτική πρακτική, κατά την εφαρμογή αυθεντικών μαθησιακών δραστηριοτήτων που υλοποιούν τις βασικές αρχές του κοινωνικού εποικοδομητισμού, ενισχύοντας τις πολλαπλές διαστάσεις μάθησης, των νέων ανθρώπων που γεννιούνται και μεγαλώνουν στην εποχή των φιλικών, επαυξημένης πραγματικότητας τεχνολογιών.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου, την Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών, το ΤΕΠΑΕΣ και στα μέλη του LTEE lab, επειδή είτε πρόσφεραν το κατάλληλο πλαίσιο και τις γόνιμες συνθήκες για την εκπόνηση του επιστημονικού και εκπαιδευτικού έργου, είτε ενέπνευσαν και συνέβαλλαν ουσιαστικά στην πραγμάτωση του έργου αυτού.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18.

- Bell T., Urhahne D., Schanze S. & Ploetzner R. (2010) Collaborative inquiry learning: models, tools and challenges, *International Journal of Science Education*, 32 (2010), pp. 349-377.
- Blikstein P. & Worsley M. (2016). Multimodal Learning Analytics and Education Data Mining: using computational technologies to measure complex learning tasks, *Journal of Learning Analytics*, Vol 3, No 2 (2016)
- Blikstein P. (2012). Bifocal modeling: a study on the learning outcomes of comparing physical and computational models linked in real time. *ICMI '12 Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction*, pp.257-264, Santa Monica, California, USA, October 22 - 26, 2012, ACM New York, USA ©2012
- Bonney R., Cooper C., Ballard H., (2016). "The Theory and Practice of Citizen Science: Launching a New Journal". *Citizen Science: Theory and Practice*. 1 (1): 1. doi:10.5334/cstp.65
- Bratitsis T. & Dimitracopoulou A. (2008). Interpretation Issues in Monitoring and Analyzing Group Interactions in Asynchronous Discussions, Special Issue, *International Journal of e-Collaboration (IJeC)*, IDEA Group Inc, 4(1), 20-40
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C. & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Brossard, D.; Lewenstein, B.; Bonney, R. (2005). "Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project". *International Journal of Science Education*. 27 (9): 1099–1121.
- Brown, J. S.; Collins, A.; Duguid, S. (1989). "Situated cognition and the culture of learning". *Educational Researcher*. 18 (1): 32–42
- Buckingham Shum S., & Deakin Crick, R., (2016). Learning Analytics for 21st Century Competencies, *Journal of Learning Analytics*, Vol 3, No 2 (2016), pp. 6–2
- De Jong, T. (2006). Scaffolds for scientific discovery learning. In Elen, J., Clark, R. E. (Eds.), *Handling complexity in learning environments: Theory and research* (pp. 107–128). London, England: Elsevier.
- De Jong, T., Lazonder, A. W. (2014). The guided discovery learning principle in multimedia learning. In Mayer, R. E. (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 371–390). New York, NY: Cambridge University Press.
- Dillenbourg P. (2015). *Orchestration Graphs: Modelling Scalable Education*, EPFL Press, Switzerland, p.212.
- Dillenbourg P., Ott D., Wehrle T., Bourquin Y., Jermann P., Corti D., Salo P. (2002). The socio-cognitive functions of community mirrors. In F. Fluckiger, C. Jutz, P. Schulz and L. Cantoni (eds). *Proceedings of the 4th Int. Conference on New Educational Environments*. Lugano, May 8-11.
- Dillenbourg, P. (2013). Design for Classroom Orchestration. position paper. *Journal of Computers in Education. Computers & Education*, 69 (2013) 485–492
- Dillenbourg, P., Zufferey, G., Alavi, H., Jermann, P., Do-Lenh S., Bonnard, Q., Cuendet, S., & Kaplan, F., (2011). Classroom Orchestration: The Third Circle of Usability,

- Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Computer Supported Collaborative Learning*, Hong Kong, China, vol. 1, p. 510-517
- Dimitracopoulou A. (2009). Computer based Interaction Analysis Supporting Self-regulation: Achievements and Prospects of an Emerging Research Direction, In Kinshuk, M.Spector, D.Sampson, P. Isaias (Guest editors). Special Issue: Cognition and Exploratory Learning in Digital Era, *Technology, Instruction, Cognition and Learning (TICL) Journal*, Volume 6, Number 4, pp.291-314
- Dimitracopoulou A. (2017). Digital traces and Data Analysis of educational environments: Approaches, Perspectives and Ethical Issues related to the ‘Learning Analytics’ field. In (Eds) A. Kodakos & F. Kalavassiss. *9th Volume of Educational Design Issues*. Editions Diadrasi, Athens, Greece (GR)
- Dimitracopoulou A.& Komis V. (2003). Design Principles for an Open and Wide MODELLINGSPACE for Learning, Modelling & Collaboration in Sciences and Mathematics, In (Eds) C. Constantinou & Z. Zacharias “*Computer Based Learning in Sciences*, Proceedings of Sixth International Conference CBLIS., Volume 1, University of Cyprus Editions, pp.1005-1018
- Dimitracopoulou A., Dillenbourg P., Hoppe U. (2004). Interaction analysis supporting participants during technology –based collaborative activities : Workshop summary, *Computer Supported Collaborative Learning SIG European Symposium*, Lausanne, 7-9 October, 2004.
- Dimitriadis, Y. (2012). Supporting teachers in orchestrating CSCL classrooms. *Research on E-Learning and ICT in Education*, (September), 33-40.
- Donald N., (1988). *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books. ISBN 978-0-465-06710-7.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by Expanding: An Activity-theoretical Approach to Developmental Research*. Orienta-Konsultit Oy. ISBN 9789519593326.
- Engeström, Y.; Miettinen, R.; Punamäki, R.-L. (1999). *Perspectives on Activity Theory*. Cambridge University Press
- Ferguson, R. & Buckingham Shum, S. (2012). Social learning analytics: five approaches. In: *2nd Int. Conference on Learning Analytics & Knowledge*, pp. 23–33.
- Fessakis G. (2014). Virtual and conventional haptic material in learning and teaching mathematics: Theoretical analysis, Invited keynote paper in Ch. Skoumpourdi & M. Skoumios (Eds.), *Proceedings of the 1st Pan-Hellenic Conference with international participation for Educational Material in Mathematics and Science Education*, Rhodes, 17-18 October 2014, University of the Aegean, pp.: 72-105
- Fessakis G., Dimitracopoulou A., Palaiodimos A. (2011). The impact of interaction analysis graphs on groups during online collaboration through blogs according to the “learning by design” scenario, *CSCL2011 Conference Proceedings*. ISLS
- Fessakis G., Dimitracopoulou A., Tatsis K., (2008). Supporting “Learning by Design” Activities Using Group Blogs, *Journal of Educational Technology and Society*, 11(4). pp.199-212



- Fessakis G., Petrou A. & Dimitracopoulou A. (2004). Collaboration Activity Function: An interaction analysis' tool for Computer Supported Collaborative Learning activities, In Kinshuk et al (Eds) *Proceedings of 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004)*, August 30 – Sept 1, 2004, Joensuu, Finland, IEEE Computer Society Editions, pp. 196-201.
- 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.
- Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., and Hall Giesinger, C. (2017). *NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K–12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Gallagher, S. (2005). *How the body shapes the mind*, Oxford: OUP
- Gardner, H. (1983), *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*, Basic Books
- Gardner, H. (2006), *Multiple Intelligences: New Horizons in Theory and Practice*, Basic Books
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin. ISBN 0-89859-959-8.
- Greeno, J. G. (1998). "The situativity of knowing, learning, and research". *American Psychologist*. 53 (1): 5–26
- Hicks, J., Ramanathan, N., Falaki, H. Longstaff, B., Parameswaran, K. Rahimi, M., Kim, D., Selsky, J., Jenkins, J., Estrin, D., (2011). *And Wellness: An open mobile system for activity and experience sampling*, 2011.
- Hlapanis, G. & Dimitracopoulou A. (2007). A School-Teachers' Learning Community: Matters of Communication Analysis, (Guest Editors) P. Kirschner & K.-W. Lai, *Special Issue on Online Communities of Practice in Education, Journal of Technology, Pedagogy & Education*, Vol 16, Issue 1.
- Hodge, R. and G. Kress. (1988). *Social Semiotics*. Cambridge: Polity
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. MIT Press.
- Ioannidou I. & Dimitracopoulou A. (2003). Design of distributed collaborative activities for young children related to map use and construction. In (Ed) V. Uskov, *Proceedings of the IASTED International Conference, Computers and Advanced Technology in Education*, 30 June-3 July 2003, Rhodes, Greece, pp.432-437
- Kirschner P., Sweller J., Clark R. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86
- Komis V. & Misirli A. (2016). The environments of educational robotics in Early Childhood Education: towards a didactical analysis, *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(2), p. 238-246, ISSN: 2241-9152
- Kosmas, P., Ioannou, A., Retalis, S. (2018). Moving Bodies to Moving Minds: A Study of the Use of Motion-Based Games in Special Education, *TechTrends* 62(6):594-601

- Kress, G. and Van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal Discourse: The Modes and Media of Contemporary Communication*. Arnold: London.
- Kritikos G. & Dimitracopoulou A. (2014). The impact of the Analogical Reflection on the Metacognitive Awareness, In *The International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*, Vol 20, 2014, www.thelearner.com, ISSN 2327-7971, © Common Ground [draft version]
- Kritikos, G., & Dimitracopoulou A. (2017). Secondary Students' Analogical Reflections on Unfamiliar Scientific Concepts, *International Journal of Technologies in Learning* 24(2):25-36 · January 2017, DOI: 10.18848/2327-0144/CGP/v24i02/25-36
- Laskey, M.L., & Hetzel, C.S. (2010). Self-regulated learning, metacognition and soft skills: the 21st century learner, *Psychological Test and Assessment Modeling Journal*, Vol 52, 2010 (4), 432-453
- Lave, J. and Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Excerpts.
- Lehtinen, A., & Viiri, J. (2017). Guidance Provided by Teacher and Simulation for Inquiry-Based Learning: A Case Study. *Journal of Science Education and Technology*, 26 (2), 193-206.
- Lim V.F. (2017) Analysing the teachers' use of gestures in the classroom: A Systemic Functional Multimodal Discourse Analysis approach, *Social Semiotics*, 1-29
- Liu, T.Y., Tan, T.H. & Chu, Y.L. (2009). Outdoor Natural Science Learning with an RFID-Supported Immersive Ubiquitous Learning Environment. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), 161-175.
- Lou, Y. P., Abrami, P. C., & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 71, 449-521.
- Manlove, S., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2009). Trends and issues of regulative support use during inquiry learning: Patterns from three studies. *Computers in Human Behavior Journal*, 25, 795-803.
- Markouzis, D., Fessakis, G. (2015). Interactive Storytelling and Mobile Augmented Reality Applications for Learning and Entertainment – A rapid prototyping perspective, *Proceedings of the 9th Int. Conference on Interactive Mobile Communication, Technologies and Learning (IMCL2015)*, 19-20 Nov. 2015, Thessaloniki, Greece, Int. Association of Online Engineering (IAOE). Best paper award for IMCL2015
- Martinez-Maldonado, R., Kay J., Yacef, K., Edbauer M.-T., Dimitriadis, Y. (2012). *MTClassroom and MTDashboard: Supporting Analysis of Teacher Attention in an Orchestrated Multi-tabletop Classroom. LAK2012 International Conference*
- Meltzoff, A. N. (2007). 'Like me': a foundation for social cognition. *Developmental Science* 10(1), pp 126–134.
- Menary, R. A. 2010, 'Introduction to the special issue on 4E cognition', *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 459-463.

- Montandon L., Dimitracopoulou A., Avouris N., Casado E. (2006). e-COMODE Services for the Implementation of Collaborative Modelling Environments in Schools. In P. Cunningham (Eds) *e-Challenges conference 2006*, 25-27 October 2006, Barcelona, Spain
- Nardi, B. (1995). *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*. MIT Press.
- National Science Foundation. (2000). *An introduction to inquiry Foundations. Inquiry: Thoughts, views and strategies for the k-5 classroom*. (Vol. 2, pp. 1-5).
- Newen, A., De Bruin L, Gallagher, S. (2018). *The Oxford Handbook of 4E Cognition*. Oxford Library of Psychology.
- Orfanos, S. & Dimitracopoulou A. (2003). Technology based modelling activities and the contribution in learning concepts' relations in kinematics. Second International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education (m-ICTE 2003), 3-6 Dec. 2003, Badajoz, Spain, In A. M. Vilas, J.A. M. Gonzalez, J. M. Gonzalez (Eds) *Advances in Technology-Based Education: Toward a Knowledge-Based Society*, Edition: Junta de Extremadura, Consejería de Education, Volumes: I-III, Collection. Vol.3
- Organization of Economic Cooperation and Development [OECD] (2010). *Strong performers and successful reformers in education: Lessons from PISA for the United States*. Paris, France
- Papert, S. (1980). *Mind-storms, children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9, 81 – 95
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., De Jong, T., Van Riesen, S.A., Kamp, E.T., Manoli K., Zacharia Z. Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
- Petrou A. & Dimitracopoulou A. (2003). Is synchronous computer mediated collaborative problem solving 'justified' only when by distance? Teachers' point of views and interventions with co-located groups during every day class activities. In (Eds) B. Wasson, S. Ludvigsen & U. Hoppe, *CSCL: Designing for Change in Networked Learning Environments*, CSCL congress, Norway, Kluwer Academic Publ., pp. 441-450
- Reimann P. (2003). How to support groups in learning: More than problem solving. (keynote talk) in Alevin et al. (ed.), *Artificial Intelligence in Education (AIED 2003)*. Supplementary Proceedings Sydney: University of Sydney, p. 3-16.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity Through Projects, Passion, Peers, and Play*. MIT Press.
- Robbins, P., & Aydede, M. (2009). A short primer on situated cognition. In P. Robbins & M. Aydede (Eds.), *The Cambridge Handbook of Situated Cognition* (pp. 3-11). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Roll I., & Winne P. (2015). Understanding, evaluating, and supporting self-regulated learning using learning analytics, *Journal of Learning Analytics*, Vol2, No1, 7-12 p
- Salomon, G. (1997). *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*. Cambridge University Press
- Sanders, M. E. (2009). Integrative STEM: Primer [in some places titled STEM, STEM Education, STEMmania]. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2006). Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In K. Sawyer (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 97-118). New York: Cambridge University Press.
- Schleicher, A. (2012). (Ed.). *Preparing teachers and developing school leaders for the 21st century: Lessons from around the world*. Paris, France: OECD
- Sergis, S. and Sampson, D. 2017. Teaching and Learning Analytics to support Teacher Inquiry: a Systematic Literature Review, in Peña-Ayala, A. (ed), *Learning analytics: Fundaments, applications, and trends*, pp. 25-63. Berlin: Springer
- Shapiro, L. (2011). *Embodied cognition*. Routledge.
- Slotta, J. D. (2004). The web-based inquiry science environment (WISE): Scaffolding knowledge integration in the science classroom. *Internet environments for science education*, 203-232
- Slotta, J. D., & Linn, M. C. (2009). *WISE science: Web-based inquiry in the classroom* Teachers College Press.
- Slotta, J. D., & Najafi, H. (2010). Technology and learning support for student collaboration. *Cognition*, 189-196.
- Slotta, J., Tissenbaum, L. M. (2012) Orchestrating of complex inquiry: Three roles for learning Analytics in a smart classroom infrastructure. In: *Proceedings of the 2nd Int. Conference on Learning Analytics and Knowledge*, Vancouver, Canada, ACM
- Thibault, P. J. (1991). *Social semiotics as praxis: Text, social meaning making, and Nabokov's Ada*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Thompson, E. (2007). *Mind in life: Biology, phenomenology, and the sciences of mind*, Cambridge, MA.; Harvard University Press
- Tissenbaum M. (2014). *Supporting Collective Inquiry: A Technology Framework for Distributed Learning*, PhD thesis, Ontario Institute for Studies in Education University of Toronto, Canada.
- van Joolingen W.R, de Jong T., & Dimitracopoulou A. (2007). Issues in Computer Supported Inquiry Learning in Sciences. *Editorial in Special Issue on Computer Supported Inquiry Learning. Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 111–119
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wagner, T. (2008). *The global achievement gap: Why even our best schools don't teach the new survival skills our children need — and what we can do about it*. New York, NY: Basic Books.

- Winne, P.H. & Perry, N.E. (2000). Measuring self-regulated learning. In P. Pintrich, M. Boekaerts, & M. Seidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (p. 531-566). Orlando, FL: Academic Press.
- Yun H., Domanska M., Fortenbacher A., Ghomi M. & Pinkwart N. (2016). Sensor Data for Learning Support: Achievements, Open Questions and Opportunities, Raphael Zender (Ed): *Proceedings of DeLFI Workshops 2016 co-located with 14th e-Learning Conference of the German Computer Society (DeLFI 2016)* Potsdam, Germany, September 11, 2016
- Σισμανίδου & Δημητρακοπούλου (in press, 2019) Διαστάσεις Σχεδιασμού Δραστηριοτήτων Οπτικής για μαθητές Δημοτικού, με πολλαπλά αντικείμενα και ενεργές δράσεις. *10<sup>ο</sup> Συνέδριο Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Πράξη*. Ρόδος, 11-13 Απριλίου 2019.
- Σκουμιός Μ., & Σκουμπουρδή Χ. (2015). Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, Στο (Επιμ.) Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 17-18 Οκτ, 2014., σελ. 14-37, ISBN: 978-960-86791-5-3
- Σκουμπουρδή Ζ., Σκουμιός, Μ. (2016). Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις; Στο Μ. Σκουμιός, Χ. Σκουμπουρδή (Επιμ). *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις»*, σελ. 15-52, Ρόδος, 14-16 Οκτ. 2016, ISBN: 978-960-86791-6-0

---

# **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

---

***Χρήση εκπαιδευτικού υλικού σε  
διεπιστημονικές προσεγγίσεις***

---

## Διεπιστημονική προσέγγιση στην κατασκευή προβλήματος στα μαθηματικά και τη φυσική του σχολείου: ένα αναστοχαστικό εργαστήριο

Ανδρέας Μούτσιος-Ρέντζος<sup>1</sup>, Κωνσταντίνος Τάτσης<sup>2</sup>,  
Γεώργιος Κρητικός<sup>3</sup> και Φραγκίσκος Καλαβάσης<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, amoutsiosrentzos@aegean.gr

<sup>2</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ktatsis@uoi.gr

<sup>3</sup> Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, gkritikos@aegean.gr

<sup>4</sup> Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kalabas@aegean.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε ένα Εργαστήριο που στοχεύει στην ανάδειξη των πλεονεκτημάτων της διεπιστημονικής προσέγγισης στην κατασκευή προβλήματος. Υιοθετείται μια συστημική προσέγγιση της σχολικής μονάδας, αναγνωρίζοντας την επικοινωνία των φαινομένων διδασκαλίας και μάθησης σχετικά με τα μαθηματικά και τη φυσική σε μια σχολική μονάδα, μια εκπαιδευτική βαθμίδα, αλλά και ανάμεσά τους. Με αφορμή την κοινή εμφάνιση ενός σημείου στα δύο μαθήματα προάγεται η επικοινωνία των εκπαιδευτικών των δύο μαθημάτων για την κατασκευή ενός προβλήματος, ως υλικό για να χρησιμοποιηθεί στην τάξη κατά τη διδασκαλία και των δύο μαθημάτων. Το Εργαστήριο βασίζεται στη δημιουργία επικοινωνιακού χώρου διεπιστημονικών αναστοχασμών που επιτρέπει τη διάκριση, τη σύνδεση και την κατασκευή μονο-επιστημονικών και διεπιστημονικών νοημάτων.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** κατασκευή πρόβληματος, διεπιστημονική προσέγγιση, αναστοχασμός, σύστημα, σχολική μονάδα.

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΟΛΥΠΛΟΚΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Ανάμεσα στις δραστηριότητες και στα έργα που εντάσσονται στις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης, η κατασκευή προβλήματος (problem posing· Singer, Ellerton & Cai, 2015) έχει ιδιαίτερη θέση, καθώς συμπληρώνει ουσιαστικά την επίλυση



προβλήματος (problem solving). Κατά την κατασκευή προβλήματος, απαιτείται, μέσω διαδικασιών μοντελοποίησης (Stillman, Kaiser, Blum & Brown, 2013), ο πολυεπίπεδος καθορισμός του χώρου του προβλήματος, συμπεριλαμβανομένων των επιστημονικών εννοιών που συμπεριλαμβάνονται, καθώς και των σημειωτικών μέσων επικοινωνίας του προβλήματος. Επιπλέον, ο σχεδιαστής του προβλήματος καλείται να λάβει υπόψη τους συμμετέχοντες σε αυτή την επικοινωνία, δηλαδή τον δυνητικό λύτη του προβλήματος, καθώς και τον αξιολογητή του προβλήματος (π.χ. ο εκπαιδευτικός).

Στο παρόν Εργαστήριο, με αφορμή τις σημειωτικές συν-εμφανίσεις στα μαθηματικά και τη φυσική του σχολείου, γίνεται προσπάθεια προσομοίωσης των διεργασιών συλλογικού αναστοχασμού κατά την συν-κατασκευή προβλημάτων που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία και των δύο μαθημάτων. Στον πυρήνα αυτής της προσέγγισης βρίσκεται η συστημική θεώρηση της σχολικής μονάδας ως μανθάνοντος οργανισμού (Davis & Simmt, 2003), καθώς και η διεπιστημονική προσέγγιση στις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης (Moutsios-Rentzos & Kalavasis, 2016). Υπό αυτή τη θεώρηση αναγνωρίζεται η πολλαπλότητα των αλληλεπιδρώντων ρόλων που εμπλέκονται, ακόμη και στο ίδιο άτομο. Για παράδειγμα, μια εκπαιδευτικός μπορεί να είναι και μαθηματικός, να έχει και το ρόλο της μητέρας, αλλά και της διευθύντριας στη σχολική μονάδα. Ταυτόχρονα, υιοθετούμε την πραγματιστική για την πολύπλοκη σύγχρονη πραγματικότητα του διευρυμένου εκπαιδευτικού χωροχρόνου (Moutsios-Rentzos κ.ά., 2017) προσέγγιση ότι η μάθηση δεν αρκεί να στοχεύει στις συνδέσεις εντός ενός μαθήματος μιας επιστήμης (Skemp, 1976), αλλά είναι ανάγκη να αναδειξεί τις συνδέσεις αυτών των συνδέσεων και με μαθήματα άλλων επιστημών, εννοιοποιώντας με αυτό τον τρόπο την μάθηση ως σύνδεση συνδέσεων «που μετασχηματίζουν το γνωστικό σύστημα σε μια νέα ποιοτική κατάσταση λειτουργικής ισορροπίας» (Μούτσιος-Ρέντζος, Κρητικός & Καλαβάσης, 2017, σελ. 645).

Συνεπώς, στο παρόν Εργαστήριο προτείνεται η συν-κατασκευή διεπιστημονικού προβλήματος από εκπαιδευτικούς που διδάσκουν μαθηματικά και φυσική, με στόχο την ενεργοποίηση ανοδικών (bottom-up) διαδικασιών *γνωστικής απο-διαμερισματοποίησης* σε αντιδιαστολή με το υπάρχον εκπαιδευτικό σύστημα και ένα πλέγμα κοινωνικών, πολιτικών και εκπαιδευτικών επιλογών και καταστάσεων. Ισχυριζόμαστε ότι δίνοντας την έμφαση στο σημείο (sign) παρά στην έννοια, προστατεύεται άδηλα η διάκριση επιστημών και μαθημάτων, επιτρέποντας την ουσιαστική επικοινωνία τους για την απάντηση του καιρίου ερωτήματος: *Με ποιο τρόπο θα βοηθήσουμε τα παιδιά συνειδητά να ενεργοποιούν τις κατάλληλες συνδέσεις όταν εμφανίζεται το ίδιο σημείο σε διαφορετικά μαθήματα;* Η θέση μας είναι ότι η επικοινωνία και η αντιπαραβολή μέσω σημείων μαθημάτων και επιστημών επιτρέπει την αποκάλυψη των συγκλίσεων και των αποκλίσεων των καταδεικνυόμενων νοημάτων σε κάθε μάθημα. Επίσης, τονίζεται η σημασία των συγκεκριμένων εκπαιδευτικών προσώπων που συνεργάζονται και της συγκεκριμένης σχολικής μονάδας, προτείνοντας με αυτόν τον τρόπο μια εντοπισμένη εκπαιδευτική μηχανική, παρά έναν κενό τοπικών αναφορικότητας καθοδικό (top-down) εκπαιδευτικό σχεδιασμό. Μέσα από δομημένους ατομικούς και συλλογικούς διεπιστημονικούς

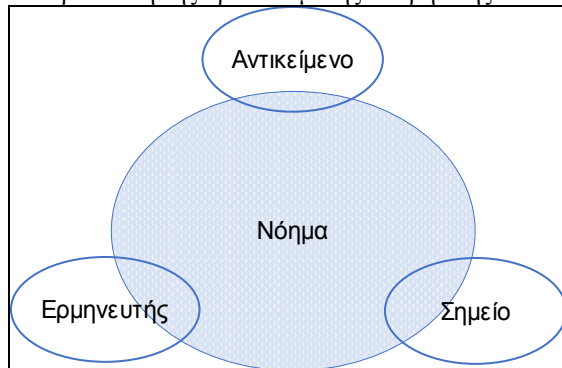
αναστοχασμούς (Jay & Johnson, 2002· Nissilä, 2005), το Εργαστήριο προσομοιώνει έναν πραγματιστικό τρόπο εφαρμογής μιας διεπιστημονικής προσέγγισης στη σχολική μονάδα.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Το Εργαστήριο βασίζεται σε μια συστημική σημειωτική θεώρηση (Μούτσιος-Ρέντζος κ.ά., 2017), η οποία αντλεί από τη συστημική οπτική στην επικοινωνία (Watzlawick, 1976). Ο Ongstad (2006, σελ. 256) διευκρινίζει ότι «με την ομαδοποίηση των τριάδων αποκλειστικά ως αμοιβαίες σχέσεις, κάποιος αποκτά *συστημική* κατανόηση που αλλάζει την λογική. Με τον όρο συστημική εννοείται ο δυναμικός, εν μέρει απρόβλεπτος χαρακτήρας ενός σχεσιακού συστήματος που διαφέρει από ένα κλειστό, συστηματικό σταθερό σύστημα».

Στην προτεινόμενη θεώρηση, το επικοινωνιακό νόημα αναδύεται στη σχέση των μελών που συγκροτούν τη βασική επικοινωνιακή τριάδα (σημείο, ερμηνευτής επιστημικό αντικείμενο· βλ. Σχήμα 1). Το *σημείο* ενεργοποιεί την επικοινωνιακή τριάδα και είναι δυνατό να είναι σύμβολο, εικόνα, λέξη κ.ά. (Duval, 2006) αλλά και συνδυασμός αυτών ως μια σύνθετη ολότητα (μια φράση, μια εξίσωση κτλ). Το *νόημα* αναφέρεται στη διαδικασία νοηματοδότησης που αναδύεται από την ολότητα των επικοινωνιακών αλληλεπιδράσεων στη διδασκαλία ενός σχολικού μαθήματος, συμπεριλαμβάνοντας λεκτικές και μη λεκτικές επικοινωνίες, πρακτικές, νόρμες κτλ. Οι *ερμηνευτές* είναι τα υποκείμενα που συμμετέχουν στις επικοινωνιακές διαδικασίες. Ένα άτομο μπορεί να συνιστά διαφορετικό ερμηνευτή για μια διαφορετική επικοινωνιακή κατάσταση, καθώς μπορεί να υποκειμενοποιείται με διαφορετικούς λόγους. Τα *επιστημικά αντικείμενα* αναφέρονται στην κατασκευή του θεσμικά αποδεκτού επιστημονικού αντικειμένου, όπως αυτό εννοιοποιείται από τον ερμηνευτή σε μια δεδομένη κατάσταση.

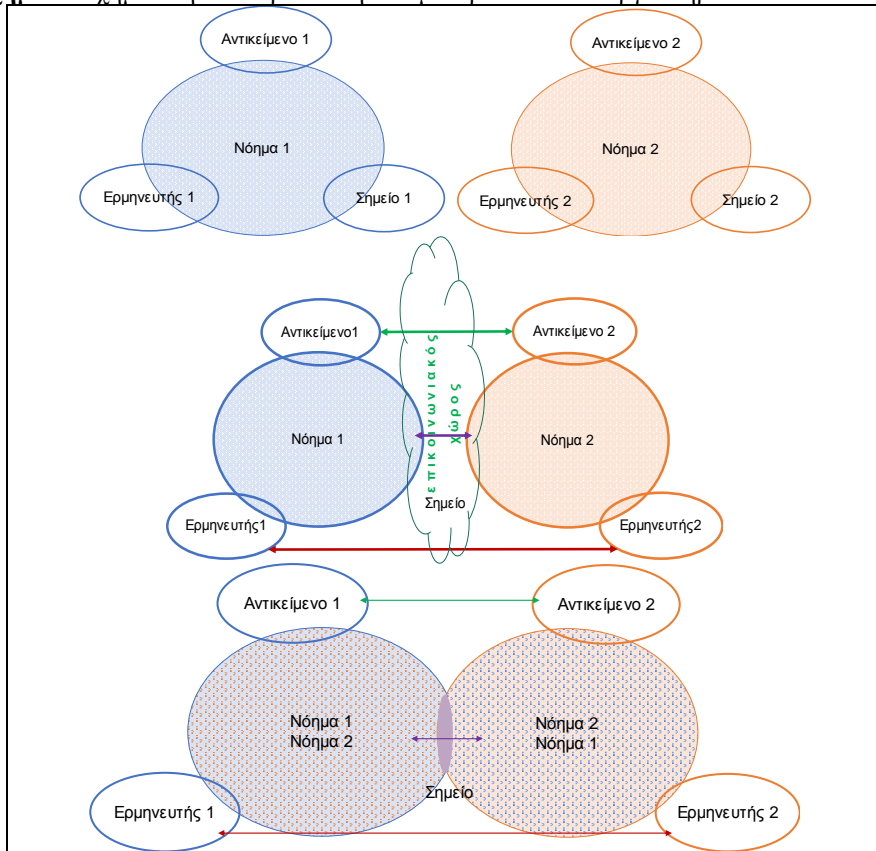
**Σχήμα 1:** Σχηματική αναπαράσταση της προτεινόμενης θεωρητικής οπτικής.



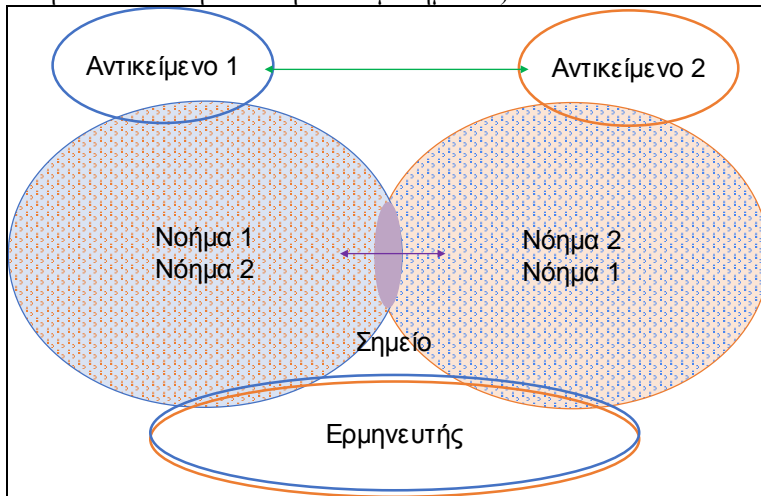
Βάσει αυτού του πλαισίου, ισχυριζόμαστε ότι στην παρούσα σχολική πραγματικότητα τα νοήματα επικοινωνούνται μονο-επιστημονικά εντός του κάθε μαθήματος, μονωμένα σε σχέση με άλλα μαθήματα (βλ. Σχήμα 2 πάνω). Με βάση το

κοινά εμφανιζόμενο σημείο στα δύο μαθήματα, ισχυριζόμαστε ότι καθίσταται δυνατή η δημιουργία ενός επικοινωνιακού χώρου (Καλαβάσης, 2008) ανάμεσα στους ερμηνευτές, τα επιστημικά αντικείμενα και τα αναδυόμενα νοήματα (βλ. Σχήμα 2). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι στην προτεινόμενη προσέγγιση δεν προάγεται ο συγκερασμός των επιστημών, αλλά η επικοινωνία τους, πράγμα το οποίο σχηματικά γίνεται σαφές από την ύπαρξη διακριτών και κοινών όψεων των νοημάτων και των δύο επιστημών. Επίσης, τονίζεται ότι οι δύο ερμηνευτές διατηρούν τις διακριτές επιστημονικές και εκπαιδευτικές ταυτότητές τους, αφού η οπτική μας χρειάζεται αυτή τη διάκριση για να παράξει τη σύνδεση συνδέσεων.

**Σχήμα 2:** Σχηματική αναπαράσταση των μεταβάσεων του Εργαστηρίου.



**Σχήμα 3:** Μαθητές, μαθήτριες, αλλά και εκπαιδευτικοί (όταν δεν δεσμεύονται σε επιστημονική/εκπαιδευτική ταυτότητα των μαθημάτων).

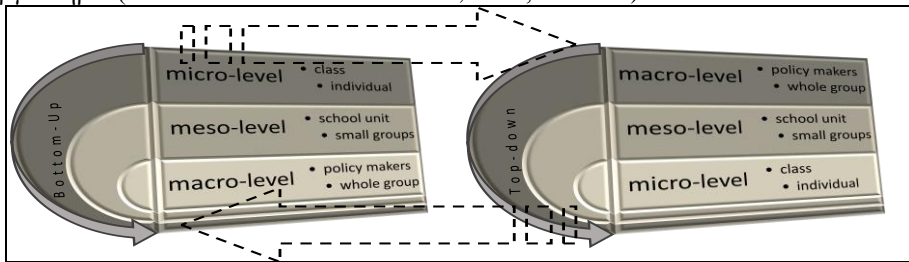


Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, όπου οι εκπαιδευτικοί καλούνται να είναι οι επίσημοι, θεσμικοί ερμηνευτές σε μαθήματα που συνδέονται με επιστήμες των οποίων δεν έχουν την επιστημονική ταυτότητα. Για παράδειγμα, παιδαγωγοί καλούνται να διδάξουν μαθηματικά και φυσική, χωρίς να είναι μαθηματικοί ή φυσικοί. Υπό αυτή την οπτική, οι συγκεκριμένοι/νες εκπαιδευτικοί βιώνουν κάτι αντίστοιχο με τους μαθητές και τις μαθήτριες: ένα δυισμό ερμηνευτών, ένα διχασμό νοημάτων και αντικειμένων. Ισχυριζόμαστε ότι η συγκεκριμένη οπτική βοηθά στη λειτουργική προσέγγιση τέτοιων φαινομένων διδασκαλίας και μάθησης, τόσο για τα παιδιά, όσο και για τους/τις εκπαιδευτικούς που δεν ταυτοποιούνται επιστημονικά ή/και εκπαιδευτικά με το μάθημα και την αντίστοιχη επιστήμη που διδάσκουν.

### ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Το Εργαστήριο θα υλοποιηθεί προσομοιώνοντας μια ανοδική πορεία εκπαιδευτικού σχεδιασμού (αντλώντας από Moutsios-Rentzos & Kalavasis, 2015· βλ. Σχήμα 4): από τον/την εκπαιδευτικό της τάξης, στη συνεργασία εκπαιδευτικών σε μια σχολική μονάδα, έως τη συνεργασία σχολικών μονάδων (ίδιες ή διαφορετικής βαθμίδας) προς έναν ολοκληρωμένο ανοδικό συστημικό εκπαιδευτικό σχεδιασμό.

**Σχήμα 4:** Συστημική οργάνωση εκπαιδευτικού συστήματος όπως προσομοιώνεται στο Εργαστήριο (Moutsios-Rentzos & Kalavasis, 2015, σελ. 667).



**Σχήμα 5:** Η βασική δομή του Εργαστηρίου.

|   |  |              |   |
|---|--|--------------|---|
| <b>μικρο-επίπεδο</b> (εκπαιδευτικός-τάξη)<br>[Μαθηματικός – Φυσικός – Παιδαγωγός] |  |              |   |
| Α<br>ν<br>ο<br>δ<br>ι<br>κ<br>ό<br>ς  | Εκπαιδευτικός ΕΜ1                                | Πρόβλημα ΠΜ1 |   |
|   | Εκπαιδευτικός ΕΦ1                                | Πρόβλημα ΠΦ1 |   |
|   | Εκπαιδευτικός ΕΠ1                                | Πρόβλημα ΠΜ1 |   |
|   |  | Πρόβλημα ΠΦ1 |   |
|   | Εκπαιδευτικός ΕΠ2                                | Πρόβλημα ΠΜ2 |   |
|   |  | Πρόβλημα ΠΦ2 |   |
|   | ...  | ...          |   |
|   | <b>μέσο-επίπεδο</b> (μικρή ομάδα-σχολική μονάδα) |              | Κ<br>α<br>θ<br>ο<br>δ<br>ι<br>κ<br>ό<br>ς |
|   | Ομάδα ΣΜ1  |              |   |
|   | Εκπαιδευτικός ΕΜ1                                | Πρόβλημα ΠΜ1 |   |
| Εκπαιδευτικός ΕΦ1   | Πρόβλημα ΠΦ1                                     |              |   |
| Διεπιστημονικό Πρόβλημα ΔΠΜΦ1   |  |              |   |
| Ομάδα ΣΜ2   |  |              |   |
| Εκπαιδευτικός ΕΠ1   | Πρόβλημα ΠΜ1                                     |              |   |
| Εκπαιδευτικός ΕΠ1   | Πρόβλημα ΠΦ1                                     |              |   |
| Εκπαιδευτικός ΕΠ2   | Πρόβλημα ΠΜ2                                     |              |   |
| Εκπαιδευτικός ΕΠ2   | Πρόβλημα ΠΦ2                                     |              |   |
| Διεπιστημονικό Πρόβλημα ΔΠΜΦ2   |  |              |   |
| Ομάδα ΣΜ3   |  |              |   |
| <b>μάκρο-επίπεδο</b> (ολομέλεια-εκπαιδευτικός σχεδιασμός)                         |  |              |   |
| Ολομέλεια   |  |              |   |
| Διεπιστημονικό Πρόβλημα ΔΠΜΦ1   |  |              |   |
| Διεπιστημονικό Πρόβλημα ΔΠΜΦ2   |  |              |   |
| ...   |  |              |   |

ΕΜ: Εκπαιδευτικός Διδασκαλία Μαθηματικών  
 ΕΦ: Εκπαιδευτικός Διδασκαλία Φυσικής  
 ΕΠ: Εκπαιδευτικός Παιδαγωγός Διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικής  
 ΠΜ: Πρόβλημα για Διδασκαλία Μαθηματικών  
 ΠΦ: Πρόβλημα για Διδασκαλία Φυσικής  
 ΔΠΜΦ: Διεπιστημονικό Πρόβλημα για Διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικής  
 ΣΜ: Σχολική Μονάδα

Συνοπτικά, με αφορμή ένα συγκεκριμένο σημείο (π.χ. ένα σχήμα), οι εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης θα κατασκευάσουν ένα πρόβλημα για το μάθημα που διδάσκουν (μαθηματικά ή φυσική), ενώ οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας θα κατασκευάσουν δύο προβλήματα (ένα για τα μαθηματικά και ένα για τη φυσική). Στη συνέχεια, εκπαιδευτικοί της ίδιας βαθμίδας σε ομάδες θα κατασκευάσουν ένα πρόβλημα το οποίο θα είναι δυνατό να αποτελεί εκπαιδευτικό υλικό και για τα δύο μαθήματα. Στην τρίτη φάση του Εργαστηρίου θα γίνει προσπάθεια σύγκλισης αρχικά μεταξύ ομάδων της ίδιας εκπαιδευτικής βαθμίδας και στη συνέχεια μεταξύ βαθμίδων. Στο Σχήμα 5 αποτυπώνεται διαγραμματικά η δομή του Εργαστηρίου. Επιπλέον, στο Εργαστήριο θα ενταχθεί αναστοχαστική σύγκριση των ανοδικών και των καθοδικών προσεγγίσεων. Αυτή η βασική δομή θα διαφοροποιηθεί σε αντιστοιχία με τους συμμετέχοντες και τις συμμετέχουσες στο Εργαστήριο, με μια παραμετροποίηση που συμπεριλαμβάνει πρώτο πτυχίο, εκπαιδευτική βαθμίδα, μαθήματα ανάθεσης κ.ά.

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Davis, B., & Simmt, E. (2003). Understanding learning systems: Mathematics education and complexity science. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(2), 137-167.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131.
- Jay, J. K., & Johnson, K. L. (2002). Capturing complexity: a typology of reflective practice for teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 18, 73-85.
- Hiebert, J. (Ed.) (1986). *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*. New York: Routledge.
- Καλαβάσης, Φ. (2008). Διάνοιξη και δομή του χώρου επικοινωνίας στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό. *Πρακτικά 25<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας* (σελ. 17-24). Βόλος: ΕΜΕ.
- Moutsios-Rentzos, A., & Kalavasis, F. (2016). Systemic approaches to the complexity in mathematics education research. *International Journal for Mathematics in Education*, 7, 97-119.
- Μούτσιος-Ρέντζος, Α., Κρητικός, Γ., & Καλαβάσης, Φ. (2017). Διεπιστημονικές αναστοχαστικές διαδρομές ανάμεσα στα μαθηματικά και τη φυσική: σημεία, αντικείμενα, ερμηνευτές και νοήματα. *Πρακτικά του 34<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας*, 3-5 Νοεμβρίου 2017, Λευκάδα, Ελλάδα.
- Moutsios-Rentzos, A., Kritikos, G., & Kalavasis, F. (2017). Functions of operations and operands in school mathematics and physics: a complex interdisciplinary (de)mathematised phenomenology. *Quaderni di Ricerca in Didattica (Mathematics)*, 27(2), 297-299.
- Nissilä, S. P. (2005). Individual and collective reflection: How to meet the needs of development in teaching. *European Journal of Teacher Education*, 28(2), 209-219.

- Ongstad, S. (2006). Mathematics and mathematics education as triadic communication? A semiotic framework exemplified. *Educational studies in mathematics*, 61(1), 247-277.
- Singer, F. M., Ellerton, N. F., & Cai, J. (Eds.). (2015). *Mathematical problem posing: from research to effective practice*. New York: Springer.
- Stillman, G. A., Kaiser, G., Blum, W., & Brown, J. P. (Eds.). (2013). *Teaching Mathematical Modelling: Connecting to Research and Practice*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Watzlawick, P. (1976). *How real is real? Confusion, disinformation, communication*. NY: Random House.

# Σχεδιασμός και αξιολόγηση διαδραστικής αφίσας επαυξημένης πραγματικότητας για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Μελέτη περίπτωσης στο ΚΠΕ Πεταλούδων της Ρόδου.

**Κωνσταντίνος Κοζάς<sup>1</sup>, Γεώργιος Φεσάκης<sup>2</sup> και Χάρης Συριάνης<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Υ. Δ., Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ΤΕΠΑΕΣ, psed15007@rhodes.aegean.gr

<sup>2</sup>Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ΤΕΠΑΕΣ, gfesakis@aegean.gr

<sup>3</sup>Υ. Δ., Πανεπιστήμιο Αιγαίου/ΤΕΠΑΕΣ, Υπεύθυνος του ΚΠΕ Πεταλούδων, psed15015@rhodes.aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εξέλιξη της τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας και η ενσωμάτωση της στις φορητές ψηφιακές συσκευές δημιουργεί νέες δυνατότητες στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η αξιοποίηση τους όμως, απαιτεί εξειδικευμένο σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού που να υποστηρίζει σύγχρονες μαθησιακές προσεγγίσεις. Η παρούσα εργασία αφορά τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση μιας διαδραστικής αφίσας, ως εκπαιδευτικού υλικού εμπλουτισμένου ψηφιακά με την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας. Η αφίσα αφορά τον κλάδο των φυσικών επιστημών και ειδικότερα την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Παρουσιάζεται ο σχεδιασμός, η υλοποίηση της διαδραστικής αφίσας και διερευνάται η βελτίωση των γνωστικών επιδόσεων 21 μαθητών και μαθητριών του Γυμνασίου, οι οποίοι χρησιμοποίησαν υλικό στο πλαίσιο προγράμματος με θέμα τα ενδημικά φυτά και ζώα της Ρόδου. Επιπλέον, μελετήθηκε η υποδοχή της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας που χρησιμοποιήθηκε, ως προς την ευχρηστία της. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών στο τεστ γνώσεων, ενώ η υποδοχή της εφαρμογής αξιολογήθηκε θετικά.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Επαυξημένη πραγματικότητα, Blippar, διαδραστική αφίσα

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ταχύτατη εξάπλωση των φορητών ψηφιακών συσκευών και η ευρεία χρήση τους, κυρίως από τους νέους, σε συνδυασμό με την ωρίμανση τεχνολογιών όπως της επαυξημένης πραγματικότητας, παρέχουν νέες δυνατότητες στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ταυτόχρονα, όμως, δημιουργούν την ανάγκη εξειδικευμένου σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού που να υποστηρίζει τις σύγχρονες μαθησιακές προσεγγίσεις. Η



έλλειψη, ιδιαίτερα στο πεδίο της φορητής μάθησης επαυξημένης πραγματικότητας, των κατάλληλων στρατηγικών ή/και μαθησιακών εργαλείων είναι εμφανής (Chu, Hwang, Tsai, & Tseng, 2010). Η ανάγκη αυτή οδήγησε στη δημιουργία της Διαδραστικής Αφίσας Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΔΑΕΠ) με θέμα τα ενδημικά φυτά και ζώα της Ρόδου.

Η ΔΑΕΠ εδράζει εντός του πλαισίου του παιδαγωγικού μοντέλου της μάθησης μέσω φορητών συσκευών (mobile learning). Το σχετικά νέο αυτό μοντέλο δεν εστιάζει απλά στη χρήση των φορητών ηλεκτρονικών συσκευών ως πηγή πληροφορίας, αλλά τις αξιοποιεί ως διαμεσολαβητές στην αλληλεπίδραση των μαθητών με το περιβάλλον και μεταξύ τους (Sharples, Taylor, & Vanoula, 2007). Έτσι, μπορούν να σχεδιαστούν μαθησιακές δραστηριότητες, όπου η πληροφορία προσπελάζεται ανάλογα με τη θέση και την κατάσταση των μαθητών στο περιβάλλον (context). Με τον τρόπο αυτό η γνώση οικοδομείται και εφαρμόζεται άμεσα στο πεδίο (Land, Zimmerman, Choi, Seely, & Mohny, 2015). Το μοντέλο της μάθησης μέσω φορητών συσκευών αντλεί τεκμηρίωση από την εγκαθιδρυμένη θεωρία της μάθησης (Lave & Wenger, 1991).

Με τον όρο διάδραση εννοούμε την αμοιβαία επίδραση που έχει μια οντότητα σε μια άλλη (Craig, 2013). Στην περίπτωση της ΔΑΕΠ αναφερόμαστε στη διάδραση χρήστη-διεπαφής (Hillman, Willis, & Gunawardena, 1994), καθώς και του χρήστη με το περιεχόμενο της αφίσας (Moore, 1989). Η διάδραση, στην περίπτωση της ΔΑΕΠ, υποστηρίζεται από την τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ).

Η εφαρμογή της ΕΠ επιτρέπει στον χρήστη να βλέπει τον φυσικό κόσμο διανθισμένο με ψηφιακά αντικείμενα, τα οποία υπερτίθενται (superimposed) ή συντίθενται (composited) μαζί με τον φυσικό κόσμο. Ουσιαστικά, η ΕΠ περισσότερο συμπληρώνει παρά υποκαθιστά το φυσικό περιβάλλον, δημιουργώντας την αίσθηση ότι φυσικός και ψηφιακός κόσμος συνυπάρχουν (Azuma, 1997). Οι εφαρμογές ΕΠ συνδυάζουν σύγχρονες τεχνολογίες, όπως το σύστημα γεωγραφικού εντοπισμού (GPS), τα ασύρματα δίκτυα, η ανίχνευση και αναγνώριση εικόνων και αντικείμενων σε πραγματικό χρόνο κ.τ.λ. (Carmigniani et al., 2011). Η εξέλιξη των τεχνολογιών αυτών και ο συνδυασμός της ΕΠ με τις φορητές συσκευές, που τόσο έχουν εξαπλωθεί, συντέλεσαν στην δημιουργία διαδικτυακών περιβαλλόντων σχεδιασμού και ανάπτυξης εφαρμογών ΕΠ για φορητές συσκευές (Miller, 2012). Ως παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών μπορούμε να αναφέρουμε τα γενικού σκοπού Augsma και Blippar ή τα σχεδιασμένα για τις ανάγκες της εκπαίδευσης Taleblazer και ArisGames. Για την ΔΑΕΠ της παρούσας μελέτης αξιοποιήθηκε το λογισμικό περιβάλλον Blippar, το οποίο υποστηρίζει συσκευές με λειτουργικά συστήματα Android και iOS και απευθύνεται τόσο στο χώρο της εμπορικής διαφήμισης όσο και της εκπαίδευσης.

Μια σημαντική παράμετρος στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιεί την τεχνολογία της φορητής ΕΠ είναι η μέτρηση της ευχρηστίας (usability) (Vanoula & Sharples, 2009). Ως ευχρηστία, θεωρούμε *«το βαθμό στον οποίο ένα προϊόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από συγκεκριμένους χρήστες για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων με αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και ικανοποίηση σε συγκεκριμένο πλαίσιο χρήσης»* (ISO/IEC., 1998). Τα προϊόντα με υψηλό βαθμό ευχρηστίας είναι εύκολα στη χρήση, προσαρμόσιμα στις ανάγκες του χρήστη (Shitkova, Holler, Heide, Clever, & Becker, 2015),

έχουν χαμηλό κόστος εκπαίδευσης, ενισχύουν την ποιότητα της παραγόμενης εργασίας, αυξάνουν την παραγωγικότητα και ικανοποιούν το χρήστη (ISO13407, 1999). Συνοψίζοντας, μπορούμε να προσδιορίσουμε τους επιμέρους παράγοντες της ευχρηστίας σε: α) ευκολία χρήσης, β) ευκολία εκμάθησης, γ) ικανοποίηση και δ) αποτελεσματικότητα.

### **ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ**

Η αξιοποίηση της ΕΠ στην μαθησιακή διαδικασία φαίνεται να βελτιώνει σημαντικά τις γνωστικές επιδόσεις σε διάφορα διδακτικά αντικείμενα όπως της Φυτολογίας (Chu et al., 2010), της Οικολογίας (Tarng & Ou, 2012), των Φυσικών Επιστημών (Chiang, Yang, & Hwang, 2014), της Χημείας (Cai, Wang, & Chiang, 2014), των Κοινωνικών Επιστημών (Shih, Chuang, & Hwang, 2010) και της Ιστορίας (Efstathiou, Kyza, & Georgiou, 2018). Επιπλέον, χρησιμοποιείται για παροχή ψυχαγωγικών και εκπαιδευτικών υπηρεσιών σε επισκέπτες μουσείων και χώρων αρχαιολογικού και πολιτισμικού ενδιαφέροντος (El-Sofany & El-Seoud, 2011; Ardito, Costabile, De Angeli, & Lanzilotti, 2012; Scolari & Fernández-Cavia, 2014). Επιπρόσθετα, οι εφαρμογές ΕΠ που αξιοποιούνται για εκπαιδευτική χρήση φαίνεται να είναι εύκολες στη χρήση τους (Tarng & Ou, 2012), παρέχοντας υψηλό βαθμό ικανοποίησης (Kamargainen et al., 2013).

Η συνοπτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που προηγήθηκε μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αν και υπάρχει σημαντικός αριθμός ερευνών που μελετούν τα μαθησιακά αποτελέσματα της ΕΠ, αυτές αφορούν κάθε φορά διαφορετικό εκπαιδευτικό εργαλείο ή/και προσέγγιση. Έτσι, θεωρούμε την αξιολόγηση της ΔΑΕΠ, όπως και κάθε νέου εκπαιδευτικού υλικού, απαραίτητη.

### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΗΣ ΑΦΙΣΑΣ**

Η αφίσα με τα ενδημικά φυτά και ζώα της Ρόδου (σχήμα 1) είναι μια συμπαραγωγή του Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΚΠΕ) Πεταλούδων της Ρόδου και του Εργαστηρίου Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής (EMTEM- LTEE Lab, <http://ltee.aegean.gr>) του Πανεπιστημίου του Αιγαίου. Η επιστημονική και παιδαγωγική ομάδα του ΚΠΕ Πεταλούδων συγκέντρωσε πληροφορίες για τα φυτά και ζώα που ενδημούν στη γεωγραφική περιοχή του νησιού της Ρόδου και δημιούργησε συμβατική αφίσα, με τα ενδημικά ζώα και φυτά της Ρόδου. Στη συνέχεια το EMTEM ανέλαβε το ψηφιακό εμπλουτισμό. Για τον λόγο αυτό κατασκευάστηκαν 22 πολυμεσικά κείμενα και βίντεο, ενώ επιλέχθηκαν άρθρα από ηλεκτρονικές εφημερίδες, βίντεο στο youtube και άλλες διαδικτυακές πηγές.

Οι ψηφιακή πληροφορία ενσωματώθηκε στην αφίσα με την αξιοποίηση του λογισμικού επαυξημένης πραγματικότητας Blippar ([www.blippar.com](http://www.blippar.com)). Η εφαρμογή χρησιμοποιεί την τεχνολογία της αναγνώρισης εικόνας για να εκκινήσει τη ψηφιακή πληροφορία συγκρίνοντας τη φωτογραφία του φυσικού αντικείμενου από την κάμερα της συσκευής με φωτογραφίες από μια βάση δεδομένων στο διαδίκτυο. Έτσι, εμφανίζονται ψηφιακά εικονίδια, τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα στο χρήστη να αλληλεπιδράσει άμεσα με τη συσκευή ελέγχοντας συνειδητά (μέσα από τις επιλογές του) τις ενέργειες στις οποίες θα προβεί ή τις πληροφορίες που θα ανασύρει.

### Σχήμα 1: Η διαδραστική αφίσα με τα ενδημικά φυτά και ζώα της Ρόδου



Ένα από τα πλεονεκτήματα που παρέχει η ΔΑΕΠ στους χρήστες είναι η δυνατότητα να βιώσουν εμπειρίες που στο φυσικό περιβάλλον έχουν μεγάλη χρονική διάρκεια. Για παράδειγμα ο κύκλος ζωής διαφόρων ζώων, η παρατήρηση φυτών με διαφορετικές στιγμές ανθοφορίας κτλ., που δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν συνολικά σε μια χρονική στιγμή. Επίσης, το πληροφοριακό υλικό της ΔΑΕΠ είναι προσαρμόσιμο ανάλογα με το προφίλ των χρηστών της. Έτσι, η χρήση της καθίσταται εφικτή τόσο σε μορφές τυπικής όσο και άτυπης μάθησης με εκπαιδευτικούς ή ψυχαγωγικούς σκοπούς.

Η ΔΑΕΠ δόθηκε για μια πρώτη αξιολόγηση στο Γυμνάσιο Ιαλυσού της Ρόδου, στο οποίο κατά το σχολικό έτος 2017-18 εκπονούνταν πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΕ) για τα ενδημικά φυτά και ζώα της Ρόδου, με άνωτερο σκοπό να ενταχθεί ως εκπαιδευτικό ή/και ψυχαγωγικό εργαλείο σε χώρους όπου μπορεί κανείς να συναντήσει τα ενδημικά φυτά και ζώα που περιέχει.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

### Ερευνητικά ερωτήματα

Η αξιοποίηση της ΔΑΕΠ για μαθησιακούς σκοπούς δημιουργεί το ερώτημα, αφενός κατά πόσο η εφαρμογή της τεχνολογίας ΕΠ έχει μαθησιακά αποτελέσματα σε γνωστικό επίπεδο και αφετέρου ποιος ο βαθμός ευχρηστίας της εφαρμογής. Πιο συγκεκριμένα η παρούσα εργασία θα προσπαθήσει να απαντήσει στα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

- α) Διαφοροποιούνται οι επιδόσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα, αναφορικά με τις γνώσεις τους για τα ενδημικά φυτά και ζώα της Ρόδου, πριν και μετά τη μαθησιακή διαδικασία κατά την οποία αξιοποιήθηκε η ΔΑΕΠ;
- β) Ποιος ο βαθμός ευχρηστίας της εφαρμογής ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε;

Για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα εφαρμόστηκε προπειραματικό σχέδιο μοναδικής ομάδας με προ-έλεγχο και μετα-έλεγχο. Το σχέδιο αυτό, αν και παρουσιάζει αδυναμίες, χρησιμοποιείται ευρύτατα στην ψυχοπαιδαγωγική έρευνα (Βάμβουκας, 2010).

### Περιγραφή της ερευνητικής διαδικασίας, δείγμα της έρευνας

Η έρευνα έλαβε χώρα στο Γ/σιο Ιαλυσού Ρόδου κατά το σχ. έτος 2017-18, στο πλαίσιο εκπαιδευτικού προγράμματος με τίτλο «Ενδημικά φυτά και ζώα της Ρόδου». Η διδακτική παρέμβαση διήρκησε από το Φεβρουάριο έως το Μάρτιο και περιελάμβανε 6 δίωρες συναντήσεις. Συμμετείχαν 21 μαθητές και μαθήτριες της Α΄ και Β΄ Γυμνασίου (8 αγόρια και 13 κορίτσια), από αυτούς 11 φοιτούσαν στην Α΄ Γυμνασίου και 10 στην Β΄ Γυμνασίου. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε 7 ομάδες. Κάθε ομάδα διέθετε ταμπλέτα ή έξυπνο κινητό τηλέφωνο και δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης στο διαδίκτυο. Οι συναντήσεις των ομάδων πραγματοποιούνταν στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων του Γυμνασίου.

Οι πρώτες δύο συναντήσεις αφιερώθηκαν στη χορήγηση του αρχικού τεστ αξιολόγησης, στο χωρισμό των ομάδων, στην εγκατάσταση και εξοικείωση των μαθητών με το λογισμικό και στην ανάλυση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε. Στις επόμενες συναντήσεις δόθηκαν φύλλα εργασίας και ζητήθηκε από τις ομάδες να απαντήσουν στις ερωτήσεις. Στο χώρο των συναντήσεων, όπου είχε τοποθετηθεί η αφίσα, οι μαθητές εστίαζαν την κάμερα του έξυπνου κινητού ή της ταμπλέτας στην φωτογραφία του ζώου ή του φυτού που μελετούσαν (σχήμα 2α) και στην οθόνη της συσκευής τους εμφανίζονταν ψηφιακά, διαδραστικά εικονίδια (σχήμα 2β).

Τα εικονίδια παρέπεμπαν σε διάφορες πηγές πληροφόρησης όπως εξειδικευμένα βίντεο, πολυμεσικά κείμενα, ιστοσελίδες κτλ. Οι συμμετέχοντες είχαν την δυνατότητα να επιλέξουν την πηγή που θα διερευνούσαν, ώστε να απαντήσουν στις ερωτήσεις του σχεδίου μαθήματος.

**Σχήμα 2:** (α) Μαθήτρια εστιάζει το κινητό της σε φωτογραφία της αφίσας, (β) Απόσπασμα από οθόνη φορητής συσκευής, όπου απεικονίζονται τα ψηφιακά διαδραστικά εικονίδια της εφαρμογής Blippar



### Εργαλεία συγκέντρωσης δεδομένων, διαδικασία χορήγησης

Αρχικά, για να εξεταστούν οι προϋπάρχουσες γνώσεις των συμμετεχόντων χορηγήθηκε στο δείγμα της έρευνας άτυπο τεστ επίδοσης (Παπαναούμ-Τζίκα, 1985). Το τεστ αποτελούνταν από 29 ερωτήσεις εκ των οποίων 20 πολλαπλών επιλογών και 9 αντιστοιχίσεις, ενώ περιελάμβανε την επίλυση σταυρολέξου με 6 ερωτήσεις. Κάθε σωστή απάντηση βαθμολογούνταν με μία μονάδα (<https://goo.gl/xUqmS9>).

Η αξιοπιστία του τεστ, ως προς την εσωτερική συνοχή, μετρήθηκε με τη βοήθεια του συντελεστή Kuder-Richardson 20 και έδειξε τιμή  $KR20 = 0,866$  πριν και  $KR20 = 0,813$  μετά την παρέμβαση, τιμές που θεωρούνται αρκετά ικανοποιητικές (Carlow, 1972 στο Βάμβουκας, 2010). Επίσης, διερευνήθηκε η ύπαρξη κανονικής κατανομής στην πειραματική ομάδα με τη βοήθεια του τεστ Shapiro-Wilk., τόσο πριν ( $p = ,152$ ), όσο και μετά ( $p = ,484$ ). Στη συνέχεια μετρήθηκε η διαφοροποίηση του μέσου όρου της επίδοσης πριν και μετά τη μεθοδολογική παρέμβαση, με τη χρήση του στατιστικού κριτηρίου  $t$ -test για εξαρτημένα δείγματα (Ρούσος & Τσαούσης, 2011).

Αμέσως μετά το πέρας του πειράματος χορηγήθηκε εκ νέου το ίδιο άτυπο τεστ επίδοσης. Επιπλέον, συμπληρώθηκε μια προσαρμοσμένη έκδοση του ερωτηματολογίου USE Questionnaire (Usefulness, Satisfaction, Ease of use, Ease of learning) (Lund, 2001; Sauro & Lewis, 2016), που διερευνούσε το βαθμό ευχρηστίας (usability) της εφαρμογής ΕΠ που χρησιμοποιήθηκε και από το οποίο αξιοποιήθηκαν οι τρεις από τους τέσσερις άξονες. Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο (όπως αυτό προσαρμόστηκε) αποτελείται από 22 δηλώσεις επτάβαθμης κλίμακας τύπου Likert (Διαφωνώ απόλυτα =1 έως Συμφωνώ απόλυτα = 7). Περιλαμβάνει τρεις επιμέρους παράγοντες: α) της ευκολίας χρήσης (ease of use) με 11 δηλώσεις, β) της ευκολίας εκμάθησης (ease of learning) με 4 δηλώσεις και γ) της ικανοποίησης (satisfaction) με 7 δηλώσεις. Η αξιοπιστία του τεστ, ως προς την εσωτερική συνοχή, μετρήθηκε με τη βοήθεια του συντελεστή Cronbach's Alpha και έδειξε για τον άξονα της ευκολίας χρήσης  $\alpha = ,782$ , για την ομάδα ερωτήσεων που αφορούσαν την ευκολία εκμάθησης  $\alpha = ,764$  και για τις δηλώσεις αναφορικά με την ικανοποίηση  $\alpha = ,930$ . Σύμφωνα με τις προαναφερθείσες τιμές η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου χαρακτηρίζεται ικανοποιητική (Carlow, 1972 στο Βάμβουκας, 2010). Τέλος, ως ελάχιστο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας υιοθετήθηκε το  $p = ,05$ .

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μελέτη των ερευνητικών δεδομένων έδειξε αύξηση του μέσου όρου της επίδοσης των μαθητών στο μετά-τεστ  $\bar{x} = 53,76$  ( $s=6,557$ ), σε σχέση με το μέσο όρο του προ-τεστ  $\bar{x}=27,43$  ( $s=9,373$ ). Επίσης, η διαφορά των μέσων όρων ήταν στατιστικά σημαντική  $t(20) = 15,359$ ,  $p = ,000$ . Επιπλέον, αναφορικά με το ερωτηματολόγιο ευχρηστίας, μετρήθηκαν οι μέσοι όροι (ΜΟ) και οι τυπικές αποκλίσεις (ΤΑ) των δηλώσεων των υποκειμένων του δείγματος, ενώ υπολογίστηκαν και οι συνολικοί ΜΟ και ΤΑ ανά άξονα (πίνακας 1).

**Πίνακας 1:** Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις των δηλώσεων των υποκειμένων του δείγματος αναφορικά με την ευχρηστία της εφαρμογής ΕΠ

| <b>Ερωτήσεις άξονα: «Ευκολία χρήσης»</b>    |  | $\bar{x}$   | S           |
|---|--|-------------|-------------|
| 1   | Είναι εύκολη στη χρήση της   | 6,38        | ,590        |
| 2   | Είναι απλή στη χρήση της   | 6,00        | ,894        |
| 3   | Είναι φιλική προς το χρήστη  | 6,33        | ,730        |
| 4   | Απαιτεί τα λιγότερα πιθανά βήματα για την ολοκλήρωση των εργασιών που θέλω να κάνω με αυτή | 5,81        | ,981        |
| 5   | Είναι εύελικτη   | 5,81        | ,928        |
| 6   | Η χρήση της δεν απαιτεί ιδιαίτερη προσπάθεια   | 5,86        | 1,276       |
| 7   | Μπορώ να τη χρησιμοποιήσω χωρίς να διαβάσω γραπτές οδηγίες                                 | 6,10        | 1,179       |
| 8   | Δεν παρατήρησα ασυνέπειες κατά την χρήση της   | 5,62        | 1,396       |
| 9   | Θεωρώ ότι θα αρέσει τόσο σε περιστασιακούς όσο και σε τακτικούς χρήστες                    | 5,33        | 1,197       |
| 10  | Μπορώ να επανορθώσω λάθος χειρισμούς εύκολα και γρήγορα                                    | 5,67        | 1,494       |
| 11  | Μπορώ να τη χρησιμοποιήσω κάθε στιγμή  | 4,29        | 1,617       |
| <b>Σύνολο άξονα «Ευκολία χρήσης»</b>        |  | <b>5,74</b> | <b>1,11</b> |
| <b>Ερωτήσεις άξονα: «Ευκολία εκμάθησης»</b> |  | $\bar{x}$   | S           |
| 1   | Έμαθα να τη χρησιμοποιώ γρήγορα  | 6,43        | ,746        |
| 2   | Μπορώ να θυμηθώ εύκολα την λειτουργία της  | 6,38        | 1,071       |
| 3   | Είναι εύκολο να μάθει κάποιος/ποια να τη χρησιμοποιεί.                                     | 6,19        | 1,123       |
| 4   | Έγινα γρήγορα επιδέξιος χρήστης της  | 6,00        | 1,140       |
| <b>Σύνολο άξονα: «Ευκολία εκμάθησης»</b>    |  | <b>6,25</b> | <b>1,02</b> |
| <b>Ερωτήσεις άξονα «Ικανοποίηση»</b>        |  | $\bar{x}$   | S           |
| 1   | Είμαι ικανοποιημένος από την χρήση της   | 6,10        | 1,375       |
| 2   | Θα τη σύστηνα σε κάποιον φίλο/φίλη μου   | 5,48        | 1,601       |
| 3   | Η χρήση της είναι διασκεδαστική  | 5,43        | 1,326       |
| 4   | Λειτουργεί όπως ακριβώς θέλω να λειτουργεί   | 4,86        | 1,590       |
| 5   | Είναι υπέροχη  | 5,57        | 1,287       |
| 6   | Αισθάνομαι ότι τη χρειάζομαι   | 3,95        | 1,687       |
| 7   | Η χρήση της είναι ευχάριστη  | 5,95        | 1,203       |
| <b>Σύνολο άξονα: «Ικανοποίηση»</b>          |  | <b>5,33</b> | <b>1,43</b> |

Από τα περιγραφικά στοιχεία (πίνακας 1) διαπιστώνουμε υψηλή βαθμολογία στις περισσότερες ερωτήσεις κάθε άξονα. Γενικά, τα αποτελέσματα είναι θετικά με τιμές του ΜΟ των απαντήσεων πάνω από 5, για τους άξονες «Ευκολία χρήσης» και «Ικανοποίηση», ενώ για τον άξονα «Ευκολία εκμάθησης» η τιμή του συνολικού ΜΟ ξεπερνά το 6. Επίσης, σημειώνουμε τις μικρές σχετικά τυπικές αποκλίσεις, γεγονός που καταδεικνύει το μικρό εύρος αποκλίσεων των δηλώσεων. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι απαντήσεις με την υψηλότερη τιμή από κάθε άξονα, όπως αυτές παρατίθενται στον πίνακα 2. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι τρεις αυτές δηλώσεις αποδίδουν συνοπτικά την αξιολόγηση της υποδοχής της εφαρμογής: είναι εύκολη στη χρήση της, η εκμάθησή της γίνεται γρήγορα και αφήνει ικανοποιημένους τους χρήστες της.

**Πίνακας 2:** Δήλωση με την υψηλότερη τιμή από κάθε άξονα

|   | <b>Ερώτηση</b>                         | $\bar{x}$ | <b>S</b> |
|---|--|-----------|----------|
| 1 | Είναι εύκολη στη χρήση της             | 6,38      | ,590     |
| 2 | Έμαθα να τη χρησιμοποιώ γρήγορα        | 6,43      | ,746     |
| 3 | Είμαι ικανοποιημένος από την χρήση της | 6,10      | 1,375    |

Επιπρόσθετα, μια από τις χαμηλότερες τιμές εμφανίζεται στην δήλωση: «Μπορώ να τη χρησιμοποιήσω κάθε στιγμή» ( $\bar{x} = 4,29$ ,  $s = 1,6$ ), στοιχείο που προσθέτει στην εγκυρότητα του ερωτηματολογίου, αφού η χρήση της εφαρμογής απαιτεί την διαθεσιμότητα ασύρματης δικτύωσης.

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η ΔΑΕΠ, μπορεί να συμβάλει στην βελτίωση των γνωστικών επιδόσεων στο χώρο των φυσικών επιστημών και ειδικότερα της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Το συμπέρασμα αυτό συνάδει και με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Chu et al., 2010; Tarnq & Ou, 2012; Cai et al., 2014), όπου η χρήση της τεχνολογίας ΕΠ απέφερε συγκριτικά καλύτερες επιδόσεις από συμβατικές μεθόδους διδασκαλίας. Επιπλέον, η χαμηλή ευχρηστία είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει αρνητικά την υποδοχή του εκπαιδευτικού υλικού, οδηγώντας στην εγκατάλειψη της μαθησιακής δραστηριότητας από τους χρήστες (Shitkova et al., 2015). Σύμφωνα με τις δηλώσεις των συμμετεχόντων, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η εφαρμογή ΕΠ που εμπλουτίζει την αφίσα του ΚΠΕ Πεταλούδων χαρακτηρίζεται από υψηλή ευχρηστία, αφού είναι εύκολη στη χρήση της, μαθαίνεται εύκολα και ικανοποιεί τους χρήστες της (βλέπε πίνακα 2). Επιπρόσθετα, το σύνολο των μαθητών και μαθητριών που εντάχθηκαν αρχικά στο περιβαλλοντικό πρόγραμμα ολοκλήρωσαν και την πειραματική διαδικασία καταδεικνύοντας έτσι τη γενικότερη ικανοποίησή τους. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η υψηλότερη συνολική τιμή του ΜΟ επετεύχθη στον άξονα της «ευκολίας εκμάθησης», γεγονός που θα μπορούσε να αποδοθεί στη εξοικείωση των μαθητών και μαθητριών, από μικρή ηλικία, με τις ψηφιακές τεχνολογίες.

Βέβαια, κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης παρουσιάστηκαν και τεχνικές δυσκολίες, κυρίως σε σχέση με την τοποθέτηση της αφίσας στο χώρο. Η τεχνολογία της αναγνώρισης εικόνας προϋποθέτει την ύπαρξη φωτισμού επαρκούς εντάσεως χωρίς όμως να δημιουργούνται αντανάκλασεις. Ακόμα, η ταυτόχρονη πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο του συνόλου των ομάδων μερικές φορές προκαλούσε υπερφόρτωση του συστήματος και καθυστερήσεις. Τα παραπάνω προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση του κατάλληλου φωτισμού, κατά προτίμηση φυσικού και την αξιοποίηση διαδικτυακών συνδέσεων υψηλών ταχυτήτων.

Η συγκεκριμένη έρευνα αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης με μικρό αριθμό δείγματος και χωρίς την παρουσία ομάδας ελέγχου. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της δεν είναι γενικεύσιμα. Παρόλα αυτά, ο αρχικός της στόχος, δηλαδή η αξιολόγηση της αφίσας επαυξημένης πραγματικότητας του ΚΠΕ Πεταλούδων επετεύχθη, προσθέτοντας στη φα-

ρέτρα των μάχιμων εκπαιδευτικών ένα αξιολογημένο, σύγχρονο και διαθέσιμο προς αξιοποίηση εκπαιδευτικό εργαλείο στον ευρύτερο χώρο των φυσικών επιστημών. Ως μελλοντική επέκταση της έρευνας προτείνεται η μελέτη της ΔΑΕΠ σε άτυπο περιβάλλον μάθησης, με ενσωμάτωση στην πειραματική διαδικασία ομάδας ελέγχου, ώστε να συγκριθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα με άλλες μεθόδους διδασκαλίας. Τέλος, ευχής έργον θα ήταν η συνεργασία με περισσότερες σχολικές μονάδες, ώστε να καταστεί δυνατή και η συμμετοχή ικανοποιητικού ερευνητικού δείγματος.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σημαντική συμβολή στη δημιουργία του ψηφιακού υλικού της αφίσας είχαν οι εκπαιδευτικοί Θυρή Τσαμπίκα και Χατζή Αναστασία, τις οποίες και ευχαριστούμε θερμά.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ardito, C., Costabile, M. F., De Angeli, A., & Lanzilotti, R. (2012). Enriching archaeological parks with contextual sounds and mobile technology. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 19(4), 29.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F.-K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31–40.
- Carmigniani, J., Furfth, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341–377.
- Chiang, T. H., Yang, S. J., & Hwang, G.-J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 352.
- Chu, H.-C., Hwang, G.-J., Tsai, C.-C., & Tseng, J. C. (2010). A two-tier test approach to developing location-aware mobile learning systems for natural science courses. *Computers & Education*, 55(4), 1618–1627.
- Craig, A. B. (2013). *Understanding augmented reality: Concepts and applications*. Newnes.
- Efstathiou, I., Kyza, E. A., & Georgiou, Y. (2018). An inquiry-based augmented reality mobile learning approach to fostering primary school students' historical reasoning in non-formal settings. *Interactive Learning Environments*, 26(1), 22–41.
- El-Sofany, H. F., & El-Seoud, S. A. (2011). Mobile Tourist Guide-An Intelligent Wireless System to Improve Tourism, using Semantic Web. *IJIM*, 5(4), 4–10.
- Hillman, D. C., Willis, D. J., & Gunawardena, C. N. (1994). Learner-interface interaction in distance education: An extension of contemporary models and strategies for practitioners. *American Journal of Distance Education*, 8(2), 30–42.
- ISO13407. (1999). 13407: Human-centred design processes for interactive systems. *Geneva: ISO*.
- ISO/IEC. 9241-14. (1998). 9241-14 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDT)s - Part 14 Menu dialogues.
- Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545–556.



- Land, S. M., Zimmerman, H. T., Choi, G. W., Seely, B. J., & Mohney, M. R. (2015). Design of mobile learning for outdoor environments. In *Educational Media and Technology Yearbook* (pp. 101–113). Springer.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation* (Vol. 521423740). Cambridge.
- Li, R., Zhang, B., Sundar, S. S., & Duh, H. B.-L. (2013). Interacting with Augmented Reality: how does location-based AR enhance learning? (pp. 616–623). Presented at the IFIP Conference on Human-Computer Interaction, Springer.
- Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the use questionnaire12. *Usability Interface*, 8(2), 3–6.
- Miller, C. (2012). *Mobile augmented reality: entertainment, LBS & retail strategies 2012–2017*. Hampshire, UK: Juniper Research Ltd.
- Moore, M. G. (1989). Three types of interaction. *American Journal of Distance Education*, 3(2), 1–7.
- Sauro, J., & Lewis, J. R. (2016). *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research*. Morgan Kaufmann.
- Scolari, C. A., & Fernández-Cavia, J. (2014). Mobile applications and destination branding in Spain. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 8(2), 15–22.
- Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. (2007). A Theory of Learning for the Mobile Age. In A. Haythornthwaite & C. Haythornthwaite (Eds.), *The Sage Handbook of Elearning Research* (pp. 221–247). London: Sage.
- Shih, J.-L., Chuang, C.-W., & Hwang, G.-J. (2010). An inquiry-based mobile learning approach to enhancing social science learning effectiveness. *Journal of Educational Technology & Society*, 13(4).
- Shitkova, M., Holler, J., Heide, T., Clever, N., & Becker, J. (2015). Towards Usability Guidelines for Mobile Websites and Applications. (pp. 1603–1617). Presented at the Wirtschaftsinformatik.
- Tarnag, W., & Ou, K.-L. (2012). A study of campus butterfly ecology learning system based on augmented reality and mobile learning (pp. 62–66). Presented at the Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE), 2012 IEEE Seventh International Conference on, IEEE.
- Vavoula, G., & Sharples, M. (2009). Meeting the challenges in evaluating mobile learning: a 3-level evaluation framework. *International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)*, 1(2), 54–75.
- Βάμβουκας, Μ. (2010). *Εισαγωγή στην Ψυχοπαιδαγωγική Έρευνα και Μεθοδολογία (9η Έκδοση)*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Παπαναούμ-Τζίκια, Ζ. (1985). *Η αξιολόγηση της σχολικής επίδοσης : δυνατότητες και όρια*. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.
- Ρούσος, Π., & Τσαούσης, Γ. (2011). *Στατιστική στις επιστήμες της συμπεριφοράς με τη χρήση του SPSS*. Αθήνα: Τόπος.

# Μύθοι και Μαθηματικά: Μια διαθεματική προσέγγιση των εννοιών του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης σε παιδιά Νηπιαγωγείου

**Ελπίδα Ταμβακά<sup>1</sup>, Κώστας Μαλλιάκας<sup>2</sup> και Κοκονίτσα Σακελλάκη<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>18<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Ρόδου, elpida.ta@gmail.com

<sup>2</sup>1<sup>ο</sup> Γενικό Λύκειο Ρόδου, kmath1967@gmail.com

<sup>3</sup>18<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Ρόδου, mfsakellaki@rhodes.aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία αυτή παρουσιάζει μια μελέτη περίπτωσης με διαθεματικές δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων στα παιδιά του 18ου Νηπιαγωγείου Ρόδου, στο πλαίσιο του προγράμματος Erasmus +: «Doll has a soul». Το θέμα είναι οι δώδεκα άθλοι του Ηρακλή από την Ελληνική Μυθολογία και ο Δράκος από το μύθο του Κονίτσε (Konjice) της Σλοβενίας. Κύριος στόχος είναι η κατανόηση πτυχών της έννοιας του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης με τη βοήθεια της απεικόνισης και τη χρήση αναπαραστάσεων και ΓΠΕ. Το διδακτικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε, επέτρεψε να εξαχθούν συμπεράσματα, σύμφωνα με τα οποία η χρήση των αναπαραστάσεων και η παράλληλη στήριξη με εκπαιδευτικά λογισμικά, συνέβαλε στην επίτευξη του στόχου.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** απεικόνιση, αναπαραστάσεις, πολλαπλασιασμός, διαίρεση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) του Νηπιαγωγείου για τα Μαθηματικά, οι ικανότητες που επιδιώκεται να αναπτυχθούν από τα νήπια μεταξύ άλλων είναι «να επιλέγουν ή να παράγουν κατάλληλο για την επίλυση των προβλημάτων υποστηρικτικό υλικό, να οργανώνουν και επεκτείνουν τις γνώσεις τους σχετικά με τους αριθμούς, να εκτελούν απλές μαθηματικές πράξεις, να εμπλουτίζουν τη γλώσσα και με λέξεις που συνδέονται με τα μαθηματικά, να επικοινωνούν και να αξιοποιούν την τεχνολογία». Ενδεικτικές δραστηριότητες που προτείνονται για να φτάσουν σε αυτούς τους στόχους είναι «...να απεικονίζουν αντικείμενα, να χειρίζονται ποσότητες, να τις ενώνουν και να δημιουργούν άλλες, να βγάζουν ή να βάζουν ένα μέρος τους και να συγκρίνουν ή να μοιράζουν...» (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2002). Ο πολλαπλασιασμός και η διαίρεση, όπως φαίνεται και από τα παραπάνω, δεν αποτελούν ξεκάθαρα στόχους με ιδιαίτερη βαρύτητα ούτε προτείνονται ενδεικτικές δραστηριότητες, πέραν από κάποιες που αφορούν τη διαίρεση μερισμού.

Η διδακτική μας παρέμβαση έχει στόχο την εισαγωγή, μέσω δραστηριοτήτων επίλυσης προβλήματος διαθεματικού χαρακτήρα, στις διάφορες πτυχές των εννοιών του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης, δηλαδή την κατανόηση του πολλαπλασιασμού σαν πρόσθεση ίδιων προσθετών, της διαίρεσης σαν αφαίρεση ίδιων αφαιρετών, μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού (Λεμονίδης, 2000) και επίσης ότι ο πολλαπλασιασμός και η διαίρεση είναι αντίστροφες πράξεις. Για την καλύτερη επικοινωνία και κατανόηση θα ωθήσουμε τα παιδιά να κάνουν χρήση αναπαραστάσεων και ΤΠΕ. Τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα στα οποία θα επιχειρήσουμε να απαντήσουμε είναι: 1) Σε ποιο βαθμό μπορούν τα παιδιά του νηπιαγωγείου να κατακτήσουν τις έννοιες του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης και τη συσχέτιση τους; 2) Βοηθούν οι προτεινόμενες διαθεματικές δραστηριότητες με τη χρήση εξωτερικών αναπαραστάσεων και τη χρήση των ΤΠΕ στην κατανόηση αυτή;

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Τα παιδιά μαθαίνουν με ποικίλες διδακτικές προσεγγίσεις και εκφράζουν αυτά που γνωρίζουν με διαφορετικά μέσα αναπαράστασης. Η μάθηση διευκολύνεται όταν τα παιδιά μπορούν να συνδέσουν την καινούργια γνώση με τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους. Οι συνδέσεις αυτές μπορεί να αφορούν συνδέσεις εννοιών μέσα στην ίδια μαθησιακή περιοχή ή συνδέσεις μεταξύ επιστημών (ΙΕΠ, 2014). Έρευνες έδειξαν ότι τα παιδιά πριν από οποιαδήποτε οργανωμένη διδασκαλία, έχουν ήδη αναπτύξει άτυπες στρατηγικές, με βάση τις οποίες λύνουν απλά προβλήματα πρόσθεσης και αφαίρεσης, αρχικά με χρήση υλικών αντικειμένων ή δακτύλων και αργότερα με αρίθμηση σύνθετων μονάδων. Επίσης τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν να εκτελούν δραστηριότητες σχετικές με τη διαίρεση όπως να μοιράζουν δίκαια αντικείμενα (Λεμονίδης, 2001).

Για την ανάπτυξη «αίσθησης αριθμών» (number sense), δηλαδή μια γενική κατανόηση του αριθμού και των πράξεων καθώς και ικανότητα ευέλικτης αξιοποίησής της για ανάπτυξη χρήσιμων στρατηγικών διαχείρισης των αριθμών (Arcavi, 1994, Berch, 2005), οι μαθητές από την προσχολική ηλικία πρέπει να εξασκηθούν στην αναγνώριση μικρών αριθμών χωρίς μέτρηση και στο συνδυασμό αριθμών για τη διαμέριση μεγαλύτερων αριθμών του 5, τεχνικές που επιταχύνουν την ανάπτυξη της πρόσθεσης και της αφαίρεσης. Στο νηπιαγωγείο, οι έννοιες της πρόσθεσης και της αφαίρεσης αρχικά, αλλά και οι έννοιες του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης μετά, εισάγονται με επίλυση προβλημάτων καθημερινής ζωής και με συζήτηση εικόνων, χρήση εποπτικών μέσων καθώς και χρήση λογισμικών (Φιλίππου & Χρίστου, 2004). Στην πορεία ανάπτυξης «αίσθησης αριθμών» συναντάμε την έννοια της αρίθμησης, δηλαδή την απαγγελία αριθμών σε μια σειρά, αλλά και της απαρίθμησης, δηλαδή την εύρεση του πλήθους μιας συλλογής φυσικών ή νοητών αντικειμένων. Κατά την απαρίθμηση αναπτύσσεται σταδιακά μια φανταστική αντιστοίχιση ένα προς ένα των διακριτών αντικειμένων μιας συλλογής με ένα υποσύνολο των φυσικών αριθμών. Η κάθε αριθμολέξη που χρησιμοποιείται έχει διατακτική αλλά και πληθική σημασία.

Για την απαρίθμηση υπάρχει η «αρχή του πολλαπλασιασμού» αν έχουμε «σύζευξη» επιλογών και η «αρχή της πρόσθεσης» αν έχουμε «αποκλειστική διάζευξη».

Η πολλαπλασιαστική αρχή χρησιμοποιείται αν η διαδικασία απαρίθμησης μπορεί να χωριστεί σε διαφορετικές φάσεις που μπορούν να εκτελεστούν διαδοχικά και το πλήθος επιλογών κάθε φάσης είναι πλήρως καθορισμένο. Δηλαδή, αν ένα στοιχείο μπορεί να επιλεγεί με  $k$  τρόπους και για κάθε ένα από αυτούς τους τρόπους ένα άλλο στοιχείο μπορεί να επιλεγεί με  $l$  τρόπους, τότε τα δύο στοιχεία μπορούν να επιλεγούν με  $k \cdot l$  τρόπους και ανάλογα για περισσότερα στοιχεία. Αν ένα στοιχείο  $a$ , μπορεί να επιλεγεί με  $k$  διαφορετικούς τρόπους και ένα άλλο στοιχείο  $b$  μπορεί να επιλεγεί με  $l$  διαφορετικούς τρόπους και η επιλογή του  $a$  αποκλείει τη επιλογή του  $b$  τότε η επιλογή μόνο του  $a$  ή μόνο του  $b$  σύμφωνα με την προσθετική αρχή μπορεί να γίνει με  $k+l$  τρόπους και ανάλογα για περισσότερα στοιχεία. Γενικά αν τα στοιχεία ενός συνόλου είναι διατεταγμένες  $k$ -άδες τότε πολλαπλασιάζουμε τον αριθμό των διαφορετικών επιλογών που έχουμε για την κάθε συντεταγμένη της  $k$ -άδας. Αν τα στοιχεία του συνόλου είναι  $k$ -άδες επιλογών οι οποίες αποκλείουν η μια την άλλη τότε αθροίζουμε τις επιλογές που έχουμε για την κάθε θέση. Επίσης, είναι δυνατό η απαρίθμηση να γίνει και με ομαδοποίηση των στοιχείων ενός συνόλου σε δυάδες ή τριάδες ή και πιο ασύμμετρα, απαρίθμηση των στοιχείων κάθε ομάδας και μετά της ένωσης τους συνδυάζοντας τις παραπάνω αρχές (Καλαβάσης & Μούτσιος-Ρέντζος, 2015). Ένα σύνολο μπορεί να είναι και το καρτεσιανό γινόμενο δύο ή περισσότερων συνόλων, όπου ο πληθικός αριθμός του είναι το γινόμενο των πληθικών αριθμών των συνόλων που το συγκροτούν. Η κατανόηση του πολλαπλασιασμού ως καρτεσιανού γινομένου είναι πιο απαιτητική και πρέπει να γίνεται σε μεγαλύτερες ηλικίες (Φιλίππου & Χρίστου, 2004).

Οι μαθητές από τη νηπιακή ηλικία πρέπει να αποκτήσουν την ικανότητα να δημιουργούν και να χρησιμοποιούν αναπαραστάσεις προκειμένου να οργανώσουν και να καταγράψουν μαθηματικές ιδέες για την επίλυση προβλημάτων (NCTM, 2000). Η εξέλιξη των μαθηματικών έχει άμεση σχέση με την ανάπτυξη «μητρικών αναπαραστάσεων», όπως το αλγεβρικό, το γραφικό, το εικονικό και η φυσική γλώσσα, δηλαδή σημειωτικά συστήματα που παρέχουν μέσα αναπαράστασης και επεξεργασίας της μαθηματικής σκέψης (Duvall, 2006). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν, οι ιδέες των παιδιών για να αναπαραστήσουν την πληθικότητα συνόλων, όπου επινοούν διάφορα συστήματα συμβολισμών με συγκεκριμένη δομή στα οποία ισχύουν συγκεκριμένες σχέσεις. Σε μαθητές της πόλεως Ρόδου ηλικίας 6 – 8 ετών, διερευνήθηκε η ικανότητα επιλογής και εκτέλεσης πράξης για επίλυση προβλημάτων συνδυασμού χωρίς, αλλά και με παρουσία πληροφοριακής αναπαράστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι περισσότεροι μαθητές επιχείρησαν να λύσουν το πρόβλημα όταν συνοδευόταν από πληροφοριακή αναπαράσταση και επίσης τα περισσότερα παιδιά επέλεξαν το σκίτσο και τον πίνακα (Σκανδαλάκη & Σκουμπουρδή, 2016). Πολλοί ερευνητές συμφωνούν επίσης ότι η χρήση Τ.Π.Ε. ενθαρρύνει την ανάπτυξη μαθηματικών εννοιών μέσα από ευχάριστες δραστηριότητες που ενδιαφέρουν και κινητοποιούν τα παιδιά. Έχουν γίνει έρευνες με θετικά αποτελέσματα σε παιδιά Νηπιαγωγείου στην Ελλάδα για να εξετάσουν τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα λογισμικά στη κατανόηση μαθηματικών εννοιών όπως η «πιθανότητα» και η «συνδυαστική» που παρέχουν πολλαπλά οφέλη στους

μαθητές και προετοιμασία για την απαρίθμηση (Fesakis & Kafoussi, 2009, Φραντζεσκάκη, Καφούση & Φεσάκης, 2016).

## **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

### **Συμμετέχοντες**

Η διδακτική μας παρέμβαση έγινε στο 18<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Ρόδου την περίοδο από 15 Ιανουαρίου έως 25 Φεβρουαρίου 2018. Συμμετείχαν 20 νήπια (13 αγόρια και 7 κορίτσια), όπου συμπεριλαμβάνονται και 5 παιδιά με διάφορες μαθησιακές δυσκολίες, του τμήματος ένταξης που λειτουργούσε στο νηπιαγωγείο.

### **Στόχοι**

Σύμφωνα με τις αρχές της διαφοροποιημένης παιδαγωγικής οι στόχοι που τίθενται σε κάθε δραστηριότητα πρέπει να είναι κοινοί για όλα τα παιδιά και να δίνεται η ευκαιρία σε όλα να επιλέξουν μόνο τους τον τρόπο που θα εργαστούν. Το γεγονός αυτό θα καθορίσει και το χρόνο που θα χρειαστεί κάθε παιδί, δηλαδή το δικό του ρυθμό μάθησης και τις δικές του μαθησιακές διαδρομές (ΙΕΠ, 2014). Κύριος στόχος είναι η κατανόηση των εννοιών του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης μέσω της απαρίθμησης, της χρήσης εξωτερικών αναπαραστάσεων και των ΤΠΕ.

### **Κριτήρια επιλογής και υλοποίησης παρέμβασης**

Το Γενικό Διδακτικό Μοντέλο το οποίο υιοθετήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι το «problem - solving approach», όπως αναθεωρήθηκε από τους Hungerford και Peyton (1994) και περιλαμβάνει τέσσερα αλληλοσχετιζόμενα στάδια: 1) Καθορισμός στόχων προγράμματος και διδακτικών στόχων 2) Pre-test και διδασκαλία 3) Post-test και αξιολόγηση διδασκαλίας και 4) Αξιολόγηση προγράμματος.

Η συνέντευξη και το ερωτηματολόγιο αποτελούν τις πιο διαδεδομένες μεθόδους συλλογής δεδομένων. Για το pre-test και το post-test, δεδομένου της ηλικίας των μαθητών και της αδυναμίας τους να παράγουν γραφή, επιλέχθηκε η ημιδομημένη ατομική συνέντευξη με χρήση εικόνων για να ελαχιστοποιήσουμε την επιβολή όρων, αναφορών και κατανόησης λέξεων (Bonnett & Williams, 1998, Shepardson, 2005), η οποία συλλέγει προφορικές πληροφορίες, προβλέπει την άμεση επικοινωνία του αξιολογητή με τους συμμετέχοντες (Ζυγούρη, 2005) και δίνει μεγαλύτερο βαθμό ελευθερίας (May, 2001). Ο ερευνητής μπορεί να ζητήσει επεξηγήσεις ή περισσότερη ανάλυση σε μια ερώτηση που έχει θέσει οπότε να ανοίξει διάλογο με τον ερωτούμενο. Οι ερωτήσεις ήταν ίδιες κατά το pre-test και το post-test (Ζυγούρη, 2005).

Το πλαίσιο δραστηριοτήτων καθορίστηκε βάση της διαδικασίας ανταλλαγής μύθων των χωρών που συμμετέχουν στο πρόγραμμα Erasmus+: «Doll has a soul», στο οποίο συμμετέχει το 18<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Ρόδου και είναι οι 12 άθλοι του Ηρακλή από την Ελληνική Μυθολογία και ο Δράκος από το μύθο του Κονίτσε (Konjice) της Σλοβενίας. Με αφορμή κάποιους άθλους, σχεδιάστηκαν διαθεματικές δραστηριότητες που προάγουν μαθηματικές δεξιότητες και ταυτόχρονα εξυπηρετούν την κατανόηση της ιστορίας που αφηγούνται οι μύθοι. Οι δραστηριότητες έχουν στόχο την προσέγγιση νέας μαθηματικής

γνώσης (πολλαπλασιασμός και διαίρεση) αλλά βασίζονται και ενεργοποιούν προηγούμενες γνώσεις, δίνοντας έμφαση στην καταγραφή δεδομένων για τη διαχείριση και επίλυση του προβλήματος. Τα παιδιά είχαν συζητήσεις σε προηγούμενα μαθήματα σχετικές με τους παραπάνω μύθους και ήταν εξοικειωμένα σε κάποιο βαθμό και με την χρήση αναπαραστάσεων, αφού σε προηγούμενες δραστηριότητες, τους είχε ζητηθεί να αναγνωρίσουν ή να παράγουν αναπαραστάσεις, χωρίς όμως να διερευνηθεί αν και σε ποιο βαθμό η χρήση τους ήταν σημαντική και ειδικότερα στην κατανόηση του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης.

### **Αρχική αξιολόγηση (Pre-test)**

Οι συνεντεύξεις έγιναν μέσα στη σχολική τάξη από τις δύο νηπιαγωγούς. Τη χρονική στιγμή που έγινε το pre-test, είχαμε ασχοληθεί εντατικά με τους 6 πρώτους άθλους. Γι αυτό και οι ερωτήσεις βασίζονται σε αυτούς. Οι ζωγραφιές, τα σύμβολα και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τα δύο προβλήματα, ήταν φτιαγμένα από τα ίδια τα παιδιά. Οι ερωτήσεις/αποστολές που τους δόθηκαν ήταν:

- 1) «Θα ζωγραφίσουμε τα εργαλεία που χρησιμοποίησε ο Ηρακλής σε καρτέλες. Θα τα ζωγραφίσουν 3 παιδιά και σε κάθε παιδί θα δώσω από 2 καρτέλες. Πόσες καρτέλες θα χρειαστούμε; Σημείωσε ότι σου χρειάζεται για να το βρεις».
- 2) «Πρέπει να ζωγραφίσουμε τις καρτέλες για 6 άθλους. Θα δώσω 6 καρτέλες και θα ζητήσω να τις ζωγραφίσουν 2 παιδιά. Μπορείς να μοιράσεις τις 6 καρτέλες στα δύο παιδιά έτσι ώστε όσες καρτέλες έχει το ένα παιδί να έχει και το άλλο;»

Η εκπαιδευτικός κατέγραφε τον τρόπο χειρισμού των υλικών και τις απαντήσεις τους. Αφού το παιδί έδινε την απάντησή του ή κατά τη διάρκεια της προσπάθειάς του γίνονταν ανάλογα και άλλες ερωτήσεις διευκρινιστικού τύπου.

### **Διδακτική παρέμβαση - Εφαρμογή Δραστηριοτήτων**

Η πρώτη και η δεύτερη δραστηριότητα σχεδιάστηκαν από τις εκπαιδευτικούς με στόχο την απόκτηση συγκεκριμένων μαθηματικών δεξιοτήτων ενώ η τρίτη προέκυψε αυθόρμητα από τον προβληματισμό των παιδιών. Οι εκπαιδευτικοί εκμεταλλεύτηκαν το «πρόβλημα» που αναδύθηκε ώστε να αποτελέσει μαθησιακή εμπειρία και να υλοποιηθεί ο μαθηματικός στόχος (ΙΕΠ, 2014). Σκόπιμα, η πρώτη δραστηριότητα έχει ως στόχο την απαρίθμηση και όχι τον πολλαπλασιασμό ή τη διαίρεση γιατί όπως έχει αναφερθεί, η απαρίθμηση αποτελεί τη βάση για την εκτέλεση απλών και σύνθετων πράξεων.

#### **1<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Πόσα βέλη χρειάζεται ο Ηρακλής;**

**Σύνδεση με το μύθο:** Σύμφωνα με τον 6<sup>ο</sup> άθλο ο Ηρακλής σκότωσε τις Στυμφαλίδες Όρνιθες, σιδερένια πουλιά που έβγαζαν φωτιά από το ράμφος τους, χρησιμοποιώντας βέλη τα οποία είχε βουτήξει στο δηλητηριώδες αίμα της Λερναίας Ύδρας.

**Μαθηματικός Στόχος:** Να μετρούν/απαριθμούν αντικείμενα συλλογής μέσω της ένα προς ένα αντιστοίχισης και τη χρήση αναπαραστάσεων.

**Διαδικασία:** Τα παιδιά δουλεύουν σε μικρές ομάδες των τριών στον Η/Υ με το λογισμικό Kidspiration και πρέπει να αποφασίσουν «Πόσα βέλη χρειάζεται ο Ηρακλής για να

σκοτώνει τα πουλιά αφού για κάθε πουλί πρέπει να χρησιμοποιήσει ένα βέλος;» Ο αριθμός των πουλιών και των βελών μπορεί να αυξομειωθεί. Με τη δυνατότητα «drag and drop» (σέρνω και αφήνω) κάποια παιδιά έβρισκαν τη λύση μέσω της αντιστοίχισης ένα προς ένα ενώ κάποια άλλα που έβρισκαν τη λύση μόνο με καταμέτρηση των αντικειμένων, χρησιμοποίησαν τη δυνατότητα αυτή για επαλήθευση. Στη συνέχεια καταγράφουν την απάντησή τους ατομικά και την ανακοινώνουν μετά στην ολομέλεια. Κάνουμε προβολή και αποφασίζουμε ποια και γιατί είναι η σωστή απάντηση.

## 2<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Πόσα νύχια έχει ο δράκος;

**Σύνδεση με το μύθο:** Διαβάζουμε για το δράκο από το μύθο του Κονίτσε (Konjice) της Σλοβενίας, σύμφωνα με τον οποίο ο δράκος έκλεψε την πριγκίπισσα Μαργαρίτα και την έσωσε ο Γεώργιος σκοτώνοντας το δράκο. Για να παίξουμε με κούκλες την ιστορία πρέπει να κατασκευάσουμε την κούκλα-δράκο σύμφωνα με τις οδηγίες και τις φωτογραφίες που μας έστειλαν τα παιδιά. Ενώ ασχολούμαστε με την κατασκευή του «δράκου», ανακλύπει το ακόλουθο πρόβλημα: Πόσα νύχια πρέπει να φτιάξουμε;

**Μαθηματικός Στόχος:** Να κατανοήσουν την έννοια του πολλαπλασιασμού ως επαναλαμβανόμενη πρόσθεση με τη χρήση εξωτερικών αναπαραστάσεων.

**Εικόνα 1:** Αναστοχασμός της διαδικασίας και επαλήθευση του συμπεράσματος.



**Διαδικασία:** Στη φωτογραφία φαίνονται τα δύο πόδια του δράκου και κάθε πόδι έχει τρία νύχια. Αρχικά τα παιδιά συμπεραίνουν ότι ο δράκος έχει άλλα δύο πόδια και στη συνέχεια αναρωτιούνται πόσα νύχια έχει συνολικά. Το κάθε παιδί παίρνει γραφική ύλη και αναπαριστά με όποιο τρόπο θέλει τα νύχια που χρειαζόμαστε. Στη συνέχεια, παρουσιάζουν τη δουλειά τους στην ολομέλεια και καταλήγουν στο σωστό αποτέλεσμα. Κόβουν και κολλούν τα νύχια του δράκου ενώ ταυτόχρονα κάνουν επαλήθευση. Κάνουμε προβολή και ενώ κάποια παιδιά σχεδιάζουν όλα τα νύχια με το λογισμικό Blackboard που επιτρέπει την ελεύθερη σχεδίαση, τα υπόλοιπα ελέγχουν τη διαδικασία που ακολούθησαν (τα περισσότερα παιδιά έκαναν την αναπαράσταση βάζοντας τα νύχια σε τέσσερις τριάδες).

### **3<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Πόσους λαιμούς της Λερναίας Ύδρας έκοψε ο Ηρακλής;**

**Σύνδεση με το μύθο:** Σύμφωνα με το 2<sup>ο</sup> άθλο, ο βασιλιάς Ευρυσθέας ανέθεσε στον Ηρακλή να σκοτώσει ένα φίδι με εννιά κεφάλια που ζούσε στη λίμνη Λέρνη. Κάθε φορά που έκοβε ένα κεφάλι φύτρωναν άλλα δύο, ώσπου μαζί με το φίλο του Ιόλαο, ανακάλυψαν πως μόλις έκοβε ο Ηρακλής το κεφάλι, ο Ιόλαος έπρεπε να καίει το λαιμό του για να μη φυτρώσει άλλο και έτσι κατάφεραν να σκοτώσουν τη Λερναία Ύδρα.

**Μαθηματικός Στόχος:** Να κατανοήσουν την έννοια της διαίρεσης και να κάνουν επαλήθευση με τη βοήθεια του πολλαπλασιασμού ως αντίστροφη πράξη.

**Διαδικασία:** Η εκπαιδευτικός διαβάζει το μύθο ξανά αλλάζοντας λίγο τα δεδομένα και προκύπτει το ακόλουθο πρόβλημα: «Κάποια στιγμή, αφού σκέφτηκαν ότι έπρεπε ο Ιόλαος να καίει το λαιμό τους, η Λερναία Ύδρα είχε ακόμη 6 κεφάλια και ο Ηρακλής κατάφερε να τα κόψει. Από πόσους λαιμούς έκοψε αυτά τα 6 κεφάλια;» Κάθε παιδί εργάζεται μόνο του και μετά επιλύουμε το πρόβλημα ξανά όλοι μαζί. Κατά τον έλεγχο της ορθότητας κάθε λύσης εφαρμόζουμε πολλαπλασιασμό ως επαλήθευση της διαίρεσης. Ο αριθμός των κεφαλιών και των λαιμών μπορεί να αυξομειωθεί ανάλογα.

**Υλικό Δραστηριότητας:** Λογισμικά Kidspiration και Blackboard, projector, κόλλα, σελίδες χαρτιού και γραφική ύλη, φωτογραφία δράκου του Κονίτσε, κούκλα «Δράκος».

### **Τελική αξιολόγηση (Post-test)**

Ακολουθήσαμε παρόμοια διαδικασία με το pre-test με ίδιες ερωτήσεις – προβλήματα.

## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Και στα δύο τεστ τα περισσότερα παιδιά επέλεξαν το γραφικό και το εικονικό μητρώο καθώς και τη φυσική γλώσσα. Για να ποσοτικοποιήσουμε τα ποιοτικά δεδομένα, κατηγοριοποιήσαμε τις απαντήσεις στα δύο προβλήματα με βάση τις εξής παραμέτρους: Σωστή επανάληψη δεδομένων, σωστή ή λανθασμένη απάντηση με σωστή ή λανθασμένη καταγραφή. Με το χαρακτηρισμό «σωστή καταγραφή» εννοούμε καταλληλότητα της αναπαράστασης όσο αφορά τη συνάφειά της με τα δεδομένα και το ζητούμενο.

**Pre-test:** Σχεδόν όλα τα παιδιά ήταν απρόθυμα αρχικά και αρκετοί δεν μπόρεσαν να επαναλάβουν σωστά τα δεδομένα των προβλημάτων. Μόνο τέσσερα παιδιά κατάφεραν να απαντήσουν σωστά στο πρώτο πρόβλημα και έξι παιδιά στο δεύτερο πρόβλημα. Από τις συνολικά τριανταμία καταγραφές που έγιναν και στα δύο προβλήματα οι δεκατέσσερις δεν είχαν συνάφεια με το ζητούμενο κάθε προβλήματος.

**Δραστηριότητες:** Στην πρώτη δραστηριότητα, σχεδόν όλα τα παιδιά έκαναν σωστά μια ένα προς ένα αντιστοίχιση, σωστή αναπαράσταση και απαρίθμηση. Στη δεύτερη, τα περισσότερα παιδιά έλυσαν σωστά το πρόβλημα, παρά το γεγονός ότι ο πολλαπλασιασμός είναι πιο δύσκολη έννοια. Στην τρίτη, όπου τα παιδιά έπρεπε να ουσιαστικά να κάνουν τη διαίρεση  $6:2=3$ , αντιμετώπισαν μεγαλύτερη δυσκολία ακόμη και σε σχέση με το pre-test όπου και εκεί τους ζητήθηκε η ίδια διαίρεση. Παιδιά που στις προηγούμενες δραστηριότητες έδωσαν σωστή απάντηση μετά τη χρήση αναπαραστάσεων, δεν κατάφεραν να αναπαραστήσουν τα δύο κεφάλια από ένα λαιμό οπότε δεν έδωσε κανένα



παιδί σωστή απάντηση την πρώτη φορά. Σχεδόν όλα τα παιδιά έκαναν ζωγραφιές με το μύθο. Αντιμετωπίσαμε το πρόβλημα χρησιμοποιώντας χειραπτικό υλικό και επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία με 4, 6, 8, και 10 κεφάλια. Πολλά παιδιά έδωσαν σωστή απάντηση και τα υπόλοιπα έκαναν αναπαραστάσεις οι οποίες ήταν τουλάχιστον σχετικές με αυτό που τους ζητήθηκε. Αρχικά δεν μπόρεσαν να αριθμήσουν απευθείας σύνθετες μονάδες, στην περίπτωσή μας τις δυάδες και να τις θεωρήσουν ως «ένα πράγμα» κατασκευάζοντας την αντίστοιχη αναπαράσταση, ενώ μπόρεσαν να το κάνουν με χειραπτικό υλικό. Ενδέχεται η δυσκολία να οφείλεται στη διαίρεση που εμφανίζεται ως αντίστροφη πράξη του πολλαπλασιασμού.

**Πίνακας 1:** Κατηγοριοποίηση απαντήσεων στα δύο προβλήματα pre-test και post-test.

| Απαντήσεις                       | Pre-test   |            | Post-test  |            |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                                  | Πρόβλημα 1 | Πρόβλημα 2 | Πρόβλημα 1 | Πρόβλημα 2 |
| Σωστή επανάληψη δεδομένων        | 12         | 13         | 16         | 17         |
| Σωστή απάντηση - Σωστή καταγραφή | 4          | 6          | 12         | 8          |
| Σωστή απάντηση - Λάθος καταγραφή | 0          | 0          | 0          | 0          |
| Σωστή απάντηση - Χωρίς καταγραφή | 0          | 0          | 1          | 1          |
| Λάθος απάντηση - Σωστή καταγραφή | 1          | 0          | 1          | 1          |
| Λάθος απάντηση - Λάθος καταγραφή | 12         | 8          | 4          | 8          |
| Λάθος απάντηση - Χωρίς καταγραφή | 3          | 6          | 2          | 2          |

**Post-test:** Σχεδόν όλα τα παιδιά επαναλάμβαναν σωστά τα δεδομένα. Όλα τα παιδιά έκαναν καταγραφή με αναπαραστάσεις και στα δύο προβλήματα. Μερικά παιδιά χρησιμοποίησαν χειραπτικό υλικό και τα δάχτυλά τους. Θεωρούμε επίσης σημαντικό το γεγονός ότι στην τελική αξιολόγηση τα παιδιά χρησιμοποίησαν και κατάλληλη μαθηματική ορολογία, όπως «μοιράζονται», «είναι λιγότερα από ...» και άλλα.

Γενικότερα και συγκριτικά, μπορούμε να πούμε ότι τα παιδιά μετά την παρέμβαση έδειξαν μεγαλύτερη άνεση και εμπιστοσύνη στον εαυτό τους κατά την επίλυση προβλημάτων τόσο σε επίπεδο λεκτικό όσο και σε σημειωτικό. Το ποσοστό των παιδιών που επαναλάμβαναν τα δεδομένα σωστά αυξήθηκε σημαντικά κατά 20%. Επιπλέον, υπήρχε συνάφεια σε όλες τις καταγραφές τους. Υπήρξε επίσης σημαντική αύξηση κατά 40% του αριθμού των παιδιών που απάντησαν σωστά στο πρώτο πρόβλημα και λιγότερη αύξηση στο δεύτερο (10%), υποθέτουμε λόγω της μεγαλύτερης δυσκολίας

της διαίρεσης. Η αύξηση οφείλεται κατά την άποψη μας στο γεγονός ότι τα προβλήματα έγιναν περισσότερο κατανοητά μετά την παρέμβαση, αφού τα παιδιά ήταν τώρα πιο εξοικειωμένα με τις αναπαραστάσεις και τη χρήση των ΤΠΕ, απέκτησαν κάποια εμπειρία με το είδος των προβλημάτων και βρήκαν ή εμπέδωσαν καλύτερα τρόπους προσέγγισης τους. Ένα άλλο σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι σχεδόν κανένα παιδί δεν μπόρεσε να δώσει σωστή απάντηση χωρίς ή με λανθασμένη καταγραφή, ενώ η σωστή καταγραφή δεδομένων σχεδόν πάντα οδηγούσε σε σωστή απάντηση.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ενασχόλησή μας με τις έννοιες του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης είχε διάρκεια περίπου ένα μήνα κατά τον οποίο έγιναν και άλλες μαθηματικές και μη μαθηματικές δραστηριότητες σχετικές με την παρέμβαση. Θεωρούμε ότι ήταν λίγος ο χρόνος και ο αριθμός των δραστηριοτήτων ώστε να έχουμε μεγάλη και ουσιαστική βελτίωση στις αντίστοιχες μαθηματικές δεξιότητες των παιδιών. Μια μεγαλύτερης διάρκειας ενασχόληση καθώς επίσης και εφαρμογή ανάλογης παρέμβασης αργότερα, θα μπορούσε να απαντήσει στα αρχικά μας ερωτήματα με μεγαλύτερη ακρίβεια και πιστότητα.

Θεωρούμε ότι η παρέμβασή μας περιέχει ένα σύνολο διδακτικών έργων που βοηθούν στην κατάκτηση των αντίστοιχων επιπέδων σκέψης και στην αναπτυξιακή εξέλιξη των παιδιών. Από τη σύγκριση των δύο τεστ και κατά τη διαμορφωτική αξιολόγηση δικαιολογούμε να συμπεράνουμε ότι είχε θετικά αποτελέσματα στο σύνολο των παιδιών αφού το καθένα με το δικό του ρυθμό έκανε βήματα προς την κατανόηση του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης. Η χρήση αναπαραστάσεων και ΤΠΕ προσέφερε τη δυνατότητα καλύτερης εποπτείας και κατανόησης των προβλημάτων αλλά και επαλήθευσης των λύσεών τους, οπότε αποτελεί απαραίτητο βοήθημα στην κατανόηση. Επομένως, πιστεύουμε ότι οι έννοιες του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης μπορούν να αποτελέσουν στόχους των μαθηματικών στο νηπιαγωγείο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arcavi, A. (1994). Symbol Sense: Informal Sense-making in Formal Mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 14(3), 24-35.
- Berch, B. D. (2005). Making Sense of Number Sense: Implications for Children With Mathematical Disabilities. *Journal of learning disabilities*, 38(4), 333-339.
- Bonnett, M. & Williams, J. (1998). Environmental Education and Primary Children's Attitudes towards Nature and the Environment. *Cambridge Journal of Education*, 28(2), 159-174.
- Duval, R. (1999). Representation, vision and visualization: cognitive function in mathematical thinking. In F. Hitt & M. Santos, (eds.), *Proceedings of the Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 2-26). Cuernavaca, Morelos, Mexico.
- Fesakis G. & Kafoussi S. (2009), Kindergarten children capabilities in combinatorial problems using computer microworlds and manipulatives, In M., Tzekaki, M., Kaldrimidou, & C., Sakonidis, (eds.), *Proceedings of the 33rd Conference of the*

- International Group for the Psychology of Mathematics Education, IGPME (PME33)*, Vol. 3, pp. 41-48. Thessaloniki, Greece.
- Ζυγούρη, Ε. (2005). *Αξιολόγηση προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Θεωρία και πράξη*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Hungerford, H. & Peyton, R. (1994). Procedures for developing an environmental education curriculum (Revised). Unesco-Unep, Environmental Series No. 12.
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (2014). *Οδηγός Εκπαιδευτικού για το Πρόγραμμα Σπουδών του Νηπιαγωγείου*. Αθήνα. <http://digitalschool.minedu.gov.gr/new/>.
- Καλαβάσης, Φ., & Μούτσιος-Ρέντζος, Α. (2015). *Ανάμεσα στο μέρος και στο όλο. Αναστοχαστική Οικοδόμηση Μαθηματικών εννοιών* (σσ. 169-173, 220-222). Εκδόσεις Gutenberg. Αθήνα.
- Λεμονίδης, Χ. (2000). Στοιχεία Αριθμητικής και Θεωρίας Αριθμών για το δάσκαλο. Εκδόσεις Πατάκη. Αθήνα.
- Λεμονίδης, Χ. (2001). Οι αρχικές αριθμητικές ικανότητες των παιδιών όταν έρχονται στο Δημοτικό Σχολείο. *Ευκλείδης Γ*, Τεύχος 55, σσ. 5-21. ΕΜΕ. Αθήνα.
- May, T. (2001). *Social Research: Issues, Methods and Process*. Buckingham: Open University Press.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Va: NCTM.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2002). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*. Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β.
- Shepardson, P. (2005). Student Ideas: What Is an Environment? *The Journal of Environmental Education*, 36 (4), 49-58.
- Σκανδαλάκη, Ε., & Σκουμπουρδή, Χ. (2016). Επίλυση προβλήματος συνδυασμού από μαθητές 7-8 ετών. Στο Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (επιμ.), *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις*; (σελ. 289-298). Ρόδος.
- Φιλίππου, Γ., & Χρίστου, Κ. (2004). *Διδακτική των Μαθηματικών* (σσ. 205-222, 238-255). Εκδόσεις Δαρδάνος. Αθήνα.
- Φραντζεσκάκη Κ., Καφούση Σ., & Φεσάκης Γ. (2016). Σχεδιασμός συνθετικών μαθησιακών δραστηριοτήτων για τα Μαθηματικά και τις ΤΠΕ σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: συνδυαστική και μικρόκοσμος. Στο Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (επιμ.), *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις*; (σσ. 176-185). Ρόδος.

# Παραγωγή και αξιολόγηση «ενοποιημένου» εκπαιδευτικού υλικού για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία

**Αμαλία Καροφύλλη<sup>1</sup> και Μιχαήλ Σκουμιάς<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, [amaliakaro@gmail.com](mailto:amaliakaro@gmail.com)

<sup>2</sup> ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [skoumios@rhodes.aegean.gr](mailto:skoumios@rhodes.aegean.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η έρευνα που εστιάζεται στην αποτελεσματικότητα του «ενοποιημένου» εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Η εργασία αυτή αποσκοπεί στη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται σε «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών στις αντιλήψεις των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία. Συγκροτήθηκε «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία, το οποίο εφαρμόστηκε σε 48 μαθητές που φοιτούσαν σε δυο τμήματα της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, διαμορφώθηκε ερωτηματολόγιο, το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία, μέσω της εφαρμογής του «ενοποιημένου» εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό, ανάκλαση του φωτός, συμμετρία, μάθηση Φυσικών Επιστημών.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο των ερευνών που μελετούν την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών μέσω της χρήσης «ενοποιημένου» εκπαιδευτικού υλικού. Ειδικότερα, διερευνά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται σε «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών, στις αντιλήψεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου σχετικά με την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### Μάθηση Φυσικών Επιστημών μέσω της χρήσης πρακτικών

Οι μαθητές προσέρχονται στην εκπαιδευτική διαδικασία με διαμορφωμένες αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών που στις περισσότερες περιπτώσεις διαφέρουν από τις απόψεις της σχολικής γνώσης (Pfundt & Duit, 2006). Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση πρεσβεύει ότι η γνώση δε λαμβάνεται παθητικά, αλλά οικοδομείται ενεργητικά από το υποκείμενο που μαθαίνει με βάση τις αρχικές του αντιλήψεις (Driver et al., 1985).

Έχει υποστηριχθεί ότι η διανοητική και πρακτική εργασία, που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων, εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες, καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο) (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι παρακάτω 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.

### Μοντέλα «ενοποιημένου» εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών

Ο όρος εκπαιδευτικό υλικό αναφέρεται σε οτιδήποτε χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία των μαθημάτων και είναι ειδικά σχεδιασμένο, για να εξυπηρετήσει εκπαιδευτικούς σκοπούς (Davis et al., 2016). Μπορεί να περιλαμβάνει τα σχολικά εγχειρίδια σε έντυπη ή ψηφιακή μορφή, διάφορα φύλλα εργασίας, εποπτικά μέσα ή και άλλο υλικό οπουδήποτε και αν προέρχεται. Συνήθως, το εκπαιδευτικό υλικό αφορά σε ένα επιστημονικό πεδίο (π.χ. Μαθηματικά). Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ο όρος «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό, προκειμένου να δηλώσει το εκπαιδευτικό υλικό που σχετίζεται με δύο ή περισσότερα επιστημονικά πεδία. Έχουν προταθεί τα ακόλουθα μοντέλα «ενοποιημένου» εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες (Σκουμπουρδή & Σκουμός, 2016):

(α) Μονοεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό: το μοντέλο αυτό για το εκπαιδευτικό υλικό εστιάζει αποκλειστικά σε ένα πεδίο (Μαθηματικά ή Φυσικές Επιστήμες)

(β) Πολυεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό: το μοντέλο αυτό είναι διαθεματικό και εστιάζει στα επιμέρους επιστημονικά πεδία (Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες) και οργανώνεται με βάση τους στόχους των επιμέρους επιστημονικών πεδίων γύρω από ένα θέμα.

(γ) Διεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό: το μοντέλο αυτό για το εκπαιδευτικό υλικό οργανώνεται γύρω από κοινές μαθησιακές δράσεις των επιμέρους επιστημονικών πεδίων.

(δ) Διαεπιστημονικό μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό: το διαεπιστημονικό μοντέλο 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 δε θεωρούνται διακριτά.

(ε) Ισοζυγισμένο μοντέλο για το εκπαιδευτικό υλικό: το μοντέλο αυτό 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 παραπάνω μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί, το εκπαιδευτικό υλικό, να περιλαμβάνει είτε δραστηριότητες που συγκροτούνται ισομερώς με βάση τα δύο πεδία των μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (ισοζυγισμένο ως προς τα πεδία) είτε με βάση τα τέσσερα προηγούμενα μοντέλα ενοποίησης (ισοζυγισμένο ως προς τα μοντέλα ενοποίησης).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας προκύπτει ότι έχουν διερευνηθεί επαρκώς οι αντιλήψεις των μαθητών για τη φύση του φωτός (Guesne, 1985; Fetherstonhaugh & Treagust, 1990; Osborne & Freeman, 1989), για την ανάκλαση του φωτός (Anderson & Smith, 1983; La Rosa et al, 1984; Saxena, 1991; Guesne, 1993; Driver et al., 1985) και για τη συμμετρία (Γαγάτσης & Γάλλης, 1989; Μαστρογιάννης & Κορδάκη, 2007). Από τις έρευνες αυτές προέκυψε ότι οι μαθητές έχουν ήδη σχηματίσει αντιλήψεις για το φαινόμενο της ανάκλασης του φωτός και για τη συμμετρία, που συνήθως διαφέρουν από τις απόψεις της σχολικής γνώσης.

Πέραν των ερευνών για τις αντιλήψεις, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που μελετούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών για την ανάκλαση του φωτός (Τέκου & Σολωμονίδου, 2010 Ευαγγέλου & Κώτσης, 2013; Κουτσιούκης & Κόλλιας, 2013; Μέλη & Κολιόπουλου, 2016) και για τη συμμετρία (Dolinko, 1996; Harris, 1998; Marchis, 2009; Leikin, Berman & Zaslavsky, 2000; Σκόδρας, Τριανταφυλλίδης & Μαρκόπουλος, 2011; Bagirova, 2012; Oi-Lam Ng & Sinclair, 2015). Όμως, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση «ενοποιημένου» εκπαιδευτικού υλικού για την ανάκλαση του φωτός και για τη συμμετρία (Kim & Cho, 2014). Η έρευνα αυτή περιορίζεται στους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ενώ απουσιάζουν έρευνες σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

## **ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ**

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται σε «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών, στις αντιλήψεις των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία.

Ειδικότερα, ως ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας αυτής τίθενται:

(α) Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στο «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό, στις αντιλήψεις των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου σχετικά με την ανάκλαση του φωτός;

(β) Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στο «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό, στις αντιλήψεις των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου σχετικά με τη συμμετρία;

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες**

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση (πιλοτική έρευνα), συγκροτήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία και το ερωτηματολόγιο, που εξέταζε τις αντιλήψεις των μαθητών. Στη δεύτερη φάση (κύρια έρευνα), πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε στους μαθητές και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (προ-τεστ και μετά-τεστ).

Στην παρούσα έρευνα το δείγμα της αποτέλεσαν συνολικά 48 μαθητές που φοιτούσαν στην Ε΄ τάξη του δημοτικού σχολείου. Η διδακτική παρέμβαση ολοκληρώθηκε σε οκτώ διδακτικές ώρες.

### **Το «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό και η διδακτική διαδικασία**

Το ενοποιημένο εκπαιδευτικό υλικό, που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, εδράζεται στο ισοζυγισμένο μοντέλο εκπαιδευτικού υλικού (Σκουμπουρδή & Σκουμιός, 2016). Σε αυτό περιλαμβάνονται μονοεπιστημονικές, πολυεπιστημονικές, και διεπιστημονικές δραστηριότητες Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών. Το εκπαιδευτικό υλικό για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία, που συγκροτήθηκε, αποτελείται από τέσσερις ενότητες. Η πρώτη ενότητα εστιάζεται στην ανάκλαση του φωτός, η δεύτερη στα είδωλα, η τρίτη στην έννοια της συμμετρίας και η τέταρτη στην εύρεση του συμμετρικού ενός σχήματος. Το εκπαιδευτικό υλικό κάθε ενότητας σχεδιάστηκε με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών. Για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού κάθε ενότητας χρησιμοποιήθηκε το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E των Bybee et al. (2006), το οποίο περιλαμβάνει τις ακόλουθες πέντε φάσεις: ενεργοποίηση, διερεύνηση, εξήγηση, εφαρμογή και αξιολόγηση.

Σε κάθε ενότητα, στην πρώτη φάση της διδασκαλίας («ενεργοποίηση»), στους μαθητές τέθηκε ένα πρόβλημα, το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις. Οι μαθητές μελέτησαν το πρόβλημα αρχικά ατομικά και κατέγραψαν τις απαντήσεις τους. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Ακολούθησε η συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και η διατύπωση από τους μαθητές ερωτημάτων για έρευνα. Στη δεύτερη φάση της διδασκαλίας («διερεύνηση») οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων, που υπήρχαν στα φύλλα εργασίας τους. Οι ερωτήσεις

ζητούσαν από τους μαθητές να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα, να εκφέρουν υποθέσεις, να αναγνωρίσουν τις μεταβλητές της έρευνας (ανεξάρτητη μεταβλητή, εξαρτημένη μεταβλητή και μεταβλητές ελέγχου), να περιγράψουν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν, να συλλέξουν τα υλικά να εκτελέσουν τα πειράματα και να καταγράψουν τα δεδομένα. Στην τρίτη φάση της διδασκαλίας («εξήγηση») οι μαθητές επεξεργάστηκαν τα δεδομένα και εξήγαγαν συμπεράσματα, τα οποία συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στην τέταρτη φάση («εφαρμογή») οι μαθητές επεξεργάστηκαν νέα προβλήματα διαφορετικά σε σχέση με αυτά που είχαν αρχικά επεξεργαστεί και συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους. Στην πέμπτη φάση («αξιολόγηση») ζητήθηκε από τους μαθητές να μελετήσουν τις αρχικές απαντήσεις τους στο πρόβλημα που είχε τεθεί στην αρχική φάση της διδασκαλίας. Οι μαθητές κλήθηκαν να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις νέες απαντήσεις τους και να συζητήσουν τις όποιες ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις μεταξύ των απαντήσεών τους με τους συμμαθητές τους.

### **Συλλογή δεδομένων**

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο συγκροτήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας. Αρχικά, το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε έξι μαθητές (πιλοτική έρευνα). Πραγματοποιήθηκε μια συζήτηση με τους μαθητές για να εξαχθούν παρατηρήσεις. Επίσης, δόθηκε σε δύο εκπαιδευτικούς και σε δύο ερευνητές, ώστε να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Με βάση τις παρατηρήσεις που επισημάνθηκαν, διαμορφώθηκε το τελικό ερωτηματολόγιο.

Το τελικό ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε περιλάμβανε έξι ερωτήσεις.

Ερώτηση 1: Η ερώτηση αυτή είχε ως στόχο τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για την ανάκλαση του φωτός σε καθρέφτη. Οι μαθητές κλήθηκαν να ζωγραφίσουν ποια είναι η πορεία των φωτεινών ακτινών μετά την πρόσκρουση τους στον καθρέφτη.

Ερώτηση 2: Η ερώτηση αυτή είχε ως στόχο τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για την ανάκλαση του φωτός σε χαρτί. Οι μαθητές κλήθηκαν να ζωγραφίσουν ποια είναι η πορεία του φωτός μετά την πρόσκρουση των φωτεινών ακτινών στο χαρτί.

Ερώτηση 3: Η ερώτηση αυτή είχε ως στόχο τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τον προσδιορισμό του ειδώλου σε επίπεδο κάτοπτρο. Οι μαθητές κλήθηκαν να επιλέξουν ποια από τις τέσσερις δοθείσες εικόνες αντιστοιχεί στην ορθή θέση του ειδώλου.

Ερώτηση 4: Η ερώτηση αυτή είχε ως στόχο τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για την πλευρική αντιστροφή του ειδώλου. Δόθηκε στους μαθητές μία εικόνα, στην οποία φαίνεται το είδωλο ενός ρολογιού στον καθρέφτη. Οι μαθητές κλήθηκαν να επιλέξουν από τις δοθείσες απαντήσεις τι ώρα δείχνει το ρολόι.

Ερώτηση 5: Η ερώτηση αυτή είχε ως στόχο τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για το συμμετρικό ενός σχήματος ως προς άξονα. Δόθηκε στους μαθητές ένα απλό σχέδιο και οι μαθητές κλήθηκαν να ζωγραφίσουν το συμμετρικό του ως προς ένα κατακόρυφο άξονα.



Ερώτηση 6: Η ερώτηση αυτή είχε ως στόχο τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για την εύρεση του άξονα συμμετρίας. Δόθηκαν στους μαθητές διάφορα σχήματα συμμετρικά και μη και οι μαθητές κλήθηκαν να χαράξουν τους άξονες συμμετρίας, όπου αυτοί υπάρχουν.

### Ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Υπολογίσθηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών. Οι απαντήσεις των μαθητών ταξινομήθηκαν σε δύο κατηγορίες: κατάλληλες, εναλλακτικές (ως κατάλληλες θεωρήθηκαν οι απαντήσεις που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ενώ ως εναλλακτικές θεωρήθηκαν οι απαντήσεις που είναι διαφορετικές της σχολικής γνώσης). Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε το τεστ McNemar.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 1 (που αφορούσε στην πορεία των φωτεινών ακτινών μετά την πρόσκρουσή τους στον καθρέφτη) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Προκύπτει ότι μετά τη διδακτική παρέμβαση είναι μεγαλύτερο το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν την κατάλληλη απάντηση συγκριτικά με το αντίστοιχο ποσοστό πριν τη διδακτική παρέμβαση. Με το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $\chi^2=8,1$ ,  $df=1$ ,  $p<0,05$ ).

**Πίνακας 1:** Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 1 πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ |    | Μετά-τεστ |    |
|-----------------------|----------|----|-----------|----|
|                       | f        | %  | f         | %  |
| Κατάλληλες            | 32       | 67 | 42        | 87 |
| Εναλλακτικές          | 16       | 33 | 6         | 13 |

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 2 (που αφορούσε στην πορεία των φωτεινών ακτινών μετά την πρόσκρουσή τους σε χαρτί) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Διαπιστώνεται ότι ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν εναλλακτικές απαντήσεις (66%), μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών πρότεινε την κατάλληλη απάντηση (67%). Με το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων για την πορεία των φωτεινών ακτινών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $\chi^2=14,063$   $df=1$ ,  $p<0,05$ ).

**Πίνακας 2:** Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 2 πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ |    | Μετά-τεστ |    |
|-----------------------|----------|----|-----------|----|
|                       | f        | %  | f         | %  |
| Κατάλληλες            | 16       | 34 | 32        | 67 |
| Εναλλακτικές          | 32       | 66 | 16        | 33 |

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 3 (που αφορούσε στον εντοπισμό του ειδώλου σε καθρέπτη) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Προκύπτει ότι ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση ένα σημαντικό μέρος των μαθητών πρότειναν εναλλακτικές απαντήσεις (34%), μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών πρότεινε την κατάλληλη απάντηση (96%). Με το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $\chi^2=12,071$ ,  $df=1$ ,  $p<0,05$ ).

**Πίνακας 3:** Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 3 πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ |    | Μετά-τεστ |    |
|-----------------------|----------|----|-----------|----|
|                       | f        | %  | f         | %  |
| Κατάλληλες            | 32       | 66 | 46        | 96 |
| Εναλλακτικές          | 16       | 34 | 2         | 4  |

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 4 (που αφορούσε στον προσανατολισμό του ειδώλου) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

**Πίνακας 4:** Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 4 πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ |    | Μετά-τεστ |    |
|-----------------------|----------|----|-----------|----|
|                       | f        | %  | f         | %  |
| Κατάλληλες            | 14       | 29 | 40        | 83 |
| Εναλλακτικές          | 34       | 61 | 8         | 17 |

Διαπιστώνεται ότι ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν εναλλακτικές απαντήσεις (61%), μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών πρότεινε την κατάλληλη απάντηση (83%). Με το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $\chi^2=24,038$ ,  $df=1$ ,  $p<0,05$ ).

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 5 (που αφορούσε στον σχηματισμό του συμμετρικού ενός σκίτσου) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Από τον Πίνακα 5 τεκμαίρεται ότι ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν εναλλακτικές απαντήσεις (75%), μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών πρότεινε την κατάλληλη απάντηση (63%). Με το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $\chi^2=16,056$ ,  $df=1$ ,  $p<0,05$ ).

**Πίνακας 5:** Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 5 πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ |    | Μετά-τεστ |    |
|-----------------------|----------|----|-----------|----|
|                       | f        | %  | F         | %  |
| Κατάλληλες            | 12       | 25 | 30        | 63 |
| Εναλλακτικές          | 36       | 75 | 18        | 37 |

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 6 (που αφορούσε στον προσδιορισμό των αξόνων συμμετρίας) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Προέκυψε ότι ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές δεν ήταν σε θέση να σχεδιάσουν τους άξονες συμμετρίας (65%), μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειονότητα των μαθητών ήταν σε θέση να σχεδιάσει τους άξονες συμμετρίας (58%). Με το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών για τον προσδιορισμό των αξόνων συμμετρίας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $\chi^2=10,083$ ,  $df=1$ ,  $p<0,05$ ).

**Πίνακας 6:** Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 6 πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Κατηγορίες απαντήσεων | Προ-τεστ |    | Μετά-τεστ |    |
|-----------------------|----------|----|-----------|----|
|                       | f        | %  | f         | %  |
| Κατάλληλες            | 16       | 35 | 28        | 58 |
| Εναλλακτικές          | 32       | 65 | 20        | 42 |

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναφορικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία πριν τη διδακτική παρέμβαση, προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές ενεργοποίησαν αντιλήψεις διαφορετικές της σχολικής γνώσης. Αντίθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές ενεργοποίησαν αντιλήψεις που συνάδουν με τη σχολική γνώση για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία. Συγκρίνοντας τις αντιλήψεις των μαθητών για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση προέκυψε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση. Συνεπώς, τα ευρήματα της παρούσας εργασίας καταδεικνύουν ότι η διδακτική

επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών για τη για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία στους μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, μέσω της εφαρμογής μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε, αναδείχθηκε εφικτή. Τα αποτελέσματα αυτά είναι δυνατόν να αποδοθούν στο «ενοποιημένο» εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε (με δραστηριότητες μονοεπιστημονικές, πολυεπιστημονικές και διεπιστημονικές) και στη διδακτική διαδικασία που ακολουθήθηκε (εποικοδομητική διδακτική προσέγγιση).

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν μαθητές δύο τάξεων του δημοτικού σχολείου και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίων και αυτό αποτελεί έναν επιπρόσθετο περιορισμό.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών για την ανάκλαση του φωτός και τη συμμετρία αποκλειστικά πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Είναι αναγκαία η πραγματοποίηση έρευνας που να μελετά την εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Η έρευνα αυτή θα επιτρέψει να αποτυπωθούν οι «νοητικές διαδρομές» των μαθητών και να μελετηθεί η συμβολή των επιμέρους δραστηριοτήτων στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών. Επίσης, κρίνεται αναγκαία η πραγματοποίηση έρευνας για τα ίδια ζητήματα με χρήση μονοεπιστημονικού εκπαιδευτικού υλικού και η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της έρευνας με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Anderson, C.W. & Smith, E.L. (1986). Children's conceptions of light and color: Understanding the role of unseen rays. Research Series No. 166. East Lansing, MI: Institute for Research on Teaching, Michigan State University
- Bagirova, R. E. (2012). Teaching of Symmetry at Mathematics Lessons in the First Forms of Azerbaijan Primary Schools. *Asian Social Science*, 8(3), 285-291.
- Γαγάτσης, Α., & Γάλλη, Ε. (1989). Αντιλήψεις των μαθητών για την ορθογώνια συμμετρία. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 11, 173-207.
- Davis, E. A., Janssen, F. J. M., & van Driel, J. H. (2016) Teachers and science curriculum materials: Where we are and where we need to go. *Studies in Science Education*, 52, 127–160.
- Dolinko, L. (1996). Investigating flags: A multicultural approach. *Teaching Children Mathematics*, 3(4), 186-191.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press
- Ευαγγέλου, Β. Φ., & Κώτσης, Θ. Κ. (2013). Μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Ε΄ Δημοτικού σχετικά με την ανάκλαση του φωτός. Στο Δ. Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ.), Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σ. 292-299). Ανακτήθηκε στις 27 Νοεμβρίου 2013, από <http://www.8sefepet.uth.gr>.
- Fetherstonhaugh, T., & Treagust, D. F. (1992). Students' understanding of light and its properties: Teaching to engender conceptual change. *Science education*, 76(6), 653-672.

- Guesne, E. (1985). Light. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp.10-32). Philadelphia, PA: Open University Press.
- Harris, J. (1998). Using literature to investigate transformations. *Teaching Children Mathematics*, 4(9), 510-513.
- Kim, M. K., & 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.
- Κουτσιούκης, Γ., & Κόλλιας, Β. (2013). Διδακτική της Φυσικής και Διδακτικής της Λογοτεχνίας σε συνέργεια: Διδασκαλία Οπτικής στην Ε΄ Δημοτικού. Στο Δ. Βανουγιός, Σ. Παρασκευόπουλος (Επ.), *8<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σελ. 637-644). Βόλος: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- La Rosa, C., Mayer, M., Patrizi, P. and Vincentini, M. (1984). Commonsense Knowledge in optics: preliminary results of an investigation of the properties of light. *European Journal of Science Education*, 6(4), 387-97.
- Leikin, R., Berman, A., & Zaslavsky, O. (2000). Learning through teaching: The case of symmetry. *Mathematics Education Research Journal*, 12(1), 18-36.
- Marchis, I. (2009). Symmetry and Interculturality. *Acta Didactica Napocensia*, 2(1), 57-62.
- Μέλη, Κ., & Κολιόπουλος, Δ. (2016). Μια καινοτομική αντίληψη για τη διδασκαλία της Φυσικής: ανάκλαση, φύση και διάδοση του φωτός – ο σεληνιακός ανακλαστήρας. Στο Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς, & Χ. Πολάτογλου (Επ.), *Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτικές Προσεγγίσεις και Πειραματική Διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες»* (σελ. 579-587). Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- 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.
- Ng, O.L., & Sinclair, N. (2015). Young children reasoning about symmetry in a dynamic environment. *Mathematics Education*, 47(3), 421-434.
- Saxena, A. B. (1991). The understanding of the properties of light by students in India. *International Journal of Science Education*, 13, 283-290.
- Pfundt, H. & Duit, R. (2006). *Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel, Germany: IPN.
- Σκόδρας, Α., Τριανταφυλλίδης, Τ., Μαρκόπουλος, Χ. (2011). Διδασκαλία της αξονικής συμμετρίας στο Γυμνάσιο με χρήση ΤΠΕ. Στο Χ. Παναγιωτακόπουλος (Επ.), *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»* (σελ. 783-794). Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πάτρας.
- Σκουμπουρδή, Χ., Σκουμιάς, Μ. (2016). Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Στο Μ. Σκουμιάς & Χ. Σκουμπουρδή (Επιμ.), *Πρακτικά 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»* (σελ. 15-52). Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Ρόδος.

# Εννοιολογήσεις μαθητών Στ' τάξης για την ομοιότητα γεωμετρικών σχημάτων και την οπτική μέσω πειραματικής διάταξης που βασίζεται στην αρχή της camera obscura

Γεωργία Μπαμπάτσικου<sup>1</sup>, Τριαντάφυλλος Α. Τριανταφυλλίδης<sup>2</sup> και Στέφανος Ασημόπουλος<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, [mpampats@uth.gr](mailto:mpampats@uth.gr)

<sup>2</sup> Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, [ttriant@uth.gr](mailto:ttriant@uth.gr)

<sup>3</sup> Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, [asimstef@uth.gr](mailto:asimstef@uth.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διεθνείς έρευνες έχουν δείξει ότι οι ιδέες μαθητών<sup>1</sup> σχετικά με την οπτική και τις αναλογίες είναι συχνά ασύμβατες επιστημονικά, παρουσιάζοντας «ανθεκτικότητα» στην αλλαγή ακόμη και μετά από διδασκαλία. Στην εισήγησή μας θα παρουσιάσουμε σταθμούς της εξέλιξης των εννοιολογήσεων οκτώ μαθητών ηλικίας 12 ετών κατά τη συμμετοχή τους σε μια ακολουθία διεπιστημονικών έργων που αφορούσαν την ευθύγραμμη διάδοση φωτεινών ακτίνων για τη διαμόρφωση όμοιων γεωμετρικών σχημάτων. Η εστίαση αφορά στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός, τη φύση του φωτός και την ύπαρξη φωτεινών πηγών, καθώς και στη μετάβαση από την προσθετική στην πολλαπλασιαστική σκέψη, ως στρατηγική για την αναγνώριση και κατασκευή γεωμετρικών σχημάτων με αναλογία. Συνολικά, παρατηρήσαμε βελτίωση των μαθητών ως προς την προσέγγιση των επιστημονικών ιδεών και τα επίπεδα στρατηγικών τους. Η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε είναι το διδακτικό πείραμα.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** λόγοι και αναλογίες, ευθύγραμμη διάδοση φωτός, διεπιστημονικότητα, διδακτικό πείραμα

---

<sup>1</sup> Όπου «μαθητές» εννοούμε ισότιμα «μαθητές και μαθήτριες».

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα έρευνα αποτέλεσε μια πρόταση προσέγγισης της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Ως εργαλείο σύνδεσης των δύο σχολικών αντικειμένων χρησιμοποιήσαμε μια πειραματική διάταξη βασισμένη στις αρχές της camera obscura. Η αρχή στην οποία στηρίζεται η camera obscura αφορά στην ευθύγραμμη διάδοση ακτίνων φωτός μέσα από μία οπή, και είναι κοινή με αυτήν της πειραματικής δραστηριότητας που προτείνεται για την Οπτική στο Τετράδιο Εργασιών που συνοδεύει το σχολικό εγχειρίδιο των μαθητών της Στ' τάξης στο μάθημα των «Φυσικών» (σελ. 149-152). Χρησιμοποιώντας αυτή τη διάταξη εργαστήκαμε με τις έννοιες της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, της φύσης του φωτός και της ύπαρξης των φωτεινών πηγών. Παράλληλα ασχοληθήκαμε με τους λόγους και τις αναλογίες μέσα από τη μεγέθυνση και τη σμίκρυνση γεωμετρικών σχημάτων, όπως αυτά διαμορφώνονταν κάθε φορά μέσα από τα έργα με την πειραματική διάταξη. Η διεπιστημονική προσέγγιση συγγενών κλάδων που εφαρμόσαμε προτείνεται για διδασκαλία με σκοπό τη συνεκτική παρουσίαση της γνώσης και της μεταφοράς της από το ένα σχολικό αντικείμενο στο άλλο. Οι συγκεκριμένες έννοιες περιλαμβάνονται στο ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ των δύο σχολικών αντικειμένων.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Για τις έννοιες της Οπτικής που προαναφέραμε έχει διαπιστωθεί 'αντίσταση' στην αλλαγή των εννοιολογήσεων των μαθητών, μιας και παρά την πρόσκαιρη αποδοχή των επιστημονικών ιδεών από τους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, υπάρχει επιστροφή σε προηγούμενες εναλλακτικές ιδέες (Fetherstonhaugh & Happs, 1988). Αντίστοιχα, και στο πεδίο των Μαθηματικών, έχει παρατηρηθεί δυσκολία από τους μαθητές ως προς τη μεγέθυνση και σμίκρυνση δισδιάστατων σχημάτων. Συνολικά οι λόγοι και οι αναλογίες χωρίζονται σε τέσσερις τύπους προβλημάτων, τα προβλήματα συνδιακύμανσης-συμμεταβολής ποσοτήτων (π.χ. χρήματα προς τεμάχιο), τα προβλήματα μέρους-μέρους-όλου (π.χ. αγόρια, κορίτσια και το σύνολο), τα προβλήματα αντιστοιχίας (π.χ. λουλούδια και βάζα), και τέλος τα προβλήματα μεγέθυνσης και σμίκρυνσης. Οι μαθητές αντιμετωπίζουν τις περισσότερες δυσκολίες στη μεγέθυνση και σμίκρυνση, μη μπορώντας να αντιληφθούν την πολλαπλασιαστική σύγκριση που ενυπάρχει σε αυτά τα έργα (Lamon, 1993).

Ο αναλογικός συλλογισμός αποτελεί θεμέλιο λίθο στο αναλυτικό πρόγραμμα του δημοτικού (Behr, Wachsmuth, Post, & Lesh, 1984). Απαιτεί κατανόηση των πολλαπλασιαστικών σχέσεων μεταξύ ρητών ποσοτήτων, αντίθετα προς τις περισσότερες αριθμητικές έννοιες που είναι από τη φύση τους προσθετικές (Boyer, Levine, & Huttenlocher, 2008), ενώ αναπτύσσεται σε ευρύ χρονικό διάστημα (Jitendra *et al.*, 2009). Ο λόγος είναι ένα διατεταγμένο ζεύγος αριθμών ή μετρήσεων που εκφράζει μια σύγκριση ανάμεσα στους συγκεκριμένους αριθμούς ή τις μετρήσεις, ενώ η αναλογία εκφράζει την ισότητα μεταξύ δύο λόγων. Στην μελέτη των αναλογιών οι λόγοι μπορεί να αφορούν σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς λόγους, ανάλογα δηλαδή αν συγκρίνουμε ποσότητες από τον ίδιο ή διαφορετικούς χώρους μέτρησης (Noelting, 1980). Η γεωμετρία και οι μετρήσεις

αποτελούν πλαίσιο που βοηθά στην ανάπτυξη της κατανόησης των λόγων και αναλογιών, εμπλουτίζοντας την ανάπτυξη των αριθμητικών εννοιών και διεργασιών. Με τις έννοιες του λόγου και της αναλογίας σχετίζονται άμεσα ο πολλαπλασιασμός και η διαίρεση, οι ρητοί αριθμοί, όπως και οι δεκαδικοί αριθμοί (Lo & Watanabe, 1997; Behr *et al.*, 1984). Επιπλέον, αξιολογείται η έννοια της κλίμακας, καθώς αφορά το λόγο μεταξύ της μονάδας μήκους του χάρτη και της μονάδας μήκους στην πραγματικότητα (Ben-Chaim, Keret, & Plany, 2012). Στους λόγους και τις αναλογίες τα έργα που ανατίθενται στους μαθητές, συνήθως, αφορούν την εύρεση μιας ποσότητας  $\chi$ , γνωρίζοντας τις ποσότητες  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$ , στη σχέση  $\alpha/\beta = \gamma/\chi$  ή τον προσδιορισμό της ύπαρξης ή μη αναλογίας μεταξύ των δύο λόγων. Στην περίπτωση που οι απαντήσεις σε αυτά τα έργα δεν αιτιολογούνται, υπάρχει η πιθανότητα υπερεκτίμησης των ικανοτήτων και της κατανόησης των μαθητών, αφού συχνά συμβαίνει να δίνεται σωστή απάντηση η οποία όμως δεν απορρέει από αναλογική συλλογιστική αλλά ενδεχομένως βασίζεται στην αλγοριθμική σχέση των μεγεθών (Tourmiaire & Pulos, 1985).

Για την επίλυση προβλημάτων λόγων και αναλογιών οι μαθητές επιλέγουν διάφορες στρατηγικές. Οι στρατηγικές χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες σύμφωνα με τη Lamou (1993), τις μη εποικοδομητικές και τις εποικοδομητικές, και αντικατοπτρίζουν τον βαθμό κατανόησης των προβλημάτων λόγων και αναλογιών. Στις μη εποικοδομητικές εντάσσονται η αποφυγή, όπου δεν υπάρχει σοβαρή εμπλοκή με το πρόβλημα, η οπτική ή προσθετική στρατηγική, όπου οι μαθητές προσπαθούν να απαντήσουν είτε με δοκιμή και πλάνη είτε προσθέτοντας μήκη είτε επειδή οπτικά διαπιστώνουν ότι έχει υπάρξει μεταβολή, με παράδειγμα έκφρασης «μοιάζει να είναι...». Τελευταία μη εποικοδομητική στρατηγική είναι η κατασκευή μοτίβου, όπου υπάρχει η χρήση λεκτικού ή γραπτού μοτίβου, όπως για παράδειγμα η συμπλήρωση ενός πίνακα που βασίζεται σε μία αλγεβρική σχέση  $x = y \times n$ , όπου το  $y$  μπορεί να είναι το κόστος ενός αντικειμένου και  $n$  διάφορες ποσότητες του αντικειμένου αυτού. Στις εποικοδομητικές στρατηγικές εντάσσεται η προ-αναλογική συλλογιστική, όπου παρατηρούνται ενστικτώδεις δράσεις με νόημα (εικόνες, διαγράμματα, προσομοιώσεις, χειραπτικά υλικά) και μερική σχετική συλλογιστική. Ακολουθεί η ποιοτική αναλογική συλλογιστική, με χρήση σχετικής συλλογιστικής και κατανόηση κάποιων αριθμητικών σχέσεων, και τέλος η ποσοτική αναλογική συλλογιστική, με χρήση αλγεβρικών συμβόλων για αναπαράσταση αναλογιών, με πλήρη κατανόηση συναρτησιακών σχέσεων και σχέσεων τελεστή κλίμακας. Σύμφωνα με τη Lamou (1993), η κυρίαρχη στρατηγική των μαθητών ηλικίας δώδεκα ετών για τη μεγέθυνση και σμίκρυνση σχημάτων είναι η οπτική ή προσθετική στρατηγική.

Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, η επιστημονική αντίληψη για το πώς γίνεται ορατό ένα αντικείμενο είναι δύσκολο να προσεγγιστεί από τους μαθητές, από τα μικρότερα ηλικιακά επίπεδα έως και την τριτοβάθμια εκπαίδευση (Blizak, Chafiqi, & Kendil, 2009). Από τις συνήθειες ασύμβατες επιστημονικά ιδέες μαθητών για τη φωτεινή πηγή σημαντική είναι αυτή που αφορά στην τοποθέτηση της φωτεινής πηγής σε ουδέτερη ή μακρινή θέση μέσα στο χώρο. Συχνά οι μαθητές διατείνονται ότι το φως είναι πανταχού παρόν και δεν προέρχεται από συγκεκριμένη φωτεινή πηγή, ότι «κάτι» μεταφέρεται από



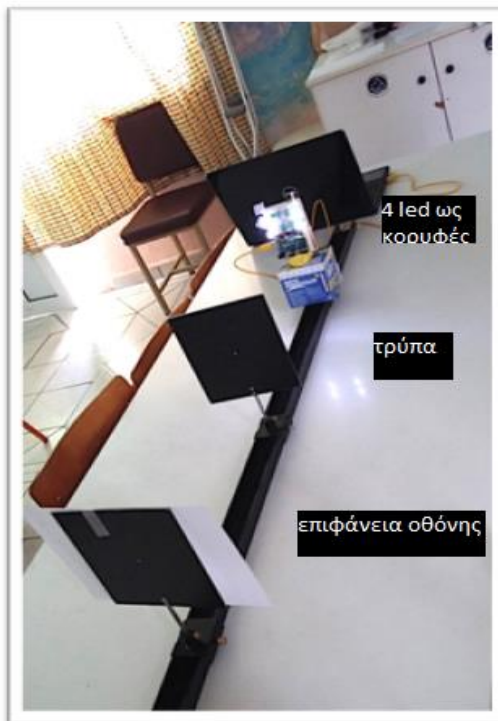
το μάτι προς το αντικείμενο και εν τέλει το δεύτερο γίνεται ορατό ή ότι το φως είναι μια ξεχωριστή οντότητα μεταξύ της πηγής και των αποτελεσμάτων της. Στην περίπτωση που το μάτι έχει ενεργό ρόλο, απεικονίζουν τη διεύθυνση με μια γραμμή από το μάτι προς το αντικείμενο, με ή χωρίς βέλος φοράς (Selley, 1996; Χαλκιά, 2012). Ως εναλλακτική διδακτική προσέγγιση για την οπτική, σε σχέση με την τυπική διδασκαλία, προτείνεται η αλληλεπίδραση μαθητή με μαθητή, τόσο για την ανάδειξη των ιδεών τους όσο και για τη δυνατότητα τροποποίησής αυτών, λόγω των γνωστικών συγκρούσεων που θα προκύψουν από τις ιδέες και τις εμπειρίες τους (Fetherstonhaugh *et al* 1987, Fetherstonhaugh 1990).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν μέσω μιας διδακτικής ακολουθίας διεπιστημονικών δραστηριοτήτων, να αναδείξουμε τις ιδέες των μαθητών σχετικά με την οπτική και την ομοιότητα σχημάτων.

Πιο συγκεκριμένα, θελήσαμε να απαντήσουμε σε δύο ερευνητικά ερωτήματα: α) ποιες είναι οι εννοιολογήσεις των μαθητών ως προς τη φύση του φωτός, την ευθύγραμμη διάδοση και τη φωτεινή πηγή, και ως προς τους λόγους και τις αναλογίες όπως εμφανίζονται στην διερεύνηση όμοιων σχημάτων και β) πώς τροποποιήθηκαν οι εννοιολογήσεις αυτές μέσω της συμμετοχής τους στα συγκεκριμένα έργα. Η μεθοδολογία που επιλέξαμε στην παρούσα έρευνα δανείζεται στοιχεία από το διδακτικό πείραμα, το οποίο εντάσσεται στην κατηγορία των ερευνών σχεδιασμού (Molina, Castro, & Castro, 2007). Η διάταξη που χρησιμοποιήσαμε ως εργαλείο σύνδεσης των δύο γνωστικών αντικειμένων και πραγματοποίησης των πειραμάτων που περιελάμβαναν τα έργα του διδακτικού πειράματος (βλ. Εικόνα 1), αποτελούταν από μια παράλληλη σειρά ενός ορθογώνιου πλέγματος φωτεινών πηγών led, ενός πετάσματος με κυκλική οπή και μίας επίπεδης επιφάνειας πίσω από την οπή, η οποία λειτουργούσε ως οθόνη. Τα τρία αυτά στοιχεία ήταν τοποθετημένα κατακόρυφα σε μία ράγα, με δυνατότητα σχετικής μετακίνησης. Το φως από τα κατ' επιλογήν αναμμένα led, διερχόμενο από την κυκλική οπή του πετάσματος, γινόταν ορατό ως ανεστραμμένο

**Εικόνα 1:** Πειραματική διάταξη



είδωλο στην οθόνη, έχοντας τη μορφή του δισδιάστατου σχήματος που σχηματίζουν τα led, ως κορυφές του γεωμετρικού σχήματος.

Στην έρευνα συμμετείχαν οκτώ μαθητές χωρισμένοι σε τέσσερις δυάδες, καθώς οι μικρές ομάδες βοηθούν τις κοινωνικές διαδικασίες που συμβάλλουν θετικά στη μάθηση. Οι μαθητές ήταν ηλικίας δώδεκα ετών και φοιτούσαν σε ένα 12/θέσιο δημοτικό σχολείο στο αστικό κέντρο της πρωτεύουσας ενός νομού της Θεσσαλίας. Έχοντας εξασφαλίσει έγκαιρα τη συγκατάθεση των γονέων για τη συμμετοχή στην έρευνα, ξεκινήσαμε παρατηρώντας καθημερινά επί μια εβδομάδα το ωρολόγιο πρόγραμμα της τάξης με σκοπό την εξοικείωσή μας με τους συμμετέχοντες. Οι γνωστικές διαφορές μεταξύ των συγκεκριμένων μαθητών δεν ήταν σημαντικές, τόσο ως προς τις Φυσικές Επιστήμες όσο και ως προς τα Μαθηματικά. Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε 7 συναντήσεις με κάθε δύο ζεύγη μαθητών (14 συνολικά συναντήσεις), διάρκειας ενός διδακτικού διώρου η καθεμία.

Στην επιτόπια έρευνα συμμετείχαν η πρώτη συγγραφέας ως ερευνήτρια-δασκάλα, όπως απαιτεί το διδακτικό πείραμα, καθώς και μία 'μη συμμετοχική' παρατηρήτρια η οποία δεν παρενέβαινε στη διδακτική διαδικασία παρά κατέγραφε σημειώσεις πεδίου σε δικό της ερευνητικό ημερολόγιο. Οι διδακτικές συναντήσεις μαγνητοφωνήθηκαν, τόσο κατά τις συζητήσεις στην ολομέλεια, όσο και κατά τη συνεργασία σε κάθε ζευγάρι ξεχωριστά.

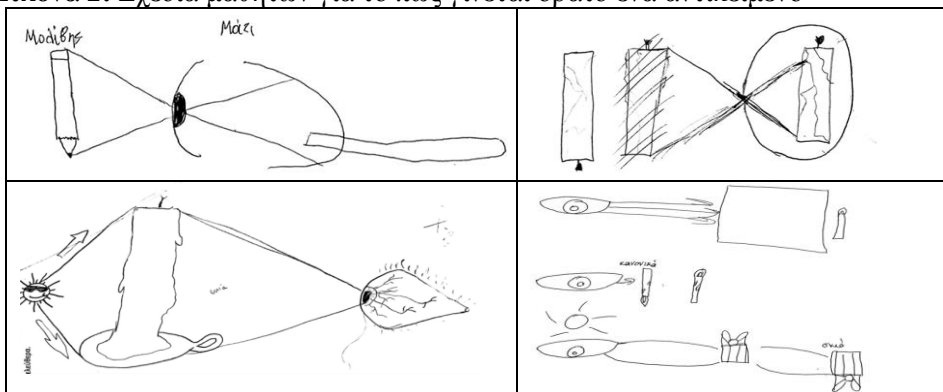
Η πρώτη και η έβδομη συνάντηση (διαγνωστική και τελική αξιολόγηση, αντίστοιχα) αφορούσαν ατομικά έργα που οι μαθητές εκτελούσαν σιωπηλά, συνεπώς σε αυτές τα δεδομένα από τις μαγνητοφωνήσεις είναι λίγα. Ενδιάμεσα πραγματοποιήσαμε πέντε διδακτικές συναντήσεις για τη διδασκαλία των εννοιών. Μετά το τέλος κάθε διδακτικής συνάντησης ακολουθούσε αναστοχαστική συνεδρία με την παρατηρήτρια, όπου εστιάζαμε στις δυσκολίες και την πρόοδο των μαθητών, αλλά και στην ευστοχία του σχεδιασμού του διδακτικού υλικού που είχαμε χρησιμοποιήσει κατά τη συνάντηση. Αναστοχαστικές συνεδρίες πραγματοποιούσαμε επίσης και με τους άλλους δύο συγγραφείς, για την τροποποίηση της διδακτικής πορείας που είχαμε προσχεδιάσει. Τη διδακτική πορεία την είχαμε διαμορφώσει με γνώμονα τη βαθμιαία εξέλιξη των στρατηγικών προς τις εποικοδομητικές και την τροποποιούσαμε προς αυτήν την κατεύθυνση, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες των μαθητών έπειτα από κάθε διδακτική συνάντηση.

Πραγματοποιήσαμε την τριγωνοποίηση των δεδομένων με τις απομαγνητοφωνημένες ηχογραφήσεις των διδακτικών συναντήσεων, τις σημειώσεις πεδίου της ερευνήτριας-δασκάλας και της παρατηρήτριας. Επιπλέον, στα δεδομένα συμπεριλήφθηκαν οι σημειώσεις της ερευνήτριας-δασκάλας από τις αναστοχαστικές συνεδρίες που ακολουθούσαν κάθε διδακτική συνάντηση. Η προσέγγιση ανάλυσης των ποιοτικών δεδομένων ήταν αυτή της ερμηνευτικής φαινομενολογικής ανάλυσης, επιχειρώντας να κατανοήσουμε το νόημα που προσδίδει ο κάθε μαθητής στις εν λόγω έννοιες και πειραματικές διατάξεις (Τσιώλης, 2015). Οι συγκεκριμένοι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί στο πλαίσιο των Αναλυτικών Προγραμμάτων των δύο γνωστικών αντικειμένων τις έννοιες τις οποίες πραγματευτήκαμε.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στη διαγνωστική αξιολόγηση της πρώτης συνάντησης, οι μαθητές παρουσίασαν τον τρόπο με τον οποίο γίνονται ορατά τα αντικείμενα (βλ. παραδείγματα έργων των μαθητών στην Εικόνα 2). Στα σχέδιά τους είναι εμφανές ότι το μάτι διαδραματίζει σημαντικό και κατά ορισμένους ενεργό ρόλο στη διαδικασία μέσω της οποίας γίνονται ορατά τα αντικείμενα. Από τα δύο σχέδια της πρώτης γραμμής απουσιάζει η πηγή φωτός, καθώς ακόμη και το κερί δεν είναι αυτόφωτο αντικείμενο, αφού είναι σχεδιασμένο χωρίς φλόγα. Στο πρώτο σχέδιο της δεύτερης γραμμής υπάρχει ο ήλιος από τον οποίο σύμφωνα με τον μαθητή ξεκινά η σκιά του αντικειμένου που φτάνει στο μάτι. Στο δεύτερο σχέδιο της ίδιας γραμμής υπάρχει ένα μάτι από το οποίο ξεκινούν ακτίνες ευθύγραμμες προς μία επιφάνεια, πίσω από την οποία υπάρχει ένα κερί. Απουσιάζει η πηγή φωτός και ενώ χρησιμοποιεί ως αντικείμενο θέασης ένα αυτόφωτο αντικείμενο (κερί αναμμένο), δε φαίνεται να έχει τη θέση της πηγής φωτός. Στο δεύτερο μέρος του ίδιου σχεδίου απεικονίζεται το ανεστραμμένο είδωλο, με απαρχή το μάτι, από όπου ξεκινά μία ακτίνα. Στο τρίτο μέρος του ίδιου σχεδίου υπάρχει ο ήλιος, ο οποίος όμως είναι σε ουδέτερη θέση και χωρίς εμφανή ενεργό ρόλο στη διαδικασία. Οι γραμμές που έχει τραβήξει δεν έχουν διεύθυνση, και δεν είναι ξεκάθαρο αν πρόκειται για ακτίνες, σκιά ή κάποια οντότητα. Στο συγκεκριμένο σχέδιο φαίνεται να έχει συνδεθεί από το μαθητή το ανεστραμμένο είδωλο με την σκιά του αντικειμένου, την οποία έχει απεικονίσει εμφανώς ανάποδα.

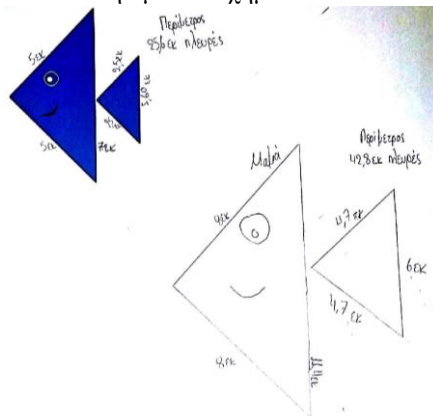
**Εικόνα 2:** Σχέδια μαθητών για το πώς γίνεται ορατό ένα αντικείμενο



Στα έργα της πρώτης διαγνωστικής αξιολόγησης ζητήσαμε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τους γονείς του τριγωνοπαρούλη, λέγοντάς τους ότι θα πρέπει να είναι όμοιοι με αυτόν αλλά μεγαλύτεροι. Οι μαθητές μέτρησαν αυθόρμητα τα μήκη των πλευρών του τριγωνοπαρούλη, διαπιστώνοντας ότι τα τρίγωνα είναι ισοσκελή, δίχως να προβληματιστούν για το μέτρο των γωνιών. Κατά τον σχεδιασμό των γονιών, οι πέντε μαθητές εργάστηκαν χωρίς να τηρήσουν τις σχέσεις αναλογίας των μεγεθών, αλλά

φρόντισαν μόνο ώστε να είναι ισοσκελή τα τρίγωνα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3, όπου τα μέτρα των μηκών έγιναν από 5 σε 8 εκ. για το τρίγωνο του σώματος και από 2,5 σε 4,7 εκ. για το τρίγωνο της ουράς. Οι μαθητές διαπίστωσαν ότι δεν μπορούσαν να ακολουθήσουν το ίδιο μέτρο αύξησης των μηκών κατά τον σχεδιασμό της τρίτης πλευράς των τριγώνων, με αποτέλεσμα να αυξήσουν τα μήκη όσο απαιτούνταν ώστε να σχηματιστούν τα τρίγωνα. Το γεγονός ότι δε διατήρησαν σταθερό το ποσό της αύξησης των σκελών στα δύο τρίγωνα που συναποτελούσαν τον γονιό, υποδηλώνει ότι οι μαθητές ακολούθησαν την οπτική ή προσθετική στρατηγική. Δύο μαθητές σχεδίασαν τον ένα γονιό διπλασιάζοντας τις πλευρές και των δυο τριγώνων, χρησιμοποιώντας τον γνώμονα για να σχεδιάσουν τις ορθές γωνίες. Στον σχεδιασμό του άλλου γονιού όμως εργάστηκαν προσθετικά, ακολουθώντας κι αυτοί την οπτική ή προσθετική στρατηγική. Μόνο ένας μαθητής σχεδίασε πολλαπλασιαστικά και τους δύο γονείς, επιλέγοντας ως τελεστές τους αριθμούς 3 και 2 για τον μπαμπά και τη μαμά αντίστοιχα. Συνοπτικά η πορεία του διδακτικού πειράματος και των ιδεών των μαθητών κατά τις συναντήσεις παρουσιάζεται στον Πίνακα 1:

**Εικόνα 3:** Σχέδιο μαθητή κατά την κατασκευή όμοιων σχημάτων



**Πίνακας 1:** Οι συναντήσεις του διδακτικού πειράματος και η πορεία ιδεών των συμμετεχόντων ως προς τις έννοιες της Φυσικής και των Μαθηματικών

| Πορεία συναντήσεων διδακτικού πειράματος   | Πορεία συνολικών ιδεών των μαθητών   |
|--|--|
| 1 <sup>η</sup> συνάντηση: διαγνωστική αξιολόγηση εννοιών με ατομικές, σιωπηλές δραστηριότητες  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• σύνδεση ρόλου ματιού και εγκεφάλου</li> <li>• εμπλοκή σκιάς στην οπτική, η οποία ξεκινά από το μάτι</li> <li>• απουσία πηγής φωτός</li> <li>• ακτίνες που ξεκινούν από το μάτι</li> <li>• κυρίαρχη η προσθετική στρατηγική, εφαρμογή πολλαπλασιαστικής σκέψης από έναν μόνο μαθητή</li> </ul> |
| 2 <sup>η</sup> συνάντηση: ρόλος ματιού στην οπτική, πηγή φωτός, διατήρηση ή μη ιδιοτήτων σχήματος κατά τη μεγέθυνση/σμίκρυνση με την μετακίνηση της οθόνης | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ταύτιση σκιάς και ακτίνων</li> <li>• απόρριψη ρόλου ματιού</li> <li>• ιδέα για λειτουργία οπής ως αμφιβληστροειδής χιτώνας ή συγκλίνοντας φακός</li> <li>• επικράτηση έννοιας ακτίνων έναντι σκιάς</li> <li>• προσθετική κυρίαξ στρατηγική για σύγκριση όμοιων σχημάτων</li> </ul>            |
| 3 <sup>η</sup> συνάντηση: Ανάδειξη πολλαπλασιαστικής σκέψης στη μεγέθυνση/σμίκρυνση  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• σύγκριση προσθετικής και πολλαπλασιαστικής σκέψης με εφαρμογή πράξεων (αφαίρεση μέτρων των αντίστοιχων μηκών και πλατών, και διαίρεση αντίστοιχα)</li> </ul>  |

- 4<sup>η</sup> συνάντηση: Ενίσχυση πολλαπλασιαστικής σκέψης με όμοια σχήματα και λόγους μηκών-πλατών και εστίαση στη φωτεινή πηγή
- επικράτηση της πολλαπλασιαστικής σκέψης λόγω συνειδητοποίησης ίσων ηλίκων, κατά τη σύγκριση μηκών και πλατών όμοιων σχημάτων
  - άτυπη ανάδειξη εσωτερικών και εξωτερικών λόγων μεταξύ όμοιων σχημάτων
  - χρήση πολλαπλασιασμού και διαίρεσης για σύγκριση σχημάτων
  - επέκταση σε άλλες φωτεινές πηγές του χώρου και σε ετερόφωτα αντικείμενα
- 5<sup>η</sup> συνάντηση: Τα όμοια σχήματα ως απόρροια της ευθύγραμμης διάδοσης
- το κλάσμα και ο λόγος ως εναλλακτικός τρόπος απόδοσης της σχέσης όμοιων σχημάτων
  - υποστήριξη ευθύγραμμης διάδοσης ακτίνων αλλά παλινδρόμηση στον ενεργό ρόλο της οπής (συνάντηση 2)
- 6<sup>η</sup> συνάντηση: Ρόλος οπής και θόνης ως προς τη διάδοση του φωτός, μετασχηματισμοί στο επίπεδο
- ορθός τρόπος γραφής λόγων, με συνειδητοποίηση θέσης αριθμητή και παρονομαστή (βοήθεια από κλίμακα χαρτών)
  - διατήρηση ιδιοτήτων κατά τους μετασχηματισμούς στο επίπεδο
  - αιτιολόγηση ανεστραμμένου αποτελέσματος βάσει της ευθύγραμμης διάδοσης
- 7<sup>η</sup> συνάντηση: Τελική αξιολόγηση εννοιών με ατομικές δραστηριότητες
- συμπερίληψη φωτεινής πηγής
  - απουσία ρόλου ματιού
  - υποστήριξη ευθύγραμμης διάδοσης
  - διατήρηση ιδιοτήτων κατά τη μεγέθυνση/σμίκρυνση
  - εμπλοκή έννοιας εμβαδού
  - λόγοι όμοιων σχημάτων και γραφή τους
- 

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς η αρχή της «ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός» εφαρμοζόταν από τους μαθητές χωρίς συνέχεια, μόνο έξω από την οπή, ενώ για την ερμηνεία της αντιστροφής ειδώλου αναδείχθηκαν διάφορες εξελισσόμενες ιδέες για το ρόλο της τελευταίας. Η αντιστροφή του ειδώλου ήταν προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών, βάσει ενός πειράματος που είχαν πραγματοποιήσει με τον δάσκαλο της τάξης. Βασιζόμενοι σε αυτήν τη γνώση προσπαθούσαν να ερμηνεύσουν τον τρόπο με τον οποίο προκύπτει το ανεστραμμένο είδωλο. Η εννοιολόγηση από πλευράς των μαθητών για τον ενεργό ρόλο της οπής καθώς και για τη μη ευθύγραμμη διάδοση των ακτίνων επιβεβαιώνει τα ευρήματα των Rice & Feher (1987). Αυτό που η συγκεκριμένη έρευνα προσθέτει είναι ότι οι μαθητές *ενέπλεξαν* (ως παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία του φωτός) το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένη η επιφάνεια της οπής, το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένη η επιφάνεια της θόνης, καθώς και το χρώμα των δύο επιφανειών. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών αλλά και με τα έργα στα οποία κλήθηκαν να ανταποκριθούν, στήριξαν τη μετάβαση από τον ενεργό στον μη ενεργό ρόλο της οπής, συμβάλλοντας στην πληρέστερη εφαρμογή της αρχής της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, παρόλο που αυτό

έχει παρατηρηθεί σε λίγους μόνο μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας [Guesné (1984), όπως αναφέρεται στο Osborne *et al.* (1993)].

Στα έργα της διαγνωστικής αξιολόγησης πέντε από τους μαθητές χρησιμοποίησαν την οπτική ή προσθετική στρατηγική, δύο μαθητές την χρησιμοποίησαν εναλλάξ με την πολλαπλασιαστική στρατηγική, ενώ ένας μαθητής χρησιμοποίησε την πολλαπλασιαστική σε όλα τα έργα. Κατά τις διδακτικές συναντήσεις οι μαθητές με μεγαλύτερη ευκολία αναγνώριζαν την αναλογικότητα μεταξύ ορθογωνίων παραλληλογράμμων όταν ο τελεστής ήταν το 2 ή το μισό. Όλοι οι μαθητές επέλεξαν σταθερά τη μεγαλύτερη τιμή στη θέση του διαιρετέου, με αποτέλεσμα να αποδίδουν όλες τις σχέσεις των ορθογωνίων παραλληλογράμμων ως μεγεθύνσεις. Λόγω αυτής της επιλογής τους, όταν το πηλίκο ήταν δεκαδικός αριθμός οι μαθητές δυσκολεύονταν στη διατύπωση της σχέσης, καθώς μετά τη διαίρεση δεν αξιοποιούσαν το πηλίκο για να εκφράσουν τη σχέση αναλογίας μεταξύ των ορθογωνίων παραλληλογράμμων. Παρότι χρησιμοποίησαν τον εσωτερικό και εξωτερικό λόγο των μηκών και των πλατών των ορθογωνίων παραλληλογράμμων, δεν κατάφεραν να αναγνωρίσουν αυτές τους τις ενέργειες ως ιδιότητα των αναλογιών, όπως και να επεκτείνουν τη σχέση αναλογίας μεταξύ άλλων μηκών που αφορούσαν τα σχήματα (π.χ. διαγωνίους). Όπως φάνηκε και από τα έργα της τελικής αξιολόγησης η συλλογιστική των μισών μαθητών παρέμεινε μεταξύ της προσθετικής και πολλαπλασιαστικής στρατηγικής. Οι άλλοι μισοί μαθητές μετέβησαν στην ποιοτική αναλογική συλλογιστική, κάνοντας συνειδητή επιλογή των αριθμητών και των παρονομαστών στους λόγους, ενώ ένας από αυτούς κατάφερε να αποδώσει και ποσοτικά τη σχέση αναλογίας.

Η έρευνα περιορίστηκε σε λίγα επεισόδια με έλλειψη επαρκούς χρονικού διαστήματος μεταξύ τους. Η άρση αυτών των περιορισμών θα επέτρεπε πιο ενδελεχή ανάλυση των ενδιάμεσων δεδομένων, βελτιώνοντας τις διδακτικές επιλογές της επόμενης συνάντησης.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Behr, M. J., Wachsmuth, I., Post, T. R., & Lesh, R. (1984). Order and equivalence of rational numbers: A clinical teaching experiment. *Journal for research in mathematics education*, 323-341.
- Ben-Chaim, D., Keret, Y., & Illany, B. S. (2012). A Mathematical Perspective of Ratio and Proportion. In *Ratio and Proportion* (pp. 23-47). Sense Publishers.
- Blizak, D., Chafiqi, F., & Kendil, D. (2009). Students misconceptions about light in Algeria. In *Education and Training in Optics and Photonics* (p. EMA5). Optical Society of America.
- Boyer, T. W., Levine, S. C., & Huttenlocher, J. (2008). Development of proportional reasoning: where young children go wrong. *Developmental psychology*, 44(5), 1478.
- Fetherstonhaugh, A. R. (1990). Misconceptions and light: A curriculum approach. *Research in Science Education*, 20(1), 105-113.
- Fetherstonhaugh, T., & Happs, J. (1988). Countering fundamental misconceptions about light. *Research in Science Education*, 18(1), 211-219.

- Fetherstonhaugh, A., Happs, J., & Treagust, D. (1987). Student misconceptions about light: a comparative study of prevalent views found in Western Australia, France, New Zealand, Sweden and the United States. *Research in Science Education*, 17(1), 156-164.
- Guesné, E. (1984). Children's ideas about light. In E.J. Wenham (Ed.), *New Trends in Physics Teaching, IV*. Paris, Unesco (pp.179-191).
- Jitendra, A. K., Star, J. R., Starosta, K., Leh, J. M., Sood, S., Caskie, G., & Mack, T. R. (2009). Improving seventh grade students' learning of ratio and proportion: The role of schema-based instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 34(3), 250-264.
- Lamon, S. J. (1993). Ratio and proportion: Connecting content and children's thinking. *Journal for research in mathematics education*, 41-61.
- Lo, J. J., & Watanabe, T. (1997). Developing ratio and proportion schemes: A story of a fifth grader. *Journal for Research in Mathematics Education*, 216-236.
- Molina, M., Castro, E., & Castro, E. (2007). Teaching experiments within design research. *The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, 2(4), 435-440.
- Noelting, G. (1980). The development of proportional reasoning and the ratio concept Part II—problem-structure at successive stages; problem-solving strategies and the mechanism of adaptive restructuring. *Educational Studies in mathematics*, 11(3), 331-363.
- Rice, K., & Feher, E. (1987). Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision. I. *Science Education*, 71(4), 629-639.
- Selley, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.
- Tourniaire, F., & Pulos, S. (1985). Proportional reasoning: A review of the literature. *Educational studies in mathematics*, 16(2), 181-204.
- Τσιώλης, Γ., (2015). Ανάλυση ποιοτικών δεδομένων: διλήμματα, δυνατότητες, διαδικασίες. Στο Πυργιωτάκης, Γ. & Θεοφιλίδης Χρ. (επιμ.) , *Ερευνητική Μεθοδολογία στις Κοινωνικές Επιστήμες και στην Εκπαίδευση. Συμβολή στην επιστημολογική θεωρία και την ερευνητική πράξη* (σελ. 473-498). Αθήνα: Πεδίο
- Χαλκιά, Κρ., (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

# Χρήση Ειδών Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών στο Δημοτικό Σχολείο

**Κωνσταντίνος Καράμπελας<sup>1</sup>, Μαρία Μοσκοφόγλου Χιονίδου<sup>2</sup> και  
Μιχαήλ Σκουμιός<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [kkarampelas@aegean.gr](mailto:kkarampelas@aegean.gr)

<sup>2</sup> ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [mchionidou@gmail.com](mailto:mchionidou@gmail.com)

<sup>3</sup> ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [skoumios@rhodes.aegean.gr](mailto:skoumios@rhodes.aegean.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν διάφορα είδη εκπαιδευτικού υλικού για να πετύχουν τους διδακτικούς στόχους που έχουν θέσει. Η έρευνα που μελετά τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διδασκαλία είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Η εργασία αυτή αποσκοπεί στη μελέτη των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό σχολείο. Πραγματοποιήθηκαν παρακολουθήσεις διδασκαλιών Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών σε δημοτικά σχολεία για 640 διδακτικές ώρες συνολικά και με φύλλα παρατήρησης προσδιορίστηκαν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς. Η ανάλυση των δεδομένων επέτρεψε να προσδιοριστούν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που κυριαρχούν στο σχολικό πλαίσιο και αυτά που χρησιμοποιούνται ελάχιστα. Επιπλέον, μελετήθηκε η ύπαρξη διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *χρήση εκπαιδευτικού υλικού, διδασκαλία Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, δημοτικό σχολείο.*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο της έρευνας που μελετά το εκπαιδευτικό υλικό που αξιοποιείται από τους εκπαιδευτικούς κατά την εκπαιδευτική διαδικασία. Ειδικότερα, επικεντρώνεται στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς του δημοτικού σχολείου κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών.



## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ο όρος εκπαιδευτικό υλικό αναφέρεται σε οτιδήποτε χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία των μαθημάτων και είναι σχεδιασμένο για να εξυπηρετήσει εκπαιδευτικούς σκοπούς (Stein, Remillard & Smith, 2007). Το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικά είδη. Τέτοια είδη μπορεί να είναι συμβατικά, όπως το σχολικό εγχειρίδιο, ο πίνακας, το διαφανοσκόπιο, τα φύλλα εργασίας, οι φωτοτυπημένες σημειώσεις αλλά και τα όργανα και τα διάφορα αντικείμενα. Άλλα είδη εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να είναι προσανατολισμένα τεχνολογικά. Τέτοια μπορεί να είναι ο υπολογιστής, ο διαδραστικός πίνακας, ηχεία, μικρόφωνα, τα εργαλεία τηλεδιάσκεψης. Μπορεί όμως να είναι και προγράμματα και εφαρμογές όπως προσομοιώσεις, δίκτυα κοινωνικής δικτύωσης και ιστοσελίδες διδακτικού περιεχομένου.

Το εκπαιδευτικό υλικό που οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν κατά τη διδασκαλία των μαθημάτων επηρεάζει σημαντικά τη μαθησιακή διαδικασία. Ειδικότερα, επηρεάζει τις γνώσεις των εκπαιδευτικών και τις διδακτικές πρακτικές τους (Parada & Sacristán, 2010). Επίσης, το εκπαιδευτικό υλικό επηρεάζει άμεσα τη μάθηση των μαθητών καθώς οι μαθητές αλληλοεπιδρούν με αυτό (Braswell et al., 2001) αλλά και επηρεάζει έμμεσα τη μάθησή τους μέσω των επιδράσεων του στους εκπαιδευτικούς και τις διδακτικές επιλογές τους (Reys et al., 2003).

Παρά το ευρύ φάσμα των ειδών εκπαιδευτικού υλικού, στη διδακτική πράξη χρησιμοποιείται συνήθως ένα μικρό μέρος αυτού του φάσματος (Davis, 2009). Η επιλογή του είδους του εκπαιδευτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία καθορίζεται από τον εκπαιδευτικό με βάση κάποια κριτήρια.

Τα κριτήρια για την εκτίμηση από τον εκπαιδευτικό της χρησιμότητας ενός είδους εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να είναι διάφορα. Ένα από αυτά τα κριτήρια είναι η ευκολία χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού σε οποιαδήποτε φάση της διδασκαλίας (Wagner et al., 2005). Ένα άλλο κριτήριο σχετίζεται με την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Ο εκπαιδευτικός επιλέγει εκείνο το είδος του εκπαιδευτικού υλικού που θεωρεί ότι θα τον βοηθήσει στο να πετύχει τους διδακτικούς στόχους που έχει θέσει (Keengwe, Onchwari & Wachira, 2008). Ανάλογα λοιπόν με τις απόψεις του για τις δυνατότητες του είδους του εκπαιδευτικού υλικού, ο εκπαιδευτικός αποφασίζει αν θα το αξιοποιήσει διδακτικά (Wagner et al., 2005; Gorder, 2008; Keengwe, Onchwari & Wachira, 2008).

Η χρήση των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού ωστόσο μπορεί να επηρεαστεί και από άλλες παραμέτρους, όπως το γενικότερο πλαίσιο στο οποίο εργάζεται ο εκπαιδευτικός και λειτουργεί η σχολική μονάδα. Το πλαίσιο συσχετίζεται με τους νόμους, τους κανόνες και τις προϋποθέσεις, που καθορίζουν με ποιο τρόπο οφείλει να διδάξει ο εκπαιδευτικός (Comi et al, 2017). Συσχετίζεται επίσης με τις υποδομές ή τη διαθεσιμότητα μέσω των πόρων. Αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν γενικά την απόφαση του εκπαιδευτικού στην οργάνωση της διδασκαλίας (Gorder, 2008).

Το γνωστικό αντικείμενο που διδάσκει επίσης μπορεί να επηρεάσει την απόφαση του εκπαιδευτικού να χρησιμοποιήσει ένα συγκεκριμένο είδος εκπαιδευτικού υλικού. Οι λόγοι γι' αυτό συνδέονται με τις πεποιθήσεις του εκπαιδευτικού, που μπορεί να θεωρεί ότι σε ορισμένα γνωστικά αντικείμενα κάποια είδη εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να είναι

πιο αποτελεσματικά. Μπορεί να συνδέονται όμως και με το γενικότερο πλαίσιο. Τα υλικά και μέσα που διαθέτει το σχολείο μπορεί να θεωρηθούν από τον εκπαιδευτικό ότι είναι χρήσιμα για τη διδασκαλία ενός γνωστικού αντικείμενου (Comi et al., 2017).

Η μελέτη λοιπόν της χρήσης των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές σχετίζονται με τις εκπαιδευτικές υποδομές των σχολείων αλλά και τις γενικότερες απόψεις των εκπαιδευτικών για τα διάφορα είδη εκπαιδευτικού υλικού, τις δυνατότητες αξιοποίησής τους και τις ευκαιρίες που προσφέρουν στον εκπαιδευτικό και στο διδακτικό έργο γενικά και ειδικά σε κάθε γνωστικό αντικείμενο. Έχει επισημανθεί ότι είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η έρευνα που εξετάζει πόσο συχνά οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία (Keengwe, Onchwari & Wachira, 2008).

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Παρά τη σημασία που αποδίδεται στο εκπαιδευτικό υλικό κατά τη διδακτική διαδικασία, η έρευνα που μελετά τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιούνται από τον εκπαιδευτικό κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει διαφοροποίηση στη χρήση των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού ανάλογα με το γνωστικό αντικείμενο (Wagner al., 2005; Gorder, 2008; Comi et al., 2017). Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν με μεγαλύτερη συχνότητα συμβατικά είδη εκπαιδευτικού υλικού όπως το σχολικό εγχειρίδιο, ενώ τα είδη που συσχετίζονται με ψηφιακές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται λιγότερο (Kimmel & Deek, 1995; Wagner al., 2005; Gorder, 2008; Uluyol & Şahin, 2016). Από τη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία προκύπτει ότι στη διδακτική πράξη κυριαρχεί το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό, αφού χρησιμοποιείται ιδιαίτερα συχνά από τους εκπαιδευτικούς, με το σχολικό εγχειρίδιο να αποτελεί συχνά το κύριο μέσο για τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (Fan & Zhu, 2007; Davis, 2009; Horsley, Knight & Huntley, 2010; Knight, 2013; Newton & Newton, 2007; Uluyol & Şahin, 2016). Μάλιστα, οι εκπαιδευτικοί συνήθως ακολουθούν τη σειρά των θεμάτων του σχολικού εγχειριδίου και η διδακτική τους προσέγγιση επηρεάζεται από τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό αυτού του σχολικού εγχειριδίου (Reys et al., 2003; Χιονίδου-Μοσκοφόγλου, 2001; Παπίνος & Χιονίδου-Μοσκοφόγλου, 2010).

Η περιορισμένη έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί στο πεδίο της χρήσης των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτικούς είτε κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών είτε των Φυσικών Επιστημών, εστιάζεται κυρίως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και χρησιμοποιεί ως δεδομένα τις απόψεις των εκπαιδευτικών. Όμως, απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί του δημοτικού σχολείου κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (Fan & Zhu, 2007; Davis, 2009). Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να συγκρίνουν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιούνται στη διδασκαλία των Μαθηματικών με τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιούνται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

## ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των μαθημάτων των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό σχολείο.

Ως επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα τίθενται τα ακόλουθα:

- (α) Ποια είδη εκπαιδευτικού υλικού χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στις Γ', Δ', Ε' και ΣΤ' τάξεις του δημοτικού σχολείου;
- (β) Σε ποιο βαθμό χρησιμοποιούνται, κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στις Γ', Δ', Ε' και ΣΤ' τάξεις του δημοτικού σχολείου, τα διάφορα είδη εκπαιδευτικού υλικού;
- (γ) Υπάρχει διαφοροποίηση στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται στις Γ', Δ', Ε' και ΣΤ' τάξεις του δημοτικού σχολείου ανάμεσα στο μάθημα των Μαθηματικών και στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών;

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Ερευνητική διαδικασία

Η εργασία αυτή συνιστά μια ποσοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ως μέσο συλλογής των δεδομένων την παρατήρηση της εκπαιδευτικής πράξης. Το πλεονέκτημα της παρατήρησης είναι πως επιτρέπει στον ερευνητή να δει ακριβώς πως εργάζεται ο εκπαιδευτικός στη διάρκεια της διδασκαλίας και τι εκπαιδευτικά υλικά χρησιμοποιεί.

Στη συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκαν παρατηρήσεις των διδασκαλιών για τα μαθήματα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών που διεξήγαγαν 160 εκπαιδευτικοί δημοτικών σχολείων. Από αυτούς οι 80 ήταν εκπαιδευτικοί των Γ' και Δ' τάξεων, ενώ οι υπόλοιποι 80 ήταν εκπαιδευτικοί των Ε' και ΣΤ' τάξεων. Σε κάθε τάξη κάθε γνωστικό αντικείμενο παρακολούθηθηκε για δύο διδακτικές ώρες. Συνολικά επομένως έγιναν παρατηρήσεις διδασκαλιών 640 διδακτικών ωρών. Από αυτές οι 160 ήταν στο μάθημα της Μελέτης περιβάλλοντος των Γ' και Δ' τάξεων (κατά τη διδασκαλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών), οι 160 στα Μαθηματικά των Γ' και Δ' τάξεων, οι 160 στις Φυσικές Επιστήμες των Ε' και ΣΤ' τάξεων και οι υπόλοιπες 160 στα Μαθηματικά των Ε' και ΣΤ' τάξεων.

Στη διάρκεια των παρατηρήσεων καταγράφηκαν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούσαν οι εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία τους σε κάθε μάθημα. Πιο συγκεκριμένα, έγινε καταγραφή των ειδών του χρησιμοποιούμενου εκπαιδευτικού υλικού κάθε πέντε λεπτά.

### Συλλογή δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα μέρος του Πρωτοκόλλου Παρακολούθησης Διδακτικών Παραμέτρων (Teaching Dimensions Observation Protocol [TDOP]) που εστιάζεται στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού (Hora, Oleson & Ferrare,

2013; Hora, 2015). Το μέρος αυτό περιλαμβάνει συμβατικά είδη εκπαιδευτικού υλικού όπως το σχολικό βιβλίο, ο πίνακας, το διαφανοσκόπιο, αφίσες, φωτοτυπίες και σημειώσεις, αλλά και τεχνολογικά είδη εκπαιδευτικού υλικού όπως το διαδίκτυο, λογισμικά, οπτικοακουστικό υλικό, υπολογιστής και βιντεοπροβολέας. Για κάθε πεντάλεπτο διάστημα καταγράφηκαν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιήθηκαν κάθε φορά στη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στις τάξεις Γ', Δ', Ε' και ΣΤ' του δημοτικού σχολείου.

### **Ανάλυση δεδομένων**

Υπολογίστηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των πεντάλεπτων κατά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν τα διάφορα είδη του εκπαιδευτικού υλικού στις τάξεις Γ', Δ', Ε' και ΣΤ' του δημοτικού σχολείου κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Για τη μελέτη του ζητήματος της ύπαρξης διαφοροποίησης ανάμεσα στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$ . Ειδικότερα, διερευνήθηκε, μέσω του τεστ  $\chi^2$ , η συσχέτιση ανάμεσα στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού και στο γνωστικό αντικείμενο (Φυσικές Επιστήμες, Μαθηματικά). Ο καθορισμός και η ερμηνεία των συσχετίσεων βασίστηκε στις τιμές του  $\chi^2$  και των τυποποιημένων υπολοίπων (Blalock, 1987).

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

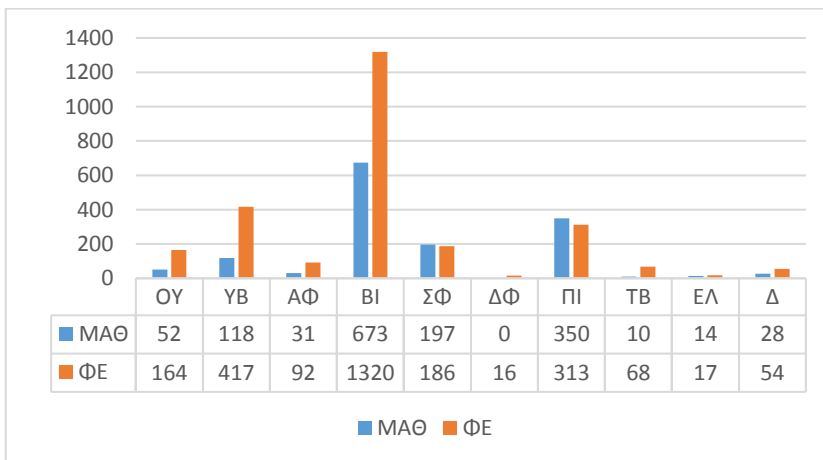
Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών στις τάξεις του δημοτικού σχολείου. Επίσης, στο Γράφημα 1 απεικονίζονται οι συχνότητες χρήσης των ειδών εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά.

Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών χρησιμοποιείται το σύνολο των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού που εξετάστηκαν. Επίσης, προκύπτει ότι κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών χρησιμοποιούνται όλα τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού εκτός από το διαφανοσκόπιο. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν ποικιλία ειδών εκπαιδευτικού υλικού. Αυτό, πιθανόν πιστοποιεί ότι οι εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τη χρησιμότητα του κάθε είδους εκπαιδευτικού υλικού (Kimmel & Deek, 1995; Gorder, 2008; Uluyol & Şahin, 2016).

Αναφορικά με το βαθμό στον οποίο χρησιμοποιούνται τα διάφορα είδη εκπαιδευτικού υλικού διαπιστώνεται ότι κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών κυριαρχεί η χρήση των σχολικών εγχειριδίων (45,83%). Ακολουθεί η χρήση του υπολογιστή με τον βιντεοπροβολέα (14,47%) και του πίνακα (10,87%). Είναι συγκριτικά με τα προηγούμενα περιορισμένη η χρήση σημειώσεων και φωτοτυπιών (6,47%), οργάνων και υλικών (5,7%), αφισών (3,18%) και ταινιών (2,36%). Είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η χρήση άλλων ειδών εκπαιδευτικού υλικού (διαδίκτυο, εκπαιδευτικό λογισμικό).

**Πίνακας 1:** Τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών: συχνότητες και ποσοστά.

| Είδη εκπαιδευτικού υλικού            | Φυσικές Επιστήμες |       | Μαθηματικά |       |
|--------------------------------------|-------------------|-------|------------|-------|
|                                      | f                 | %     | f          | %     |
| Όργανα και υλικά (ΟΥ)                | 164               | 5,70  | 52         | 1,81  |
| Υπολογιστής και βιντεοπροβολέας (ΥΒ) | 417               | 14,47 | 118        | 4,09  |
| Αφίσες (ΑΦ)                          | 92                | 3,18  | 31         | 1,07  |
| Βιβλία (ΒΙ)                          | 1320              | 45,83 | 673        | 23,38 |
| Σημειώσεις, φωτοτυπίες (ΣΦ)          | 186               | 6,47  | 197        | 6,85  |
| Διαφανοσκόπιο (ΔΦ)                   | 16                | 0,54  | 0          | 0,00  |
| Πίνακας (ΠΙ)                         | 313               | 10,87 | 350        | 12,16 |
| Ταινίες/ βίντεο (ΤΒ)                 | 68                | 2,36  | 10         | 0,36  |
| Εκπαιδευτικό λογισμικό (ΕΛ)          | 17                | 0,59  | 14         | 0,47  |
| Διαδίκτυο (Δ)                        | 54                | 1,89  | 28         | 0,96  |

**Γράφημα 1:** Συχνότητες χρήσης ειδών εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά.

Από τον Πίνακα 1 διαπιστώνεται ότι κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών κυριαρχεί και πάλι η χρήση των σχολικών εγχειριδίων (23,38%). Ακολουθεί η χρήση του του πίνακα (12,16%), των σημειώσεων και φωτοτυπιών (6,85%) και του υπολογιστή με τον βιντεοπροβολέα (4,09%). Είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η χρήση άλλων ειδών εκπαιδευτικού υλικού (ταινίες, διαδίκτυο, εκπαιδευτικό λογισμικό).

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι τόσο κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, όσο και κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών κυριαρχεί η χρήση των

*σχολικών εγχειριδίων*. Η διαπίστωση αυτή συνάδει με τα ευρήματα ερευνών από τα οποία έχει προκύψει ότι τα σχολικά εγχειρίδια αποτελούν το βασικό μέσο διδασκαλίας των μαθημάτων (Fan & Zhu, 2007; Davis, 2009; Horsley, Knight & Huntley, 2010; Knight, 2013; Martínez-Gracia et al., 2006; Newton & Newton, 2007; Uluyol & Şahin, 2016). Πέραν των σχολικών εγχειριδίων και στα δύο γνωστικά αντικείμενα συχνή είναι η χρήση του πίνακα, αλλά και των σημειώσεων ή των φωτοτυπιών. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι κυριαρχεί η χρήση των «συμβατικών» ειδών εκπαιδευτικού υλικού. Αντίθετα, και στα δύο γνωστικά αντικείμενα φαίνεται να είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών, όπως είναι το διαδίκτυο και τα εκπαιδευτικά λογισμικά. Το εύρημα αυτό είναι σε συμφωνία με διαπιστώσεις άλλων ερευνών (Davis, 2009; Kimmel & Deek, 1995; Wagner et al., 2005; Gorder, 2008; Uluyol & Şahin, 2016).

**Πίνακας 2:** Οι συχνότητες χρήσης των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

| Είδη εκπαιδευτικού υλικού       | Φυσικές Επιστήμες | Μαθηματικά     |
|---------------------------------|-------------------|----------------|
| Όργανα και υλικά                | 164<br>[+1,51]    | 52<br>[-2,18]  |
| Υπολογιστής και βιντεοπροβολέας | 417<br>[+2,95]    | 118<br>[-4,24] |
| Αφίσες                          | 92<br>[+0,99]     | 31<br>[-1,42]  |
| Βιβλία και φωτοτυπίες           | 1506<br>[-2,43]   | 870<br>[+3,5]  |
| Βίντεο και Διαδίκτυο            | 122<br>[+1,35]    | 38<br>[-1,95]  |

Ωστόσο, πέραν των παραπάνω τάσεων αναφορικά με τη χρήση των ειδών εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών, εμφανίζονται και διαφοροποιήσεις. Μάλιστα, προκύπτει η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης [ $\chi^2=60,49$ ,  $df=4$ ,  $p<0,0001$ ] ανάμεσα στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού και στη διδασκαλία των γνωστικών αντικειμένων (Φυσικών Επιστημών, Μαθηματικών). Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στις ακόλουθες τάσεις (βλ. Πίνακα 2):

(α) ο υπολογιστής και ο βιντεοπροβολέας τείνουν να χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και όχι των Μαθηματικών,  
 (β) τα σχολικά εγχειρίδια και οι φωτοτυπίες τείνουν να χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών και όχι των Φυσικών Επιστημών και  
 (γ) τα όργανα και τα υλικά τείνουν να μην χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών.

Οι διαφοροποιήσεις στη χρήση των ειδών του εκπαιδευτικού υλικού είναι δυνατόν να αποδοθούν σε επιστημολογικά θέματα διδασκαλίας των δύο γνωστικών

αντικειμένων. Στη διδασκαλία των Μαθηματικών κυρίως χρησιμοποιείται το σχολικό εγχειρίδιο και οι φωτοτυπίες που ετοιμάζουν οι δάσκαλοι/λες αφού οι μαθητές /τριες κατά κύριο λόγο επιλύουν ασκήσεις και προβλήματα και δεν εμπλέκονται σε βιωματικές παιγνιώδεις δραστηριότητες οι οποίες δίνουν νόημα και σημασία στις μαθηματικές έννοιες αλλά και κατά κανόνα διευκολύνουν την προσωποποιημένη μαθησιακή διαδικασία. Αντίθετα, στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών κυρίως χρησιμοποιούνται ο υπολογιστής για παρουσιάσεις αλλά και όργανα και υλικά για την πραγματοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με τη συγκεκριμένη εργασία, επιχειρήθηκε ο προσδιορισμός των ειδών εκπαιδευτικού υλικού, που αξιοποιούνται στα γνωστικά αντικείμενα των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών στις μεσαίες και μεγάλες τάξεις του Δημοτικού Σχολείου, καθώς επίσης και η μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των δύο αυτών γνωστικών αντικειμένων.

Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι τόσο κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών όσο και κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών χρησιμοποιούνται ποικίλα είδη εκπαιδευτικού υλικού. Όμως, δεν χρησιμοποιούνται όλα τα είδη στον ίδιο βαθμό. Προέκυψε ότι τόσο κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών όσο και των Μαθηματικών τα σχολικά εγχειρίδια κυριαρχούν. Επίσης, σε σχετικά μεγάλο βαθμό χρησιμοποιούνται ο πίνακας, οι σημειώσεις και οι φωτοτυπίες καθώς επίσης και οι παρουσιάσεις μέσω υπολογιστή, ενώ είναι *ιδιαίτερα περιορισμένη η χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και διαδικτύου*. Ωστόσο, προέκυψαν και διαφοροποιήσεις στα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται ανάμεσα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών. Ειδικότερα, προέκυψε ότι οι παρουσιάσεις μέσω υπολογιστή τείνουν να χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, ενώ τα σχολικά εγχειρίδια και οι φωτοτυπίες τείνουν να χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών. Η εργασία αυτή συνεισφέρει στην έρευνα για τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού στη διδασκαλία, καθώς αναδεικνύει με τα ευρήματά της ποια είδη εκπαιδευτικού υλικού χρησιμοποιούνται και σε ποιο βαθμό, καθώς επίσης και τις διαφοροποιήσεις στη χρήση εκπαιδευτικού υλικού ανάμεσα στη διδασκαλία των Φυσικών και των Μαθηματικών, ζητήματα για τα οποία δεν υπήρχαν ερευνητικά δεδομένα.

Στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε παρατήρηση της διδακτικής πράξης ορισμένων μόνο εκπαιδευτικών που εργάζονταν σε σχολεία μιας μόνο γεωγραφικής περιοχής και για μικρό χρονικό διάστημα (δύο διδακτικών ωρών για κάθε εκπαιδευτικό) και αυτά αποτελούν περιορισμούς σε σχέση με τα αποτελέσματα της, και κατά συνέπεια τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δεν μπορούν να γενικευτούν.

Απαιτείται περεταίρω έρευνα προκειμένου να διερευνηθούν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία μέσω παρατήρησης της διδακτικής πράξης για αρκετές ώρες σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα εκπαιδευτικών διαφόρων περιοχών της επικράτειας. Επίσης, προτείνεται να μελετηθούν τα είδη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούνται από εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας

εκπαίδευσης κατά τη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών και να συγκριθούν τα αποτελέσματα της έρευνας με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Blalock, H. M., (1987). *Social statistics*. McGraw-Hill: Singapore.
- Braswell, J. S., Lutkus, A. D., Grigg, W. S., Santapau, S. L., Tay-Lim, B., & Johnson, M. (2001). *The nation's report card: Mathematics 2000*. Washington, DC: United States Department of Education, Office of Educational Research and Improvement.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K., (2013). *Research Methods in Education*. 7th ed. London: Routledge.
- Comi, S. L., Argentin, G., Gui, M., Origo, F. & Pagani, L. (2017). Is it the way they use it? Teachers, ICT and student achievement. *Economics of Education Review*, 56, 24–39.
- Davis, J. D. (2009). Understanding the influence of two mathematics textbooks on prospective secondary teachers' knowledge. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 12(5), 365-389.
- Eady, M. J. & Lockyer, L. (2013). '*Tools for learning: technology and teaching strategies', learning to teach in the primary school*, Queensland University of Technology. pp. 71.: <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1413&context=asdpapers>.
- Fan, L., & Zhu, Y. (2007). Representation of problem-solving procedures: A comparative look at China, Singapore, and US mathematics textbooks. *Educational Studies in Mathematics*, 66(1), 61-75.
- Gentry, C. G. (1995). Educational technology: A question of meaning. In G. Anglin (Ed.), *Instructional technology: Past, present, and future*, (pp. 1-9). Englewood, CO: Libraries Unlimited.
- Gorder, L. M. (2008). A study of teacher perceptions of instructional technology integration in the classroom. *The Journal of Research in Business Education*, 50(2), 63.
- Hora, M. T. (2015). Toward a descriptive science of teaching: How the TDOP illuminates the multidimensional nature of active learning in postsecondary classrooms. *Science Education*, 99(5), 783-818.
- Hora, M. T., Oleson, A., & Ferrare, J. J. (2013). *Teaching dimensions observation protocol (TDOP) user's manual*. Madison: Wisconsin Center for Education Research.
- Horsley, M., Knight, B. A., & Huntly, H. (2010). *The role of textbooks and other teaching and learning resources in higher education in Australia: Change and continuity in supporting learning*. International Association for Research on Textbooks and Education (IARTEM) e-Journal, 3, 43–61.
- Kennewell, S. & Beauchamp, G. (2003) The influence of a technology-rich classroom environment on elementary teachers' pedagogy and children's learning, *Young Children and Learning Technologies: Conferences in Research and Practice in Information Technology*, 34, 65–70.



- Keengwe, J., Onchwari, G., & Wachira, P. (2008). Computer technology integration and student learning: Barriers and promise. *Journal of Science Education and Technology*, 17(6), 560-565.
- Kimmel, H., & Deek, F. E. (1995). Instructional technology: A tool or a panacea? *Journal of Science Education and Technology*, 4(4), 327-332.
- Knight, B. A. (2013). *Textbooks in the digital age*. In The Twelfth International Conference on textbooks and educational media (IARTEM), Ostrava, Czech Republic
- Law, N. (2009). Mathematics and science teachers' pedagogical orientations and their use of ICT in teaching. *Education and Information Technologies*, 14(4), 309-323.
- 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.
- Newton, D. P., & Newton, L. D. (2007). Could elementary mathematics textbooks help give attention to reasons in the classroom? *Educational Studies in Mathematics*, 64(1), 69-84.
- 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.), *PME 34* (Vol. 4, pp. 25-32). Belo Horizonte, Brazil: PME.
- Πιπίνος, Γ., & Χιονίδου-Μοσκοφόγλου, Μ. (2010). Συστηματική αποτύπωση Διδακτικών Προσεγγίσεων σε Τάξεις Μαθηματικών του Δημοτικού Σχολείου από φοιτητές/τριες Παιδαγωγικού Τμήματος. Έρευνα στην Διδακτική των Μαθηματικών (ENEΔΙΜ) 5, 67-87
- Reys, R., Reys, B., Lapan, R., Holliday, G., & Wasman, D. (2003). Assessing the Impact of "Standards"-Based Middle Grades Mathematics Curriculum Materials on Student Achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 34(1), 74-95
- Stein, M. K., Remillard, J., & Smith, M. S. (2007). How curriculum influences student learning. In Lester, F. K. Jr. (Ed.). *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (Vol. 1, pp. 319-369). Charlotte, NC: Information Age.
- Swift, L. & Piff, T., (2014). *Quantitative Methods for Business, Management & Finance*. (4th ed.) Palgrave. Macmillan.
- Uluyol, Ç. & Şahin, S. (2016). Elementary school teachers' ICT use in the classroom and their motivators for using ICT. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 65-75.
- Wagner, D., Day, B., James, T., Kozma, R. B., Miller, J., & Unwin, T. (2005). *Monitoring and evaluation of ICT in education projects. A handbook for developing countries*. Washington DC: InfoDev/World Bank.
- Χιονίδου-Μοσκοφόγλου, Μ. (2001). Απόψεις των εκπαιδευτικών για την πορεία ανάπτυξης της διδασκαλίας μέσα από τα σχολικά εγχειρίδια των Μαθηματικών. *Μέντορας*, 3, 82-106.

# Συνέπειες της έρευνας του John Hattie στην ανάπτυξη και στη χρήση εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά

Δημήτριος Σιδηρόπουλος

Συντονιστής Εκπαιδευτικού Έργου, Περιφερειακή Διεύθυνση Π.Ε & Δ.Ε Κεντρικής Μακεδονίας, [dimsid@edlit.auth.gr](mailto:dimsid@edlit.auth.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα της έρευνας του John Hattie και στις συνέπειες, που αυτά έχουν στην ανάπτυξη και χρήση του εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά. Ο Hattie επεξεργάστηκε 1.400 μετα-αναλύσεις 80.000 εκπαιδευτικών ερευνών στις οποίες συμμετείχαν περισσότεροι από 300 εκατομμύρια μαθητές (Hattie, 2009; Glass, 1978) με κύριο σκοπό να διερευνήσει το μέγεθος επίδρασης καθενός από 250 επιμέρους παράγοντες στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία (Kelley & Preacher, 2012). Όλοι οι παράγοντες κατηγοριοποιήθηκαν σε έξι περιοχές, που ήταν οι μαθητές, οι εκπαιδευτικοί, η οικογένεια, το σχολείο, τα προγράμματα σπουδών, οι στρατηγικές διδασκαλίας. Σύμφωνα με τον Hattie οι εκπαιδευτικοί επιδρούσαν θετικά στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία, όταν: α) παρέμβαιναν άμεσα για να υποστηρίξουν την αλλαγή του τρόπου σκέψης των μαθητών, β) δρούσαν με υπευθυνότητα, ορθολογικότητα και ενεργητικότητα, γ) αναπτύσσαν θετικές κοινωνικές σχέσεις με τους μαθητές, γ) είχαν επίγνωση των κοινωνικο-γνωστικών περιορισμών των μαθητών, δ) ενίσχυαν την αυτοεκτίμηση, την αυτο-αποτελεσματικότητα και τα κίνητρα των μαθητών, ε) παρείχαν συνεχή και εμπειριστατωμένη ανατροφοδότηση στους μαθητές, στ) έκαναν χρήση αποτελεσματικών στρατηγικών διδασκαλίας στη βάση αξιόπιστων και έγκυρων επιστημονικών μελετών. Τα αποτελέσματα της έρευνας του Hattie χρειάζεται να ληφθούν υπόψη τόσο από τους αρμόδιους δημόσιους εκπαιδευτικούς φορείς και τα στελέχη παιδαγωγικής καθοδήγησης, όσο και από τους εκπαιδευτικούς της σχολικής τάξης στην ανάπτυξη και χρήση του εκπαιδευτικού υλικού στο υφιστάμενο πλαίσιο λειτουργίας της σχολικής τάξης στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** εκπαιδευτικό υλικό, John Hattie, σχολική επιτυχία, επιδραστικοί παράγοντες μάθησης.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Ο John Hattie κατέταξε κατά φθίνουσα σειρά 250 παράγοντες με κριτήριο το μέγεθος επίδρασής τους στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία. Ο Hattie συμπέρανε πως το μέσο μέγεθος επίδρασης κάθε παράγοντα, ανεξαρτήτως της περιοχής που ανήκε ήταν 0.40. Συνακόλουθα ένας παράγοντας μάθησης είχε στατιστικά σημαντική επίδραση στη περίπτωση, που είχε μεγαλύτερη τιμή από 0.40 και έτεινε προς το 1.30.

Σύμφωνα με το Hattie οι μαθητές έχουν υψηλές σχολικές επιδόσεις, όταν: α) συμπεριφέρονται με ενεργητικότητα και συνεργατικότητα κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, β) εμπλέκονται στη λήψη αποφάσεων για τη θέση κριτηρίων επιτυχίας, γ) έχουν υψηλότερες προσδοκίες για μάθηση και επίδοση, δ) είναι ανοιχτοί σε διαφορετικούς τρόπους απόκτησης της γνώσης και επίλυσης προβλημάτων, ε) επιδεικνύουν δέσμευση και αφοσίωση στην εκτέλεση των καθηκόντων τους, στ) θέτουν νέους και πιο απαιτητικούς μαθησιακούς στόχους, ζ) αναζητούν τακτική ανατροφοδότηση για να βελτιώσουν το επίπεδο της κατανόησής τους, η) αναπτύσσουν θετική αυτοεκτίμηση και υψηλή αυτο-αποτελεσματικότητα, θ) είναι εξοικειωμένοι σε διαδικασίες αυτο-παρατήρησης και κριτικού αναστοχασμού.

## **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του John Hattie η περιοχή «εκπαιδευτικοί» είχε τη μεγαλύτερη επίδραση στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία, συγκριτικά με τις άλλες περιοχές (μαθητές, οικογένεια, σχολείο, πρόγραμμα σπουδών, στρατηγικές διδασκαλίας). Για να συμβεί αυτό χρειάζεται οι εκπαιδευτικοί: α) να αναδεικνύουν την αξία της μάθησης, β) να διερευνούν τις πρότερες γνώσεις και εμπειρίες των μαθητών προκειμένου να ενισχύσουν τον κοινωνικο-γνωστικό εποικοδομισμό τους, γ) να έχουν ξεκάθαρους διδακτικούς στόχους και σαφή κριτήρια επιτυχίας, που συν-διαμορφώνουν και μοιράζονται με τους μαθητές, δ) να έχουν επίγνωση της ετοιμότητας των μαθητών για να αποκτήσουν γνωστικές και μετα-γνωστικές δεξιότητες, ε) να παρέχουν στους μαθητές πολλαπλές ευκαιρίες για να αναπτύξουν προσωπικές στρατηγικές μάθησης και ανακάλυψης, στ) να διαμορφώνουν τη διδασκαλία σε μια αλληλεπιδραστική και ενδιαφέρουσα εμπειρία για όλους τους εμπλεκόμενους, ζ) να αναπροσαρμόζουν κριτικά τη διδασκαλία τους μέσω της (αυτο)αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των στρατηγικών διδασκαλίας, η) να καθοδηγούν τους μαθητές άμεσα και χωρίς διδακτισμό αναφορικά με τις εκπαιδευτικές τους ανάγκες (Hattie, 2012).

## **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

Ο Hattie βρήκε στην έρευνά του πως το μέγεθος επίδρασης των εκπαιδευτικών στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία σχετιζόταν περισσότερο με την ποιότητα της διδασκαλίας, τις σχέσεις μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών και τις διδακτικές στρατηγικές και λιγότερο με τις ατομικές προσδοκίες και την επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών. Σύμφωνα με το John Hattie οι μαθητές αξιολογούσαν ως ποιοτική μια διδασκαλία, όταν διαπίστωναν πως οι εκπαιδευτικοί: α) είχαν θέσει σαφείς στόχους και διατηρούσαν υψηλές προσδοκίες, β) κινητοποιούσαν τους μαθητές για να αναγνωρίσουν

την αξία του γνωστικού αντικειμένου, γ) εξασκούσαν τους μαθητές στον κριτικό αναστοχασμό της φύσης και της ποιότητας των εργασιών τους, δ) υποστήριζαν τους μαθητές στην κατανόηση και χρήση εξειδικευμένου επιστημονικού λεξιλογίου, ε) έκαναν ευρεία χρήση βιωματικών και συνεργατικών διδακτικών στρατηγικών, στ) δρούσαν προληπτικά στη διαχείριση αποκλινοσών συμπεριφορών, ζ) έθεταν απαιτητικούς στόχους που περιέγραφαν με ακρίβεια τις γνώσεις, τις συμπεριφορές και τις αξίες που οι μαθητές αναμενόταν να αποκτήσουν στο τέλος της εκπαιδευτικής διαδικασίας

Με βάση τα παραπάνω ερευνητικά ευρήματα του Hattie το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών χρειάζεται να συμπεριλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, που να αναδεικνύουν τη σπουδαιότητα του διδακτικού περιεχομένου στην καθημερινή ζωή των μαθητών, που να προάγουν τη μεταγνώση, να ενισχύουν τη βιωματική και συνεργατική μάθηση και να στοχεύουν στην απόκτηση επιστημονικού λεξιλογίου από τους μαθητές.

### **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του John Hattie τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών, που επιδρούσαν σημαντικά στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία κατά φθίνουσα σειρά μεγέθους επίδρασης ήταν τα εξής: α) ο έγκαιρος εντοπισμός των μαθητών με συμπεριφοριστικές δυσκολίες (μέγεθος επίδρασης 1.42), β) η σωστή εκτίμηση των εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων υπό τις υφιστάμενες συνθήκες του σχολικού πλαισίου (μέγεθος επίδρασης 1.29), γ) ο αντικειμενικός προσδιορισμός των αποκλινοσών συμπεριφορών (μέγεθος επίδρασης 0.91), γ) η εκδήλωση αξιοπιστίας ως προς το σχεδιασμό, την υλοποίηση και την (αυτο)αξιολόγηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (μέγεθος επίδρασης 0.90), δ) η απτή αναγνώριση και θετική ενίσχυση των πρότυπων συμπεριφορών (μέγεθος επίδρασης 0.82), ε) η σαφήνεια του σχεδίου εκπαιδευτικών δράσεων (μέγεθος επίδρασης 0.75), στ) η προληπτική και άμεση διαχείριση συμπεριφοριστικών προβλημάτων (μέγεθος επίδρασης 0.62).

Ως συνέπεια το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών χρειάζεται να δίνει τα κατάλληλα μεθοδολογικά εργαλεία διαγνωστικής και ενδιάμεσης αξιολόγησης προκειμένου οι εκπαιδευτικοί να έχουν μια όσο το δυνατόν πιο έγκαιρη, επιστημονική και εμπειριστατωμένη γνώση του μαθητικού δυναμικού της σχολικής τάξης αναφορικά τόσο με τις συμπεριφορικές και μαθησιακές δυσκολίες, όσο και με τα αναμενόμενα εκπαιδευτικά αποτελέσματα.

### **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ, ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ**

Σύμφωνα με το Hattie η σαφής διατύπωση των διδακτικών στόχων από τους εκπαιδευτικούς είχε μέγεθος επίδρασης (0.58) στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία. Ως συνέπεια το εκπαιδευτικό υλικό χρειάζεται να περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, στις οποίες οι εκπαιδευτικοί θα χρειάζεται να διατυπώνουν με σαφήνεια και καθαρότητα τους διδακτικούς στόχους της διδασκαλίας τους. Στην έρευνά του ο John Hattie βρήκε ότι η ανατροφοδότηση που παρέχουν οι εκπαιδευτικοί είχε ένα μέγεθος

επίδρασης (0.73) στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία, αφού έτσι οι μαθητές ενισχύουν την αυτογνωσία τους αναφορικά με την πορεία μάθησής τους και οι εκπαιδευτικοί έχουν όλα τα απαραίτητα δεδομένα για να επανασχεδιάσουν τις διδακτικές τους παρεμβάσεις.

Ως συνέπεια το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών χρειάζεται να περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, μέσω των οποίων οι μαθητές θα εξασκούνται στην αυτοαξιολόγηση και στη συνεχή αναζήτηση ανατροφοδότησης από τους εκπαιδευτικούς και τα υπόλοιπα μέλη της σχολικής ομάδας.

### **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

Ο Hattie βρήκε στην έρευνά του πως οι εκπαιδευτικοί συνέβαλαν θετικά στη μάθηση και σχολική επιτυχία των μαθητών, στο βαθμό που: α) έκαναν ορθολογική χρήση μέσων/αντικειμένων διδασκαλίας και τεχνολογιών, β) ενέπλεκαν τους μαθητές στη λήψη αποφάσεων, γ) εφάρμοζαν γνωστικές στρατηγικές μάθησης (συνδέσεις, διατύπωση ερωτήσεων, περιήληψη, συνθέσεις, οπτικοποιήσεις) στην ανάγνωση, στην παραγωγή γραπτού λόγου, δ) εξασκούσαν τους μαθητές στη μελέτη επιστημονικών κειμένων και στην επιχειρηματολογία, ε) παράγονταν προϊόντα μάθησης που κοινοποιούνταν στην ομάδα της σχολικής τάξης και τη σχολική/τοπική κοινότητα. Αυτό επιτυγχάνονταν, όταν οι εκπαιδευτικοί όχι μόνο επέλεγαν τις πιο αποτελεσματικές διδακτικές στρατηγικές, αλλά ταυτοχρόνως κατανοούσαν τις συνδέσεις και τις μεταξύ τους αλληλοεπιδράσεις. Επίσης ο Hattie βρήκε ότι οι στρατηγικές διδασκαλίας, που έδιναν έμφαση στους διδακτικούς στόχους, στα κριτήρια επιτυχίας και στην παροχή θετικής ανατροφοδότησης και στις οποίες οι εκπαιδευτικοί είχαν έναν ενεργό παρά ένα διευκολυντικό ρόλο, ήταν περισσότερο αποτελεσματικές

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του John Hattie οι διδακτικές στρατηγικές κατά φθίνουσα σειρά μεγέθους επίδρασης στη σχολική επιτυχία είναι οι εξής: α) η γνωστική ανάλυση έργου, όπου γίνεται προσδιορισμός των γνωστικών δεξιοτήτων και απαιτήσεων (μέγεθος επίδρασης (1.29), β) η χρήση νοητικών σκαλωσιών (μέγεθος επίδρασης (0.82), δ) η επίλυση προβλημάτων (εύρεση δεδομένων, εκτίμηση/επιλογή εναλλακτικών λύσεων) (μέγεθος επίδρασης (0.68), ε) η μοντελοποίηση (μέγεθος επίδρασης (0.60), στ) η εργασία σε υπο-ομάδες (μέγεθος επίδρασης (0.55)). Ως συνέπεια το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών χρειάζεται να περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, στις οποίες οι εκπαιδευτικοί θα υλοποιούν με συνέπεια και μεθοδικότητα τις παραπάνω διδακτικές στρατηγικές. Από τα παραπάνω αναδύεται ως εκπαιδευτική προτεραιότητα η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στα προγράμματα ενδο-υπηρεσιακής κατάρτισης στην αποτελεσματική εφαρμογή των αναφερόμενων στρατηγικών διδασκαλίας στην καθημερινή εκπαιδευτική διαδικασία.

### **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΜΑΘΗΣΕΩΝ**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του Hattie το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύσσουν και κάνουν χρήση οι εκπαιδευτικοί κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας είναι σκόπιμο να περιλαμβάνει στοιχεία τόσο της «επιφανειακής μάθησης», που ενισχύουν την αναπαραγωγή, την αναγνώριση και την ανάκληση πληροφοριών και

γεγονότων, όσο και στοιχεία της σε βάθος μάθησης, που προάγουν τον κοινωνικο-γνωστικό οικοδομισμό ιδεών και εννοιών. Ως αποτέλεσμα οι μαθητές θα έχουν υψηλότερες επιδόσεις στις κάθε είδους τυπικές αξιολογήσεις του σχολείου (Marton & Säljö, 1976) και θα καταστούν περισσότερο ικανοί να μεταφέρουν τις αποκτημένες γνώσεις και εμπειρίες σε ποικίλες, αυθεντικές περιστάσεις της καθημερινής τους ζωής (Wiggins & McTighe, 2008). Ως προς την επίτευξη των παραπάνω στόχων, το εκπαιδευτικό υλικό χρειάζεται να εμπλέκει ενεργά τους εκπαιδευτικούς προκειμένου αυτοί να κάνουν χρήση στρατηγικών διδασκαλίας που βοηθούν τους μαθητές να αποκτήσουν τόσο «επιφανειακή», όσο και σε βάθος μάθηση του διδακτικού περιεχομένου του γνωστικού αντικειμένου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του John Hattie οι διδακτικές στρατηγικές για την επίτευξη της επιφανειακής μάθησης κατά φθίνουσα σειρά μεγέθους επίδρασης στη σχολική επιτυχία ήταν οι εξής: α) η μνημονική ανάκληση πρότερων γνώσεων (μέγεθος επίδρασης 0,67), β) η ο εμπλουτισμός του επιστημονικού λεξιλογίου (ταξινομήσεις, λέξεις-κλειδιά, κάρτες λέξεων με μνημονικές εικόνες, σκαλοπάτια για επαναφορά περιεχομένου) (μέγεθος επίδρασης 0,67), γ) η κατανόηση κειμένου στη βάση του συγκείμενου (μέγεθος επίδρασης 0,60), δ) η προφορική/γραπτή περίληψη (μέγεθος επίδρασης 0,59). Οι διδακτικές στρατηγικές για την επίτευξη της σε βάθος μάθησης κατά φθίνουσα σειρά επίδρασης στη σχολική επιτυχία ήταν οι εξής: α) η διαλεκτική συζήτηση (μέγεθος επίδρασης 0,82), β) η αμοιβαία διδασκαλία (επισκόπηση κειμένου, πρόβλεψη περιεχομένου, θέση ερωτήσεων κατανόησης, διασαφήνιση εννοιών, κριτική ανάγνωση, παράφραση, ανασκόπηση) (μέγεθος επίδρασης 0,74), γ) το μεταγινώσκειν (αυτορρύθμιση, οργανωτικός επανα-σχεδιασμός, αυτοπαρατήρηση, κριτικός αναστοχασμός) (μέγεθος επίδρασης 0,69), δ) η εννοιολογική χαρτογράφηση ιδεών με συνδυασμό από σχήματα, χρώματα, εικόνες, κείμενο, ήχο (νοητικοί χάρτες, εννοιολογικοί χάρτες) (μέγεθος επίδρασης 0,60).

## **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ**

Ο Hattie βρήκε στη ερευνητική του εργασία πως η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών (μέσω της συμμετοχής τους σε προγράμματα ενδο-υπηρεσιακής κατάρτισης και επιμόρφωσης) είχε μέγεθος επίδρασης (0,41) στη μάθηση και σχολική επιτυχία των μαθητών. Μάλιστα όπως επεσήμανε ο John Hattie τα παραπάνω επιμορφωτικά προγράμματα θα είχαν τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα υπό τις εξής βασικές προϋποθέσεις: α) η χρονική διάρκεια των προγραμμάτων είναι μακρά και περιοδική, β) οι εκπαιδευτές είναι εξωτερικοί ειδικοί εμπειρογνώμονες, γ) οι εκπαιδευτές προάγουν πέραν της επιφανειακής την σε βάθος μάθηση, δ) οι εκπαιδευόμενοι έχουν ικανό χρόνο για πρακτική εξάσκηση, δ) οι εκπαιδευτικοί μετασχηματίζουν κριτικά τις παγιωμένες δυσλειτουργικές κοινωνικο-γνωστικές και διδακτικές τους παραδοχές, ε) η εκπαιδευτική διοίκηση υποστηρίζει ποικιλοτρόπως την υλοποίηση των ανωτέρων προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης. Ο Hattie υποστήριξε ότι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος για τη βελτίωση των διδακτικών δεξιοτήτων των εκπαιδευτικών

ήταν η μικρο-διδασκαλία (μέγεθος επίδρασης (0.88). Αυτό συνδέεται με το γεγονός πως οι εκπαιδευτικοί που κάνουν τη μικροδιδασκαλία στο πλαίσιο ενός ελεγχόμενου και κατάλληλα διαμορφωμένου περιβάλλοντος εξοικειώνονται με την αυτο-αξιολόγηση και λαμβάνουν θετική ανατροφοδότηση από την ομάδα των συν-εκπαιδευομένων εκπαιδευτικών (Masats & Dooly, 2011).

Με βάση τα παραπάνω ερευνητικά αποτελέσματα κρίνεται σημαντικό το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών χρειάζεται να περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, στις οποίες οι μαθητές θα έχουν αναλάβει να κάνουν παρουσιάσεις ατομικών ή ομαδικών εργασιών, υπό τη μορφή σχεδίων δράσης (projects), στην ολομέλεια της σχολικής τάξης. Οι αναφερόμενες μαθησιακές δραστηριότητες χρειάζεται να υλοποιούνται ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους, να ενισχύουν της σε βάθος μάθηση και να περιλαμβάνουν δράσεις εμπειρικής μάθησης και πρακτικής εξάσκησης στο πεδίο.

## **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΩΝ**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του Hattie οι θετικές σχέσεις μεταξύ των εκπαιδευτικών και των μαθητών είχαν μέγεθος επίδρασης στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία (0.87). Οι θετικές σχέσεις μεταξύ των συμμαθητών είχαν μέγεθος επίδρασης (0.53). Ως προς την οικοδόμηση ενός ευνοϊκού κλίματος για την ανάπτυξη θετικών σχέσεων μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων στην εκπαιδευτική διαδικασία ο Hattie υποστήριξε ότι αμφότερα τα μέλη της σχολικής ομάδας χρειάζεται να αποκτήσουν βασικές κοινωνικές και συναισθηματικές δεξιότητες, όπως: α) να ακροώνται ενεργητικά, β) να έχουν ενσυναίσθηση των μαθησιακών και συναισθηματικών δυσκολιών όλων των μελών της ομάδας, γ) να έχουν θετική αυτοεκτίμηση για τον εαυτό τους, δ) να αποφασίζουν σε συνεργασία για τα κριτήρια αξιολόγησης και σχολικής επιτυχίας. Επίσης ο John Hattie βρήκε στην έρευνά του πως οι εκπαιδευτικοί που είχαν αναπτύξει θετικές σχέσεις με τους μαθητές τους είχαν υψηλότερες προσδοκίες, εφαρμόζαν στρατηγικές διαφοροποιημένης διδασκαλίας, έβρισκαν ποικίλους τρόπους για να τους υποστηρίξουν και να αναδείξουν τα ιδιαίτερα χαρίσματα και τα προσωπικά τους επιτεύγματα κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας..

Με βάση τα παραπάνω ερευνητικά αποτελέσματα κρίνεται σημαντικό το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών να μην περιορίζεται στη μάθηση του διδακτικού περιεχομένου του γνωστικού αντικείμενου, αλλά να συμπεριλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, που να προάγουν τις σχέσεις αλληλεγγύης, συνυπευθυνότητας και αλληλοσεβασμού μεταξύ των εκπαιδευτικών και των μαθητών μέσω της απόκτησης βασικών κοινωνικών και συναισθηματικών δεξιοτήτων, όπως είναι η επικοινωνία, η επίλυση συγκρούσεων, η ανάπτυξη της αυτογνωσίας, η συνεργατικότητα, και η παροχή θετικής ανατροφοδότησης.

## **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του Hattie τα προγράμματα σπουδών κατά φθίνουσα σειρά μεγέθους επίδρασης στη μάθηση και σχολική επιτυχία ήταν τα εξής: α) τα εννοιολογικά προγράμματα σπουδών για τους χαρισματικούς μαθητές (μέγεθος επίδρασης (0.99), β) τα επαναλαμβανόμενα προγράμματα σπουδών για τη βελτίωση του γλωσσικού εγγραμματισμού (μέγεθος επίδρασης (0.75), γ) τα προγράμματα για την ανάπτυξη της δημιουργικότητας των μαθητών, που έδιναν έμφαση στην άμεση και εξατομικευμένη διδασκαλία (μέγεθος επίδρασης (0.62), δ) τα προγράμματα σπουδών για τη γλώσσα, στα οποία η ανάγνωση διδασκόταν με φωνήματα μέγεθος επίδρασης (0.60), ε) τα εξειδικευμένα προγράμματα για την ανάπτυξη της μαθηματικής σκέψης (μέγεθος επίδρασης (0.59), ε) τα προγράμματα, που περιλάμβαναν θετικές ελεύθερες δραστηριότητες σε εξωτερικούς χώρους (μέγεθος επίδρασης (0.50), στ) τα διαθεματικά προγράμματα σπουδών (μέγεθος επίδρασης (0.47). Μολονότι τα εξειδικευμένα προγράμματα σπουδών βρέθηκε στην έρευνα του John Hattie πως ήταν μαθησιακά ωφέλιμα για τους μαθητές, τα κανονικά προγράμματα σπουδών δεν είχαν καμιά σημαντική επίδραση στη σχολική επιτυχία. Έτσι τα προγράμματα σπουδών για τη Γλώσσα, στα οποία η ανάγνωση διδασκόταν στις πρώτες δυο τάξεις του Δημοτικού Σχολείου αποκλειστικά μέσω πλαισιωμένων δραστηριοτήτων είχε μηδενικό μέγεθος επίδρασης (0.06) στη μάθηση και σχολική επιτυχία.

Ως συνέπεια το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών στα κανονικά προγράμματα σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης χρειάζεται να περιλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, οι οποίες εμπιέρονται στο εκπαιδευτικό υλικό προγραμμάτων σπουδών με υψηλές μαθησιακές απαιτήσεις με σκοπό τη γνωστική επιτάχυνση των μαθητών, όπως είναι τα εννοιολογικά προγράμματα για χαρισματικούς μαθητές, και σε διαφοροποιημένα προγράμματα σπουδών με εξειδικευμένο περιεχόμενο και εναλλακτικές διδακτικές στρατηγικές, όπως είναι τα προγράμματα σπουδών με σκοπό την ανάπτυξη της δημιουργικότητας και τη βελτίωση του γλωσσικού εγγραμματισμού και της μαθηματικής σκέψης.

## **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΑΘΗΤΩΝ**

Ο Hattie βρήκε στη ερευνητική του μελέτη ότι όλοι οι μαθητές μπορούν να επιτύχουν καλύτερα εκπαιδευτικά αποτελέσματα, όταν οι εκπαιδευτικοί ενισχύουν τα κίνητρά τους για ανακάλυψη, μάθηση και ανοιχτή σκέψη σε νέες εμπειρίες και ταυτοχρόνως αποφεύγουν να τους δημιουργούν συναισθήματα άγχους και πίεσης για υψηλές σχολικές επιδόσεις. Σύμφωνα με τον John Hattie οι μαθητές με τις τα καλύτερα εκπαιδευτικά αποτελέσματα είχαν διαμορφώσει τα εξής ατομικά χαρακτηριστικά: α) είχαν υψηλή αυτο-αποτελεσματικότητα στην ολοκλήρωση ενός κοινωνικογνωστικού έργου (μέγεθος επίδρασης (0.92), β) είχαν αναπτύξει εσωτερικά κίνητρα για μάθηση και κοινωνικογνωστικό μετασηματισμό (μέγεθος επίδρασης (0.69), γ) είχαν μεγάλη συγκέντρωση και επιμονή στην ολοκλήρωση των εργασιών τους (μέγεθος επίδρασης (0.56), δ) αντιλαμβάνονταν την αξία της μάθησης και της μόρφωσης στην καθημερινή



τους ζωή (μέγεθος επίδρασης (0.46), ε) είχαν υψηλή αυτοεκτίμηση για τον εαυτό τους (μέγεθος επίδρασης (0.41).

Ως συνέπια κρίνεται απαραίτητο το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών να μην περιορίζεται στο διδακτικό περιεχόμενο, αλλά να συμπεριλαμβάνει εξειδικευμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες, που να βελτιώνουν τις γνωστικές και μεταγνωστικές δεξιότητες των μαθητών, όπως είναι η αυτο-αποτελεσματικότητα, η ανάπτυξη κινήτρων, η στοχο-προσήλωση στο έργο και η ενίσχυση της αυτοεκτίμησης.

## **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΓΟΝΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας του Hattie το κοινωνικό και επαγγελματικό επίπεδο των γονέων είχε μέγεθος επίδρασης (0.52). στη μάθηση και σχολική επιτυχία Η επίδραση του κοινωνικο-επαγγελματικού επιπέδου των γονέων ήταν μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της προσχολικής και της πρωτο-σχολικής ηλικίας των μαθητών (μέγεθος επίδρασης (0.44). Αυτό συνέβαινε επειδή οι γονείς: α) εκδήλωναν μια θετική διάθεση για μάθηση (μέγεθος επίδραση 0.52), β) εμπλέκονταν τακτικά με τα παιδιά τους σε διαλεκτικές συζητήσεις κατά την εκτέλεση αλληλεπιδραστικών κατ' οίκον εργασιών (μέγεθος επίδρασης (0.50), γ) κατείχαν σε υψηλό επίπεδο τη σχολική γλώσσα και συνακόλουθα μπορούσαν να υποστηρίξουν περισσότερο αποτελεσματικά τη μάθηση των παιδιών τους (μέγεθος επίδρασης (0.48). Ως αποτέλεσμα οι γονείς από ανώτερα κοινωνικοοικονομικά στρώματα είχαν υψηλότερες προσδοκίες, αποτελεσματική επικοινωνία και εμπλέκονταν στην εκτέλεση των καθηκόντων των παιδιών τους, τα οποία ήδη από την εισοδό τους στο σχολείο γνώριζαν έναν διπλάσιο αριθμό λέξεων συγκριτικά με τους μαθητές που προέρχονταν από κατώτερα κοινωνικο-οικονομικά στρώματα. Ο Hattie υποστήριξε ότι οι γονείς χρειάζεται να αυξήσουν το χρόνο που αφιερώνουν στα παιδιά τους για να τα μαθαίνουν εξειδικευμένες δεξιότητες εγγραμματισμού (μέγεθος επίδρασης (1.15), να τα ακροώνται και να αφηγούνται ιστορίες (μέγεθος επίδρασης (0.51).

Ως συνέπια χρειάζεται το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών να συμπεριλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, όπου οι γονείς να κινητοποιούνται προκειμένου να εμπλέκονται σε διαλεκτικές συζητήσεις, στην εκτέλεση κατ' οίκον εργασιών εγγραμματισμού, στην ενεργητική ακρόαση και στην αφήγηση ιστοριών στα παιδιά τους προκειμένου αυτά να αναπτύξουν εσωτερικά κίνητρα για μάθηση και να βελτιώσουν το επίπεδο της σχολικής γλώσσας.

## **ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Ο Hattie βρήκε στην ερευνητική του εργασία ότι συγκεκριμένοι παράγοντες είχαν ένα μεγαλύτερο συγκριτικά με άλλους παράγοντες μέγεθος επίδρασης στη μάθηση και στη σχολική επιτυχία. Στη βάση των αποτελεσμάτων της έρευνάς του Hattie, το εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και των Μαθηματικών είναι παιδαγωγικά σκόπιμο να αναπτύσσεται με τρόπο που να ευνοεί τους παράγοντες με το μεγαλύτερο μέγεθος επίδρασης (Hattie & Anderman, 2013).

Έτσι το εκπαιδευτικό υλικό χρειάζεται να παρέχει τον απαιτούμενο διδακτικό χρόνο ώστε οι μαθητές να δηλώνουν με τρόπο απτό και κατανοητό τις μαθησιακές και κοινωνικο-ψυχολογικές τους ανάγκες (Clark & Linn, 2003) και να λαμβάνουν ανάλογη θετική ανατροφοδότηση από τους εκπαιδευτικούς (Hatti & Timperley, 2007). Επίσης χρειάζεται το εκπαιδευτικό υλικό να εμπειριέχει δραστηριότητες από προγράμματα σπουδών με υψηλές γνωστικές απαιτήσεις (della Chiesa, Cristoph & Hinton, 2009), καθώς και να εμπλέκει τους μαθητές στη θέση των μαθησιακών στόχων, των κριτηρίων επιτυχίας και στον κριτικό αναστοχασμό των εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων (Dunlosky, et. al., 2013)

Επιπροσθέτως, το εκπαιδευτικό υλικό δεν θα πρέπει να περιορίζεται στη διδασκαλία του περιεχομένου του γνωστικού αντικείμενου, αλλά να συμπεριλαμβάνει εκπαιδευτικές δραστηριότητες, οι οποίες ενισχύουν τις σχέσεις μεταξύ των εκπαιδευτικών και των μαθητών και βοηθούν τα μέλη της σχολικής ομάδας να αποκτήσουν βασικές κοινωνικές και συναισθηματικές δεξιότητες σχέσεων, όπως είναι ενεργητική ακρόαση, η ενσυναϊψηση, η έγνοια και η θετική εκτίμηση για τους άλλους. Έτσι θα δημιουργούνταν ένα σχολικό περιβάλλον, όπου εκπαιδευτικοί και μαθητές υιοθετούν εναλλακτικά σενάρια σκέψης, μετασχηματίζουν δυσλειτουργικές πρακτικές, λαμβάνουν αποφάσεις με ρίσκο, κάνουν λάθη και μαθαίνουν από αυτά.

## **ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

Με βάση τα παραπάνω χρειάζεται τόσο οι αρμόδιοι δημόσιοι εκπαιδευτικοί φορείς, όπως είναι το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής και τα Περιφερειακά Κέντρα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού (ΠΕ.Κ.Ε.Σ.), τα οποία σχεδιάζουν και αναπτύσσουν το προτεινόμενο εκπαιδευτικό υλικό των Φυσικών Επιστημών και Μαθηματικών, όσο και οι εκπαιδευτικοί που κάνουν χρήση του παραπάνω υλικού, να διαγάγουν ένα γόνιμο δημόσιο διάλογο μεταξύ τους αναφορικά με το βαθμό που αμφότεροι λαμβάνουν υπόψη κατά την εκτέλεση των καθηκόντων τα αναφερόμενα έγκυρα και αξιόπιστα αποτελέσματα της έρευνας του John Hattie.

Στην περίπτωση δε που διαπιστώσουν, ότι αυτό δεν έγινε μέχρι σήμερα, να λάβουν όλες εκείνες τις θεσμικές πρωτοβουλίες, που κρίνονται απαραίτητες ώστε να πραγματοποιηθούν άμεσες και ριζοσπαστικές αλλαγές στο υφιστάμενο πλαίσιο ανάπτυξης και χρήσης του εκπαιδευτικού υλικού (Hattie, Brown & Keegan, 2005). Ως προς αυτό το σκοπό θα χρειαστεί οι εκπαιδευτικοί να υποστηριχθούν (με συνεπή και μεθοδικό τρόπο) για να συμμετέχουν σε μακράς διάρκειας και περιοδικής συχνότητας βιωματικά επιμορφωτικά προγράμματα προκειμένου να καταστούν περισσότερο παιδαγωγικά και διδακτικά επαρκείς, αφού ο ρόλος τους παραμένει κρίσιμος και αναντικατάστατος για τη μάθηση και διδασκαλία (Wenglinsky, & Silverstein, 2006). Επίσης χρειάζεται οι εκπαιδευτικοί να μπαίνουν ως κριτικά σκεπτόμενοι επαγγελματίες σε μια διαδικασία μετασχηματισμού των παγιωμένων δυσλειτουργικών παιδαγωγικών τους θεωρήσεων, διδακτικών πρακτικών και κοινωνικο-γνωστικών συμπεριφορών, με γνώμονα τα ευρήματα της έρευνας του Hattie ως προς την ανάπτυξη και τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού (Thompson & Pascal, 2012). Έτσι η Πολιτεία και οι εκπαιδευτικοί

θα έχουν συμβάλει θετικά στην άμβλυνση των υφισταμένων ανισοτήτων στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, αφού όλοι οι μαθητές ανεξαρτήτως κοινωνικής και πολιτισμικής καταγωγής θα επιτύχουν καλύτερα εκπαιδευτικά αποτελέσματα στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά (Hattie, Biggs & Purdie, 1996).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Clark, D. & Linn, M. (2003). Designing for knowledge integration: The impact of instructional time. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 451-493.
- Della Chiesa, B., Cristoph, V. & Hinton, C. (2009). How many brains does it take to build a new light: Knowledge management challenges to a transdisciplinary project. *Mind, Brain, and Education*, 3(1), 17-26.
- Dunlosky, J., Rawson, K., Marsh, E., Nathan, M. & Willingham, D. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58.
- Hattie, J. (2009). Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London, UK: Routledge.
- Hattie, J. (2012). Visible learning for teachers. London, UK: Routledge.
- Hattie, J. & Anderman, E. (2013). *International guide to student achievement*. New York, NY: Routledge.
- Hattie, J. Biggs, J. & Purdie, N. (1996). Effects of learning skills interventions on student learning: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66(2), 99-136.
- Hattie, J., Brown, G. & Keegan, P. (2005). A national teacher-managed, curriculum-based assessment system: Assessment tools for teaching & learning (asTTle). *International Journal of Learning*, 10, 770-778.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Glass, G. (1978). Integrating findings: The meta-analysis of research. *Review of Research in Education*, 5, 351-379.
- Kelley, K. & Preacher, K. (2012). On effect size. *Psychological Methods*, 17(2), 137-152.
- Thompson, N. & Pascal, J. (2012). Developing critically reflective practice. *Reflective Practice: International and Multidisciplinary Perspectives*, 13(2), 311-325.
- Wenglinsky, H. & Silverstein, S. (2006). The science training teachers need. *Educational Leadership*, 64(4), 24-29.
- Wiggins, G. & McTighe, J. (2008). Put understanding first. *Educational Leadership*, 65(8), 36-41.

## *Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Μαθηματικών*

---

# Ανάπτυξη και εφαρμογή διαφοροποιημένου παιχνιδιού, ‘Φιδάκι’, σε παιδιά με τύφλωση

Αρχοντούλα Αρβανιτάκη<sup>1</sup> και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Εκπαιδευτικός Ειδικής Αγωγής, psempv16002@aegean.gr  
<sup>2</sup> Καθηγήτρια, ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kara@aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η χρήση επιτραπέζιων παιχνιδιών ως εκπαιδευτικών υλικών κατά τη διδασκαλία των μαθητών με τύφλωση είναι το ίδιο σημαντική και βοηθητική με αυτή των βλέπόντων μαθητών. Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε ένα διαφοροποιημένο, με βάση τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες των παιδιών με τύφλωση, επιτραπέζιο παιχνίδι ‘Φιδάκι’, το οποίο εφαρμόστηκε σε τυφλά παιδιά, με σκοπό να διερευνηθεί η επίδρασή του στην προσέγγιση διαστάσεων της έννοιας του αριθμού και της πρόσθεσης. Από την εφαρμογή του παιχνιδιού φάνηκε ότι μέσα από ένα ειδικά σχεδιασμένο εκπαιδευτικό παιχνίδι οι μαθητές με τύφλωση μπορούν να έρθουν σ’ επαφή με διαφορετικά υλικά, να προσεγγίσουν μαθηματικές έννοιες και να αναπτυχθούν κοινωνικά και συναισθηματικά.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *Διαφοροποιημένο επιτραπέζιο παιχνίδι, Παιδιά με τύφλωση, Αριθμός, Πρόσθεση.*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μάθηση των μαθηματικών εννοιών απαιτεί την εμπλοκή και δράση του παιδιού σε ένα περιβάλλον μαθηματικής εμπειρίας. Το περιβάλλον αυτό είναι ένα σύνολο υλικών και νοητικών προϋποθέσεων, ειδικά σχεδιασμένων για κάθε έννοια, τα οποία δημιουργούν τις απαραίτητες συνθήκες για την προσέγγιση των εννοιών που επιδιώκουμε. Επιπλέον, για τα παιδιά με τύφλωση η προσέγγιση των μαθηματικών εννοιών απαιτεί ειδικές γνώσεις, πρόγραμμα και εξοπλισμό, όπως και προσαρμογές υλικών και μεθόδων (Μπουρμά, 2014). Το παιχνίδι, ως το πλαίσιο με ουσιώδη συνεισφορά στον νοητικό, τον κοινωνικό, τον συναισθηματικό, τον πολιτισμικό, καθώς και τον ψυχολογικό τομέα, μπορεί να ενταχθεί στον εκπαιδευτικό σχεδιασμό ως πλαίσιο κατάλληλο για την υποστήριξη των μαθηματικών δραστηριοτήτων, αλλά και ως αυτόνομη δραστηριότητα (Σκουμπουρδή, 2015), ακόμα και για τα παιδιά με τύφλωση.

Με αφορμή τα παραπάνω στοιχεία, στη συγκεκριμένη εργασία αναπτύχθηκε ένα διαφοροποιημένο, με βάση τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες των παιδιών με τύφλωση, επιτραπέζιο παιχνίδι ‘Φιδάκι’ το οποίο εφαρμόστηκε σε τυφλά παιδιά, με σκοπό να διερευνηθεί η επίδρασή του στην προσέγγιση διαστάσεων της έννοιας του αριθμού

(διάταξη αριθμών, πληθικότητα, τακτικότητα) και της πρόσθεσης (τρόπος εκτέλεσης της πρόσθεσης). Το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε ήταν το εξής: Ποιες γνωστικές δεξιότητες αναπτύσσονται μέσω του συγκεκριμένου παιχνιδιού στα παιδιά με τύφλωση;

## **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

### **Επιτραπέζιο παιχνίδι**

Η κατηγορία παιχνιδιού που έχει διερευνηθεί περισσότερο για τη συνεισφορά της στα μαθηματικά είναι το επιτραπέζιο παιχνίδι, καθώς η σχεδιασμένη διαχείρισή του κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών μπορεί να επιτρέψει την παρακολούθηση της αλληλεπίδρασης του παιδιού με το παιχνίδι στην πορεία προς τη μάθηση και την εξέλιξη της σκέψης του. Επίσης, δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες για τον προσδιορισμό των εννοιών στην κατανόηση των οποίων βοηθάει, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει βελτιωτική παρέμβαση στον σχεδιασμό, στην ανάπτυξη και τη διαχείρισή του ανάλογα με την έννοια που προσεγγίζεται κάθε φορά. Το επιτραπέζιο παιχνίδι μπορεί να προκαλέσει μαθηματική συζήτηση μέσα στην τάξη και ανάδυση στρατηγικών επίλυσης προβλήματος (Σκουμπουρδή, 2015). Επίσης, μπορεί να συμβάλλει στην αυτορρύθμιση των παιδιών και στην αυτονομία τους παρέχοντας ένα πλαίσιο στο οποίο μπορούν να αποδεχθούν και να υποβάλλουν κανόνες οικειοθελώς (Millians, 1999).

Τα επιτραπέζια παιχνίδια αποτελούν πρόκληση και για τα παιδιά με τύφλωση και είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στην εκπαίδευσή τους, καθώς τα βοηθάνε ν' αναπτυχθούν νοητικά, κοινωνικά (Durand, 2013) και συναισθηματικά, να γνωρίσουν τον κόσμο γύρω τους, στηριζόμενα στις αισθήσεις τους, αλλά και να βιώσουν τη χαρά και την ικανοποίηση της δημιουργικής δραστηριότητας. Μέσω της βιωματικής εμπειρίας, μαθαίνουν και κατανοούν με πιο αποτελεσματικό τρόπο κάθε έννοια και διαμορφώνουν την κατάλληλη λεκτική της έκφραση (Sakti & Febriani, 2015). Παρόλο που τα παιδιά αυτά, αντιμετωπίζουν δυσκολία στο να δουν και να χειριστούν τα αντικείμενα επάνω στο ταμπλό, μπορούν μέσα από κατάλληλα διαμορφωμένα παιχνίδια να καλλιεργήσουν τις απτικές τους στρατηγικές εκτός από τις κοινωνικές, τις συναισθηματικές και γνωστικές τους δεξιότητες.

### **Απτικές στρατηγικές των παιδιών με τύφλωση**

Οι στρατηγικές που χρησιμοποιούν τα παιδιά με οπτική αναπηρία για την προσέγγιση ενός αντικειμένου είναι απτικές και αυτό έχει ως συνέπεια η αναγνώριση του αντικειμένου να γίνεται πάντα από το μέρος στο όλο. Οι απτικές στρατηγικές διακρίνονται σε δύο επίπεδα, στο μακρο-επίπεδο και στο μικρο-επίπεδο. Το μακρο-επίπεδο αποτελεί το όλο και γίνεται αντιληπτό μέσω της απτικής αντίληψης, η οποία διαμορφώνεται όχι μόνο από την αφή, αλλά και από άλλες πηγές πληροφοριών όπως είναι η κίνηση και η στάση του σώματος. Ο συνδυασμός όλων αυτών των κινήσεων βρίσκεται σε άμεση σχέση με το περιβάλλον και ονομάζεται κιναισθήση (αφή+ κίνηση + στάση του σώματος + περιβάλλον) (Klatzkyetal., 1987, όπως αναφέρεται από Αργυρόπουλος, χ.χ). Η απτική αντίληψη μπορεί να αναφέρεται είτε στην εσωδεκτική διαδικασία (η ικανότητα των

ανθρώπων να γνωρίζουν τη σχέση που έχουν με τον ίδιο τους τον εαυτό) είτε στην εξωδεκτική διαδικασία (η σχέση των ανθρώπων με το περιβάλλον γύρω τους). Με την εσωδεκτική διαδικασία σχηματίζουν αναπαραστάσεις με το σώμα τους, όπως η θέση ή ο προσανατολισμός ενώ με την εξωδεκτική διαδικασία σχηματίζουν αναπαραστάσεις του χώρου μέσω των αισθήσεών τους. Από την άλλη πλευρά, το μικρο-επίπεδο, το οποίο αποτελεί το μέρος του όλου, προσεγγίζεται μέσω των στρατηγικών της παθητικής και της ενεργητικής αφής. Αναλυτικότερα, στο μικρο-επίπεδο ανήκει η στρατηγική της παθητικής απτικής αναγνώρισης (hand-over-hand). Ο/Η εκπαιδευτικός τοποθετεί το χέρι του πάνω από το χέρι του παιδιού με τύφλωση και το καθοδηγεί στη διαδικασία εξερεύνησης ενός αντικειμένου ή στην αναγνώριση μιας μακέτας ή ενός απτικού χάρτη (McLinden & McCall, 2002, όπως αναφέρεται από Αργυρόπουλος, χ.χ). Μία άλλη στρατηγική αποτελεί η ενεργητική απτική αναγνώριση (hand-under-hand). Ο/Η εκπαιδευτικός τοποθετεί το χέρι του/της κάτω από το χέρι του παιδιού και με τον τρόπο αυτό οδηγεί το παιδί, χωρίς να το καθοδηγεί, στο να διερευνήσει αντικείμενα, διαγράμματα ή μακέτες. Η τεχνική αυτή χαρακτηρίζεται πιο δημοκρατική, γιατί δεν στερεί από το παιδί την πρωτοβουλία για ελεύθερη εξερεύνηση και οδηγεί με μεγαλύτερη ασφάλεια στην αυτονόμηση του (Chenetal., 2000; McLinden & McCall, 2002, όπως αναφέρεται από Αργυρόπουλος, χ.χ.). Ο συνδυασμός των δύο προηγούμενων στρατηγικών είναι η τεχνική της συνεργατικής απτικής αναγνώρισης (hand-over-hand και hand-under-hand). Στην περίπτωση αυτή τα χέρια τόσο του εκπαιδευτικού όσο και του μαθητή εναλλάσσουν ρόλους. Μία καθοδηγεί ο/η εκπαιδευτικός και μία το παιδί. Η στρατηγική αυτή εμπλέκει τον μαθητή και τη μαθήτριά στην ταυτόχρονη χρήση και των δύο χεριών που χωρίς αυτή θα ήταν πολύ δύσκολη η καλλιέργεια και απόκτηση λεπτών κινητικών δεξιοτήτων. Υπάρχει άλλη μία στρατηγική, στο μικρο-επίπεδο, η οποία χρησιμοποιεί ολόκληρο το σώμα για την απόσπαση πληροφοριών. Σε αυτήν, ο/η εκπαιδευτικός τοποθετεί το σώμα του/της δίπλα στο σώμα του παιδιού με τύφλωση και όχι απέναντί του, όπως συνήθως γίνεται με την επικοινωνία των βλεπόντων. Με τον τρόπο αυτό τόσο το παιδί όσο και ο/η εκπαιδευτικός μοιράζονται τις ίδιες εμπειρίες κατά τη διάρκεια της εξερεύνησης ενός ανάγλυφου σχήματος, χάρτη ή διαγράμματος (Αργυρόπουλος, χ.χ).

### **Η έννοια του αριθμού**

Μία από τις βασικές μαθηματικές έννοιες που διδάσκονται τα παιδιά, όλων των βαθμίδων, είναι οι αριθμοί και οι πράξεις. Η οικοδόμηση της έννοιας του αριθμού ξεκινάει από το νηπιαγωγείο και αναπτύσσεται βαθμιαία στις επόμενες εκπαιδευτικές βαθμίδες, καθώς αποτελεί τον θεμέλιο λίθο για την κατανόηση των αριθμητικών εννοιών και ιδεών και την απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη του μαθηματικού συλλογισμού (Van de Walle, 2005; Verschaffel, Greer, & Torbeyns, 2006; Καφούση & Σκουμπούρη, 2008; Τζεκάκη, 2010). Η αρίθμηση, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο στην οικοδόμηση της έννοιας του αριθμού, περιλαμβάνει την απαγγελία της σειράς των αριθμολέξεων, την απαρίθμηση, την άμεση εκτίμηση και την κατασκευή συλλογών αντικειμένων, την αναγνώριση, την ονομασία και τη γραφή των αριθμητικών συμβόλων, την κατανόηση της θεσιακής αξίας των ψηφίων στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης, καθώς και τις τέσσερις βασικές πράξεις.

Επιπλέον, απαραίτητη είναι η κατανόηση της πληθικής και της τακτικής φύσης του αριθμού. Για την οικοδόμηση των αριθμητικών πράξεων της πρόσθεσης και της αφαίρεσης απαιτείται η κατανόηση της βασικής ιδέας ότι μία συλλογή γίνεται μεγαλύτερη όταν προσθέτεις σε αυτήν αντικείμενα και μικρότερη όταν αφαιρείς από αυτήν αντικείμενα (Baroody, 2004).

Για την οικοδόμηση της έννοιας του αριθμού τα παιδιά με τύφλωση περνούν από διάφορα στάδια. Αρχικά, αντιλαμβάνονται τους αριθμούς ως αριθμητικές λέξεις, στη συνέχεια ως μέγεθος, αργότερα ως θέσεις σε ακολουθίες και τέλος ως σύνθετες μονάδες. Σημαντικό ρόλο στην αντίληψη των αριθμών παίζουν η αφή και η ακοή. Τα χέρια των παιδιών με τύφλωση χρησιμεύουν ως εργαλείο για την αντίληψη του κόσμου και χρησιμοποιούνται για να ερμηνεύσουν και να γνωρίσουν διάφορες καταστάσεις. Οι εμπειρίες μέσω της αφής έχουν αυθαίρετο χαρακτήρα και οι συνθήκες χρήσης της αφής επηρεάζουν ποιοτικά την εμπειρία της ποσότητας. Η αντίληψη είναι η βάση για την ατομική μαθησιακή διαδικασία. Όταν τα παιδιά αυτά μετρούν αγγίζοντας ή πιέζοντας μερικά από τα δάχτυλά τους επάνω σε κάποιο αντικείμενο (π.χ. τραπέζι) δεν βιώνουν ταυτόχρονα μία ομάδα δαχτύλων, κάτι το οποίο δυσχεραίνει τον καθορισμό του αριθμού των δαχτύλων. Αυτό έχει ως συνέπεια την καθυστέρηση της κατανόησης της αριθμησης, από τα παιδιά με τύφλωση, γιατί τα παιδιά αυτά δεν χρησιμοποιούν αυθόρμητα τα δάχτυλά τους είτε για να μετρήσουν τη σειρά των αριθμών είτε για να μοντελοποιήσουν τους αριθμούς (Ahlberg & Csocsán, 1994) και έτσι δεν μπορούν να βιώσουν τα δάχτυλά τους ως αντικείμενα που συνδέονται με αριθμητικές λέξεις, χωρίς εξάσκηση.

Όταν αρχίσουν να ομαδοποιούν τους αριθμούς και τελικά να τους συνθέτουν, η κατανόησή τους διευρύνεται και βιώνουν τους αριθμούς, τόσο ως θέσεις σε ακολουθίες όσο και ως σύνθετες μονάδες (Ahlberg & Csocsán, 1999). Μερικά παιδιά με τύφλωση δυσκολεύονται να αντιληφθούν αριθμήσιμες και μη αριθμήσιμες ποσότητες, καθώς και τη σχέση του μέρους με το σύνολο των αριθμών μέσω της αφής.

Όσον αφορά στις αριθμητικές πράξεις, τα παιδιά με οπτική αναπηρία, θα πρέπει παράλληλα με την εκμάθηση της γραπτής διαδικασίας εκτέλεσης των μαθηματικών πράξεων, να ασκηθούν και στην από μνήμης εκτέλεση αριθμητικών πράξεων, ώστε να απαλλάσσονται από χρονοβόρες και επίπονες διαδικασίες της γραπτής εκτέλεσης των μαθηματικών πράξεων (Λιοδάκης, 2014).

## **ΜΕΘΟΔΟΣ**

Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εργασίας αναπτύχθηκε ένα διαφοροποιημένο, με βάση τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες των παιδιών με τύφλωση, επιτραπέζιο παιχνίδι 'Φιδάκι' το οποίο εφαρμόστηκε σε τυφλά παιδιά, με σκοπό να διερευνηθεί η επίδρασή του στην προσέγγιση διαστάσεων της έννοιας του αριθμού και της πρόσθεσης. Η εφαρμογή του παιχνιδιού, η οποία βιντεοσκοπήθηκε, πραγματοποιήθηκε σε 2 παιδιά (1 μαθητής και 1 μαθήτρια) του Ειδικού Δημοτικού Σχολείου Τυφλών Θεσσαλονίκης, ηλικίας 9 και 11 ετών αντίστοιχα, τα οποία φοιτούσαν στην ίδια τάξη. Και τα δύο παιδιά ήταν εκ γενετής τυφλά χωρίς συνοδά προβλήματα. Πριν την εφαρμογή του παιχνιδιού χορηγήθηκε στους μαθητές ένα άτυπο μαθηματικό διαγνωστικό τεστ ώστε να διερευνηθούν οι ικανότητές



τους στις διαστάσεις της έννοιας του αριθμού και της πρόσθεσης που θα συναντούσαν στο παιχνίδι. Δυσκολίες παρουσίασε κυρίως το αγόρι (στην πρόσθεση με υπέρβαση της δεκάδας, στον νοερό υπολογισμό προσθέσεων με ή χωρίς κρατούμενο, στην νοερή εκτέλεση αφαιρέσεων με ή χωρίς δανεικό) συγκριτικά με το κορίτσι (στην νοερή εκτέλεση αφαιρέσεων με ή χωρίς δανεικό).

Για την καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων, από την εφαρμογή του παιχνιδιού, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της δομημένης παρατήρησης (Βάμβουκας, 2008; Cohen, Manion, Morrison, 2008), βάσει πρωτοκόλλου παρακολούθησης και η ποιοτική ανάλυση περιεχομένου (Ιωσηφίδης, 2003). Η διαδικασία του παιχνιδιού βιντεοσκοπήθηκε για την αποφυγή παράλειψης στοιχείων.

Το πρωτόκολλο παρακολούθησης περιλάμβανε 6 κατηγορίες και 28 υποκατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είχε να κάνει με τη χρήση των υλικών για την κατασκευή του παιχνιδιού ενώ η δεύτερη με τις απτικές στρατηγικές που χρησιμοποίησαν οι μαθητές κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Συνεχίζοντας με τις κατηγορίες του πρωτοκόλλου παρακολούθησης, στην τρίτη κατηγορία ασχοληθήκαμε με την αλληλεπίδραση των παικτών κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, στην τέταρτη με την εκπαιδευτική προσέγγιση του παιχνιδιού και στην επόμενη κατηγορία με μία γνωστική προσέγγιση αυτού. Η τελευταία κατηγορία αποτελούσε έναν απολογισμό μετά το πέρας του παιχνιδιού.

Για την ανάλυση των δεδομένων της βιντεοσκόπησης, αρχικά έγινε παρατήρηση όλης της εφαρμογής του παιχνιδιού και στη συνέχεια αποσπασματικά χωρίζοντάς το σε τμήματα των 5''. Έτσι λοιπόν κάθε 5'' γινόταν παύση και καταγραφή, όσων παρατηρήθηκαν, στο πρωτόκολλο παρακολούθησης (όπως περιγράφεται παραπάνω). Ακολούθησε η ποιοτική ανάλυση του περιεχομένου.

### **Ανάπτυξη διαφοροποιημένου επιτραπέζιου παιχνιδιού ‘Φιδάκι’**

Κατά την κατασκευή επιτραπέζιου παιχνιδιού για παιδιά με τύφλωση, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση ώστε όλα τα στοιχεία του να διακρίνονται και να εντοπίζονται εύκολα μέσω της αφής. Βοηθητική επίσης είναι η χρήση μαγνητών και εσοχών. Οι πληροφορίες που είναι αποτυπωμένες στο ταμπλό θα πρέπει να είναι απλές και ξεκάθαρες ώστε να διευκολύνεται η χρήση τους από τα παιδιά με τύφλωση. Ακόμη, όσον αφορά στη ρίψη του ζαριού, βασική φαίνεται να είναι η χρήση ενός κυπέλλου με καπάκι, όπου οι παίκτες με τύφλωση χρησιμοποιούν για να κουνήσουν και να ρίξουν τα ζάρια ώστε να μην κυλούν ανεξέλεγκτα (Gutschmidt, Schiewe, Zinke, & Jürgensen, 2010).

Για την κατασκευή του διαφοροποιημένου επιτραπέζιου παιχνιδιού ‘Φιδάκι’ χρησιμοποιήθηκαν ποικίλα υλικά διαφορετικών υφών και τραχύτητας και πραγματοποιήθηκαν βοηθητικές προσαρμογές. Το ταμπλό κατασκευάστηκε από ξύλο, με τετράγωνη δομή και εσοχές, για την οριοθέτηση των τετραγώνων/θέσεων και την αίσθησή τους με την αφή. Σε κάθε θέση τοποθετήθηκαν δύο μαγνήτες, για να εναποθέτουν οι δύο παίκτες τα πιόνια τους και ένας αριθμός, ο οποίος σχηματίστηκε με καρφίτσες και είχε τη μορφή Braille. Το επιτραπέζιο παιχνίδι αποτελούταν από 100 θέσεις με τους αριθμούς από το 1 έως το 100. Συγκεκριμένες θέσεις του ταμπλό συνδέθηκαν μεταξύ τους με φιδάκια,

τα οποία ήταν κατασκευασμένα με αφρώδες υλικό και με σκάλες, οι οποίες ήταν κατασκευασμένες με ναλόχαρτο. Επίσης, κατασκευάστηκε κουτί με καπάκι για την κίνηση και τη ρίψη του ζαριού. Το κουτί ντύθηκε εσωτερικά με τσόχα και εξωτερικά με χαρτόνι οντουλέ. Το ζάρι ήταν ξύλινο και οι αριθμοί πάνω σε αυτό σχηματίστηκαν με καρφάκια για να είναι ανάγλυφοι και άρα εύκολα διακριτοί στην 'ανάγνωσή' τους από τα τυφλά παιδιά. Τα πιόνια ντύθηκαν με δύο ειδών υφάσματα, βελουτέ και σατέν, για να είναι διακριτά και τοποθετήθηκε μαγνήτης στη βάση τους, ώστε να εφαρμόζουν σταθερά στους μαγνήτες των θέσεων του ταμπλό και να μην πέφτουν εύκολα. Τέλος, διαφοροποίηση υπήρξε στους κανόνες του παιχνιδιού, οι οποίοι μεταφράστηκαν σε γραφή Braille.



*Το ταμπλό*



*Το κουτί για το ζάρι*



*Τα πιόνια*

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Τα παιδιά συμμετείχαν στο παιχνίδι ψηλαφώντας το ταμπλό και θέτοντας ερωτήματα για το τι απεικονίζει το καθετί που άγγιζαν ώστε να κάνουν σύνδεση υλικού- αντικειμένου. Αξίζει να σημειωθεί ο διαφορετικός τρόπος προσέγγισης του παιχνιδιού ως αντικείμενο. Το αγόρι φάνηκε περισσότερο διστακτικό στο να ψηλαφήσει τα υλικά του ταμπλό σε αντίθεση με την παίκτρια. Άγγιξε μόνο με τα δάχτυλα, ενώ απαραίτητη κρίθηκε η χρήση της παθητικής απτικής στρατηγικής hand-over-hand για να αγγίξει το σύνολο των υλικών. Από την άλλη πλευρά, το κορίτσι ολοκλήρωσε την ψηλάφηση του ταμπλό μόνη της χρησιμοποιώντας αρχικά ολόκληρη την παλάμη της για να εξερευνήσει το ταμπλό ως ολότητα και στη συνέχεια χρησιμοποίησε τα δάχτυλα των δύο χεριών για τμηματική εξερεύνηση του ταμπλό.

Όσον αφορά στον τρόπο που τα παιδιά συμμετείχαν στη διαδικασία του παιχνιδιού σημειώθηκαν διαφοροποιήσεις. Η παίκτρια για την κίνησή της στο ταμπλό χρησιμοποίησε τους αριθμούς ενώ ο παίκτης για να κινηθεί στο ταμπλό χρησιμοποιούσε άλλοτε τις θέσεις και τις εσοχές και άλλοτε τους αριθμούς. Δεν παρατηρήθηκε δυσκολία ως προς την αλλαγή γραμμής κατά την μετακίνησή τους στο ταμπλό, αλλά κάποιες φορές παρατηρήθηκε και από τους δύο παίκτες να κινούνται προς την αντίθετη πλευρά. Άλλες φορές διάβαζαν τους αριθμούς και αυτοδιορθώνονταν, ενώ κάποιες άλλες θεωρήθηκε απαραίτητη η παρέμβαση της εκπαιδευτικού.

Ως προς τη λειτουργικότητα των υλικών και των διαφοροποιήσεων, οι εσοχές βοήθησαν τα παιδιά σε πολλά σημεία ν' αντιληφθούν την αλλαγή θέσης, αλλά και να μην χάσουν τη σειρά τους κατά τη μέτρηση. Οι μαγνήτες αποτέλεσαν ένα σημείο αναφοράς για τους παίκτες ώστε να τοποθετούν το πιόνι τους στις αντίστοιχες θέσεις. Το 'ντύσιμο'

των πιονιών με διαφορετικές υφές βοήθησε τους παίκτες να διαχωρίζουν ποιο είναι το πόνι τους. Η ύπαρξη και η χρήση του ειδικού κουτιού για το ζάρι αποδείχθηκε ιδιαίτερα βοηθητική. Λειτουργήσε βοηθητικά το να έχει ο καθένας το δικό του κουτί, και να ρίχνει το ζάρι σε περιορισμένο χώρο. Και οι δύο παίκτες αντιλήφθηκαν αμέσως τη λειτουργία του και τους φάνηκε ωραία σαν ιδέα. Ένας από τους κανόνες του παιχνιδιού αφορούσε στη φωναχτή σκέψη των παικτών, στο να λεκτικοποιήσουν δηλαδή τις δράσεις τους και τις στρατηγικές που ακολουθούσαν κάθε φορά. Μ' αυτό τον τρόπο "ακουστήκε" ο διαφορετικός τρόπος σκέψης τους, τα συναισθήματα τους τόσο κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού όσο και για το αποτέλεσμα, γνώριζαν τη θέση των "αντιπάλων τους" και μάθαιναν από τη φωναχτή σκέψη αυτών. Τέλος, δόθηκε η δυνατότητα στην εκπαιδευτικό να παρατηρήσει τις δυσκολίες των μαθητών.

Όσον αφορά στα συναισθήματα των παικτών, καθ' όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού ήταν ευδιάθετοι, χαρούμενοι και έδειχναν μεγάλο ενδιαφέρον για το παιχνίδι. Ρώτησαν μάλιστα εάν θα το κρατήσουν στο σχολείο τους. Ακόμη, υπήρχε συνεχής λεκτική επικοινωνία μεταξύ τους για τον συντονισμό και την εναλλαγή σειράς, για τη ροή του παιχνιδιού (σε ποια θέση βρίσκονταν, τι ζαριά έτυχαν) αλλά και για αλληλοβοήθεια. Σημαντικό είναι να αναφερθούν οι αντιδράσεις των παικτών όταν 'έπεφταν' σε θέση με σκάλα ή φίδι. Στην πρώτη περίπτωση ήταν χαρούμενοι και αυτό τους έδινε ελπίδες πως θα κερδίσουν, ενώ αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση απογοητεύονταν, αλλά πείσμωναν κιόλας. Εμφανής ήταν επίσης η ύπαρξη ανταγωνισμού, στοιχείο χαρακτηριστικό στο εκπαιδευτικό παιχνίδι. Τα συναισθήματα των παικτών από την έκβαση του παιχνιδιού ήταν τα αναμενόμενα. Η νικήτρια ήταν ιδιαίτερα χαρούμενη βγάζοντας επιφωνήματα χαράς ενώ ο ηττημένος στεναχωρήθηκε, αλλά αποδέχθηκε το αποτέλεσμα.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κατά την εφαρμογή του παιχνιδιού, τα παιδιά προσέγγισαν διαστάσεις της έννοιας του αριθμού και των πράξεων. Η πληθική σημασία του αριθμού, το πλήθος δηλαδή των στοιχείων του συνόλου, φάνηκε να είχε γίνει αντιληπτή από τα παιδιά. Αυτό επιβεβαιώθηκε και από τις σωστές απαντήσεις που έδωσαν σε ερωτήματα που τους τέθηκαν. Για παράδειγμα, όταν η ζαριά ήταν ο αριθμός '3' εκτιμούσαν άμεσα το αποτέλεσμα, γνώριζαν ότι αυτό αντιστοιχεί σε '3' θέσεις επάνω στο ταμπλό και το τοποθετούσαν. Τις περισσότερες φορές καταμετρούσαν τις θέσεις μία προς μία πάνω στο ταμπλό, για να τοποθετήσουν το πόνι τους στην καινούρια θέση. Όμως υπήρχαν και περιπτώσεις που δεν γινόταν αυτό, αλλά γινόταν νοερός μαθηματικός υπολογισμός και τοποθέτηση του πιονιού απευθείας στην καινούργια θέση.

Η διατακτικότητα συζητήθηκε από την αρχή του παιχνιδιού, καθώς τα παιδιά έπρεπε να ρίξουν το ζάρι ώστε να αποφασιστεί ποιο θα παίξει πρώτο και ποιο δεύτερο. Επίσης, η συγκεκριμένη έννοια χρησιμοποιήθηκε για αριθμούς, οι οποίοι βρίσκονταν πριν ή μετά από τη θέση κάθε παίκτη, αλλά και στην περίπτωση όπου οι παίκτες κινούσαν, κατά λάθος, το πόνι τους σε επόμενη γραμμή του ταμπλό και τους προτεινόταν να επιστρέψουν στην προηγούμενη γραμμή.

Όσον αφορά στις αριθμητικές πράξεις, παρατηρήθηκε η εκτέλεση πρόσθεσης με

ποικίλους τρόπους, ακόμα και από τους ίδιους παίκτες. Η παίκτρια, καθ' όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού ακολούθησε τρεις διαφορετικούς τρόπους κίνησης στο ταμπλό. Στην πλειοψηφία των κινήσεών της χρησιμοποίησε την αθροιστική στρατηγική του δεύτερου σταδίου, της “μέτρησης από”, όπου άρχισε να μετρά από το τέλος του πρώτου συνόλου (π.χ.  $56+3=$  αρχίζει να μετρά  $57-58-59$ ), χαρακτηριστικό της οικοδόμησης των αριθμητικών πράξεων στους βλέποντες μαθητές και μαθήτριες. Ένας άλλος τρόπος που ακολούθησε ήταν η νοερή εκτέλεση των αριθμητικών πράξεων, τεχνική στην οποία παρουσίασε ευχέρεια. Τέλος, σε δύο περιπτώσεις μέτρησε ξεκινώντας από το 1 και ακουμπώντας τα τετράγωνα (π.χ. από τη θέση 5 μέτρησε-1,2,3,4,5 στη συνέχεια διάβασε τον αριθμό στο καινούργιο τετράγωνο και τοποθέτησε το πιόνι της). Από την άλλη πλευρά, ο παίκτης χρησιμοποίησε την αθροιστική στρατηγική του δεύτερου σταδίου, της “μέτρησης από”, ξεκινώντας τη μέτρηση από το τέλος του πρώτου συνόλου ( $61+6=$  αρχίζει να μετρά  $62-63-64-65-66-67$ ), μέτρηση ξεκινώντας από το 1, ακουμπώντας τα τετράγωνα και νοερό υπολογισμό. Όμως, σε κάποιες περιπτώσεις ο νοερός του υπολογισμός δεν οδήγησε σε σωστό αποτέλεσμα (π.χ.  $27+4=30$ ). Επιπλέον στρατηγική που χρησιμοποίησε σε κάποιους υπολογισμούς ήταν ο διπλός υπολογισμός. Για παράδειγμα, για να υπολογίσει πόσο κάνει  $88+5$  έκανε ταυτόχρονα δύο νοερούς υπολογισμούς, με φωναχτή σκέψη:  $89-1$ ,  $90-2$ ,  $91-3$ ,  $92-4$ ,  $93-5$ , δηλαδή, πραγματοποιούσε ταυτόχρονα ‘μέτρηση από’ και αντιστοίχιση με τις κουκίδες του ζαριού.

Οι απτικές στρατηγικές που χρησιμοποιήθηκαν για την προσέγγιση του επιτραπέζιου παιχνιδιού ανήκαν τόσο στο μικρο- όσο και στο μακρο-επίπεδο. Σε μικρο-επίπεδο έγινε χρήση της στρατηγικής hand-over-hand, παθητική απτική αναγνώριση, η οποία χρησιμοποιήθηκε κυρίως για τη διόρθωση των παικτών (για μετακίνηση στη σωστή γραμμή του ταμπλό, για την αναγνώριση κάποιου αριθμού, για την άνοδο σε σκάλα, αλλά και για την εύρεση του πιονιού). Όσον αφορά στο μακρο-επίπεδο, οι παίκτες είχαν αναπτύξει την απτική τους αντίληψη καθώς ακολουθούσαν τη στρατηγική της κιναισθησης. Χρησιμοποίησαν την αφή και κίνησαν το σώμα τους για να μετακινηθούν στο ταμπλό (δεξιά-αριστερά, επάνω-κάτω) και να λάβουν τις απαραίτητες πληροφορίες από το περιβάλλον τους.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα παιδιά με τύφλωση μπορούν να έχουν την ίδια πρόσβαση με τους βλέποντες μαθητές και μαθήτριες σε επιτραπέζια παιχνίδια τα οποία έχουν διαφοροποιηθεί με βάση της ιδιαίτερες εκπαιδευτικές ανάγκες τους, αποκομίζοντας γνωστικά, κοινωνικά και συναισθηματικά οφέλη. Αυτό φάνηκε από την εφαρμογή του διαφοροποιημένου παιχνιδιού ‘Φιδάκι’ σε παιδιά με τύφλωση.

Το ότι όλες οι οπτικές πληροφορίες του παιχνιδιού μετατράπηκαν σε απτικές, το ότι δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο ταμπλό ώστε να είναι λιτό χωρίς περιττά στοιχεία και τα υλικά να είναι ευχάριστα στην αφή και εύκολα αναγνωρίσιμα βοήθησε τα παιδιά με τύφλωση να συμμετέχουν αποτελεσματικά στο παιχνίδι. Οι εσοχές, για την οριοθέτηση

των θέσεων, οι μαγνήτες για τη σταθεροποίηση των πιονιών, οι αριθμοί σε μορφή Braille σε κάθε θέση, για την αναγνώριση της διαδρομής, η χρήση ειδικού κουτιού για την κίνηση και τη ρίψη του ζαριού, η χρήση διαφορετικής υφής υλικών για τις σκάλες και τα φιδία, συνέβαλε στην εφαρμογή και την εξέλιξη του παιχνιδιού με ομαλό τρόπο. Οι απτικές στρατηγικές που χρησιμοποιήσαν τα παιδιά συνέβαλαν στο να αντιληφθούν τη μορφή και τα διαφορετικά υλικά του παιχνιδιού όπως και να ολοκληρωθεί με επιτυχία το παιχνίδι.

Τα χαρακτηριστικά του παιχνιδιού, δηλαδή η ύπαρξη των αριθμών, από το 1 έως το 100, στη σειρά και ανά δέκα, η μετακίνηση σε επόμενο, μεγαλύτερο αριθμό μέσω της ρίψης του ζαριού και της σκάλας, η μετακίνηση σε προηγούμενο, μικρότερο αριθμό μέσω του φιδιού, η σειρά των παικτών, ήταν στοιχεία τα οποία βοήθησαν τα παιδιά να προσεγγίσουν διαστάσεις της έννοιας του αριθμού και της πρόσθεσης, κάνοντας χρήση ποικίλων στρατηγικών, όπως καταμέτρηση ανά 1, νοερό υπολογισμό, 'μέτρηση από' και διπλό νοερό υπολογισμό, μεταξύ άλλων. Οι παίκτες καθ' όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού δεν χρησιμοποίησαν αυθόρμητα τα δάχτυλά τους για την πραγματοποίηση υπολογισμών όπως κάνουν τα βλέποντα παιδιά, αλλά τις απτικές στρατηγικές της παθητικής απτικής αναγνώρισης hand-over-hand, η οποία ανήκει στο μικρο-επίπεδο ενώ ως προς το μακρο-επίπεδο, οι παίκτες είχαν αναπτύξει την απτική τους αντίληψη καθώς ακολουθούσαν τη στρατηγική της κιναισθησης. Χρησιμοποίησαν την αφή και κίνησαν το σώμα τους για να μετακινηθούν στο ταμπλό (δεξιά-αριστερά, επάνω-κάτω) και να λάβουν τις απαραίτητες πληροφορίες από το περιβάλλον τους.

Θετικό στοιχείο στην εφαρμογή του παιχνιδιού αποτέλεσε το γεγονός πως οι παίκτες ήταν συμμαθητές και φίλοι, καταγράφοντας μεταξύ τους ποιότητες όπως η συνεργασία, η αλληλεπίδραση, η αλληλεξάρτηση και ένα γενικό πλαίσιο συνεννόησης μεταξύ τους ώστε να διατηρείται η ακολουθία του παιχνιδιού και να γίνεται αποδεκτή η ήττα και η νίκη. Βεβαία παρόλη την καλή συνεργασία το παιχνίδι λειτούργησε και ανταγωνιστικά.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον διευθυντή του Ειδικού Δημοτικού Σχολείου Τυφλών Θεσσαλονίκης καθώς και την εκπαιδευτικό των παιδιών που συμμετείχαν στην έρευνα, διότι χωρίς τη βοήθεια τους δεν θα ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί η έρευνα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Ahlberg, A. & Csoscsán, E. (1994), Grasping numerosity among blind children. Report 1994:04 Göteborg, Sweden: Göteborgs Universitet, Institutionen för pedagogik.
- Ahlberg, A. & Csoscsán, E. (1999). How Children Who Are Blind Experience Numbers. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 93(9), 549-561.
- Αργυρόπουλος, Β., (χ.χ), *Μαθησιακό Περιβάλλον και Στρατηγικές Διδασκαλίας στην Εκπαίδευση Τυφλών Παιδιών*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Βάμβουκας, Μ. (2008), *Εισαγωγή στην ψυχοπαιδαγωγική έρευνα και μεθοδολογία*, Αθήνα, Εκδόσεις: Γρηγόρη.
- Baroody, A. (2004). The developmental bases for early childhood number and operations

- standarda. In D.H. Clements & J. Sarama (eds.). *Engaging Young Children in Mathematics: Standards for Early Childhood Mathematics Education* (pp. 173-219). Hillsdale, NJ: LEA Publishers.
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2008), *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας*, Αθήνα, Εκδόσεις: Μεταίχμιο.
- Durand, P.J.(2013). *Adapted Sorry Board Game*, Perkins School for the blind. Ανακτήθηκε από: <http://www.perkinselearning.org/activity/adapted-sorry%C2%AE-board-game>
- Gutschmidt, R., Schiewe, M., Zinke, F., &Jürgensen, H. (2010). Haptic emulation of games: Haptic Sudoku for the Blind. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, Samos, Greece, doi: [10.1145/1839294.1839297](https://doi.org/10.1145/1839294.1839297).
- Καρούση, Σ. & Σκουμπουρδή, Χ. (2008), *Τα μαθηματικά των παιδιών 4-6 ετών.*, Αθήνα Εκδόσεις Πατάκη.
- Ιωσηφίδης, Θ. (2003). *Εισαγωγή στην ανάλυση δεδομένων ποιοτικής κοινωνικής έρευνας*, Μυτιλήνη, Πανεπιστημιακές σημειώσεις.
- Λιοδάκης, Δ. (2014).*Εκπαιδευτικά προγράμματα για τυφλούς*. Αθήνα, Εκδόσεις: Διάδραση.
- Millians, D. (1999). Simulations and young people: developmental issues and game Development. *Simulation and Gaming*, 30(2), 199-226.
- Μπουρμά, Α., (2014), Δ.Ε.Π.Π.Σ & Α.Π.Σ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΥΦΛΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ, Στο: Α. Ζώνιου-Σιδέρη Π. Κραγιάννη, Ε. Ντεροπούλου, Γ. Παπασταυρινίδου, Η. Σπανδάγου, *Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για μαθητές με προβλήματα όρασης*.
- Sakti, L.O.K. & Febriani, V.W. (2015). Education game to blind people. *Sisforma*, 2(1), 5-9.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2015). *Το παιχνίδι στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. [ηλεκτρονικό βιβλίο] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Van de Walle,A.J. (2005).*Μαθηματικά για το Δημοτικό και το Γυμνάσιο: Μία Εξελικτική Διδασκαλία*(Μετάφραση: Α. Αλεξανδροπούλου & Β. Κομπορόζος. Επιμέλεια: Τ. Τριανταφυλλίδης). Αθήνα, Εκδόσεις: Τυπωθήτω-Γιώργος Δαρδάνος.
- Verschaffel, L., Greer, B., & Torbeyns, J. (2006). Numerical thinking. In A. Gutierrez& P. Boero (eds.), *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education. Past, Present, Future* (pp. 51-82). Rotterdam: Sense Publishers.

# Η ‘διαφάνεια’ του Sumblox ως εκπαιδευτικού υλικού για την πρόσθεση και την αφαίρεση

Αντωνία Μαθά<sup>1</sup> και Χρυσάνθη Σκουμπουρδή<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, psempv15020@aegean.gr

<sup>2</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, kara@aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η χρήση εκπαιδευτικού υλικού κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών δημιουργεί προβληματισμό στην ερευνητική κοινότητα όσον αφορά στον βοηθητικό του ρόλο στην ενεργοποίηση του μαθηματικού συλλογισμού, καθώς και στην οικοδόμηση της νέας γνώσης. Η διαφάνεια, ως ένας βασικός παράγοντας αξιολόγησης, μπορεί να αποτελέσει μεταξύ άλλων και κριτήριο της αποτελεσματικότητας του εκπαιδευτικού του ρόλου. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η διαφάνεια του Sumblox μέσα από τη χρήση του σε πράξεις πρόσθεσης και αφαίρεσης από μαθητές Α΄ δημοτικού. Κατά τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας αναδείχθηκαν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι αδυναμίες του υλικού και από τα αποτελέσματα της έρευνας η διαφάνειά του χαρακτηρίστηκε ως μη ικανοποιητική.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** διαφάνεια, Sumblox, εκπαιδευτικό υλικό

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση εκπαιδευτικού χειροπιαστού υλικού γίνεται όλο και πιο σπάνια, όσο οι εκπαιδευτικές βαθμίδες μεγαλώνουν (Gilbert & Bush, 1988). Τα τελευταία χρόνια ωστόσο, αναδεικνύεται όλο και εντονότερα ο σημαντικός ρόλος του υλικού και προτείνεται η σχεδιασμένη χρήση του σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Σκουμπουρδή, 2012).

Η χρήση εκπαιδευτικού υλικού από τους μαθητές βέβαια, δεν συνεπάγεται υποχρεωτικά και την κατανόηση της σχέσης μεταξύ αυτού και της αφηρημένης έννοιας που διδάσκεται μέσω αυτού. Στον τομέα των μαθηματικών, οι μαθητές τείνουν να διαχωρίζουν την επίλυση ενός προβλήματος με τη χρήση του υλικού από τη γραπτή επίλυσή του και ενίοτε δεν μπορούν να αντιληφθούν τη μεταξύ τους σχέση (Burns & Sibley, 2000).

Σε μια προσπάθεια να καταγραφούν τα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται ώστε η διαμεσολάβηση του υλικού στη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης να ενεργοποιεί τον μαθηματικό συλλογισμό των μαθητών, προέκυψε ότι η διαφάνεια είναι ένα από τα σημαντικότερα εξ αυτών. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η διαφάνεια του

Sumblox, μέσα από τη χρήση του σε πράξεις πρόσθεσης και αφαίρεσης από μαθητές Α' δημοτικού.

### **Κριτήρια διαφάνειας του υλικού**

Η διαφάνεια ενός υλικού είναι πολυδιάστατη έννοια και ορίζεται κάθε φορά μέσω της περιγραφής των χαρακτηριστικών της. Ο Meira (1998) ακολουθώντας την άποψη των Lave και Wenger (1998) ότι το εκπαιδευτικό υλικό είναι ένα μέσο επαφής του χρήστη με τη γνώση, τις δραστηριότητες και τις πρακτικές ενός κοινωνικού συνόλου, θεωρεί ότι το χειροπιαστό υλικό αποτελεί ένα κοινωνικό τεχνούργημα, το οποίο ο χρήστης ερμηνεύει και με το οποίο αλληλεπιδρά επηρεαζόμενος από τις κοινωνικές του εμπειρίες. Επιπλέον, θεωρεί ότι η διαφάνεια εξαρτάται από τον βαθμό στον οποίο οι ιδιότητες του υλικού μπορούν να προκαλέσουν γνωστική ανάπτυξη μέσα από την παρατήρηση και κατανόηση των σχέσεων μεταξύ των τμημάτων του. Συνεπώς, θεωρεί ότι η διαφάνεια του υλικού είναι άμεσα επηρεαζόμενη από τον χρήστη και τις προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες του και σχετίζεται με την ποιότητα των σχέσεων ανάμεσα στα τμήματά του και στη μαθηματική έννοια-στόχο.

Οι Chase και Abrahamson (2013) ορίζουν τη διαφάνεια ως τον βαθμό στον οποίο ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση, να αντιληφθεί και να κατανοήσει τον μηχανισμό, τη λογική και τη χρήση του υλικού. Διαχωρίζουν τη διαφάνεια μορφής και τη διαφάνεια λειτουργίας, με την πρώτη να αφορά στη διαφάνεια των τμημάτων και τη δεύτερη στην διαφάνεια του τρόπου χρήσης του υλικού.

Η Stacey και οι συνεργάτιδές της (2001) θεωρούν ότι η διαφάνεια ενός υλικού αναλύεται σε τρία επίπεδα. Σε πρώτο επίπεδο, η διαφάνεια ορίζεται σε κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο ως μια διαδικασία εμπλοκής του χρήστη, η οποία του επιτρέπει να ανακαλύψει τον εσωτερικό μηχανισμό του υλικού. Η διαφάνεια υπό αυτή την έννοια στηρίζεται στην έννοια του Vygotsky για τη διαμεσολάβηση του εργαλείου· εάν προσφέρει τη δυνατότητα στον χρήστη να εμπλακεί ενεργά και να ανακαλύψει τον εσωτερικό μηχανισμό λειτουργίας του, τότε θεωρείται διαφανές. Σε δεύτερο επίπεδο, η διαφάνεια στηρίζεται στην επιστημονική εγκυρότητα του υλικού. Εάν ο δεσμός των χαρακτηριστικών του υλικού με τη μαθηματική έννοια-στόχο είναι ισχυρός -τόσο ως προς το βάθος, όσο και ως προς το πλάτος- εάν δηλαδή το υλικό συνδέεται άμεσα με την έννοια και μπορεί να καλύψει όλες τις πτυχές της χωρίς να οδηγεί σε παρερμηνείες, τότε θεωρείται επιστημονικά έγκυρο. Η κριτική του υλικού από αυτή τη οπτική γίνεται ανεξαρτήτως πλαισίου χρήσης και εστιάζει αποκλειστικά στην επιστημονική του υπόσταση. Η μαθηματική εγκυρότητα, όπως την ορίζουν οι παραπάνω ερευνήτριες, έχει απασχολήσει την Zbiek και τους συνεργάτες της (2007) οι οποίοι όρισαν την επιστημονική/μαθηματική εγκυρότητα ως την πιστότητα του εργαλείου στην αναπαράσταση των μαθηματικών ιδιοτήτων, συμβάσεων και συμπεριφορών. Ωστόσο, οι ερευνητές πρόσθεσαν μια επιπλέον πτυχή της εγκυρότητας του υλικού, τη γνωστική εγκυρότητα. Ως γνωστική εγκυρότητα ορίζουν τη δυνατότητα που προσφέρει το υλικό για σύνδεση με τις γνωστικές διαδικασίες του χρήστη, δηλαδή τη δυνατότητα να κάνει εμφανή τη διαδικασία σκέψης του. Η γνωστική εγκυρότητα του υλικού μπορεί να γίνει

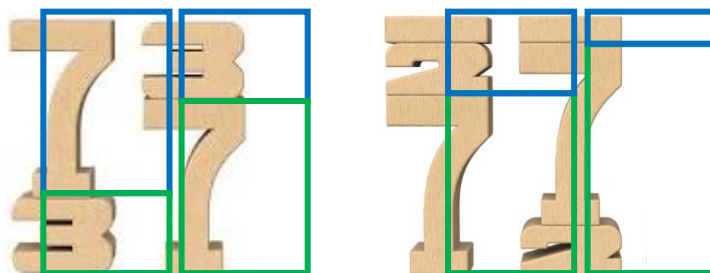


κατανοητή μόνο μέσα από τις αναπαραστάσεις που δημιουργεί ο χρήστης κατά τη χρήση του. Σε τρίτο επίπεδο, η προσβασιμότητα αναφέρεται σε μια συλλογή από κοινωνικούς και ψυχολογικούς παράγοντες που εμφανίζονται κατά τη χρήση του υλικού και επηρεάζουν την ολότητα των χρηστών. Το υλικό ξεετάζεται όταν χρησιμοποιείται από μαζικό αριθμό χρηστών και διερευνάται ο βαθμός στον οποίο το υλικό είναι προσιτό, αρεστό, οικείο στους χρήστες, καθώς και κατά πόσο τους εμπλέκει σε συζήτηση και ενασχόληση.

### Το εκπαιδευτικό υλικό Sumblox

Το Sumblox είναι ένα χειροπιαστό υλικό για την εκμάθηση των αριθμών και των πράξεων. Αποτελείται από ξύλινα τούβλα τα οποία έχουν τη μορφή των ψηφίων, από το 0-9. Όλοι οι αριθμοί αναπαριστούνται ως συνδυασμοί των παραπάνω. Το ύψος κάθε ξύλινου αριθμητικού ψηφίου είναι κατά 1,5 εκ. ψηλότερο από το προηγούμενο. Ως εκ τούτου, όταν ένα τούβλο τοποθετηθεί πάνω σε ένα άλλο, το ύψος τους είναι ίσο με το ύψος του τούβλου που δείχνει το άθροισμά τους. Αντιστοίχως, όταν δυο τούβλα τοποθετηθούν το ένα δίπλα στο άλλο, το τούβλο που πρέπει να τοποθετηθεί επάνω στο κοντύτερο τούβλο για να φτάσει σε ύψος το ψηλότερο, δείχνει τη διαφορά τους. Αντίθετα, το μήκος και το πλάτος όλων των τούβλων είναι το σταθερό.

Με το Sumblox οι μαθητές μπορούν να αναγνωρίσουν τα ψηφία των αριθμών, να υπολογίσουν οποιαδήποτε πράξη και να αντιληφθούν μέρος των ιδιοτήτων των πράξεων, συγκεκριμένα την αντιμεταθετική ( $\alpha+\beta=\beta+\alpha$ ) και την προσεταιριστική ιδιότητα ( $(\alpha+\beta)+\gamma=\alpha+(\beta+\gamma)$ ).



Επίσης, η μορφολογία του, δηλαδή η παρουσίαση των αριθμών με τη συμβολική μορφή τους, καθώς και το ότι τα ύψη των αριθμών-τούβλων ίδιας αξίας είναι ίσα, το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα εκπαιδευτικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την πρόσθεση και την αφαίρεση και του προσάπτει χαρακτηριστικά τα οποία ίσως να μπορούσαν να αποτελέσουν τη «γέφυρα» από την αποτύπωση της πράξης στην κατανόησή της. Επιπλέον, με σωστή χρήση δεν αφήνει περιθώρια για λάθος υπολογισμούς με ακέραιους αριθμούς.

Από την άλλη πλευρά, πρέπει να αναφερθεί ότι δεν γίνεται αντιληπτή η πληθικότητα των αριθμών, ούτε η αξία θέσης των ψηφίων. Η αφαίρεση αντιμετωπίζεται

αποκλειστικά ως διαφορά και όχι ως απομάκρυνση μονάδων και οι αριθμοί αντιπροσωπεύονται αποκλειστικά ως αθροίσματα δεκάδων και μονοψήφιων αριθμών· δεν υπάρχει δυνατότητα δηλαδή για διαφορετικού τρόπου διάσπαση. Επίσης, δεν γίνεται εμφανής η διατακτικότητα των αριθμών, ενώ παρατηρείται ότι το υλικό για πράξεις με αριθμούς μεγαλύτερους της εικοσάδας γίνεται δύσχρηστο.

### **Συνήθη λάθη στις πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης**

Συχνά είναι τα λάθη των μαθητών στις πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης, τα περισσότερα εκ των οποίων πραγματοποιούνται όταν υπάρχουν κρατούμενα και δανεικά (Lee & Corter, 2010; Resnick, 1982; Χατζηγεωργίου, 1990). Αλλά συνήθη λάθη τα οποία καταγράφονται στα βασικά αθροίσματα (με αποτέλεσμα από 2 έως 18) είναι: α) ο λανθασμένος υπολογισμός που διαφέρει κατά 1 με 2 μονάδες από το πραγματικό αποτέλεσμα (π.χ.  $2+6=9$ ), β) η εκτέλεση αφαίρεσης αντί για πρόσθεση παρά τη παρουσία ξεκάθਾਰου συμβόλου, γ) η εκτέλεση πρόσθεσης και αφαίρεσης, όπου, σε ένα άθροισμα, άλλα ψηφία αφαιρούνται και άλλα προστίθενται (π.χ.  $12+11=21$ ), δ) η πρόσθεση ανά στήλες ή ανά ψηφία ως ένας ξεχωριστός ακέραιος αριθμός (π.χ.  $92+19=1011$ ).

Τα συνήθη λάθη στις αφαιρέσεις αφορούν: α) στον υπολογισμό αποτελέσματος που διαφέρει κατά 1 με 2 μονάδες από το πραγματικό (π.χ.  $25-14=12$ ), β) στην αφαίρεση του μικρότερου ψηφίου από τον μεγαλύτερο, ανεξάρτητα αν είναι στον μειωτέο ή στον αφαιρετέο, γ) στην ταυτόχρονη εκτέλεση πρόσθεσης και αφαίρεσης, δ) στην ύπαρξη μηδενός στον μειωτέο, ε) στην ύπαρξη στον μειωτέο ψηφίου τάξης (π.χ. εκατοντάδων) χωρίς να υπάρχει ψηφίο αντίστοιχης τάξης στον αφαιρετέο. Επιπλέον λάθη που έχουν καταγραφεί στον αλγόριθμο της αφαίρεσης (Σκανδαλάκη & Σκουμπούρη, 2014) σχετίζονται με ημιτελή λύση, αφαίρεση ψηφίου του μειωτέου από ψηφίου του αφαιρετέου, πρόσθεση αντί για αφαίρεση και κατά προσέγγιση υπολογισμός με λάθος διαφορά.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Με σκοπό τη διερεύνηση της διαφάνειας του Sumblox μέσα από τις πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης πραγματοποιήθηκε έρευνα σε έξι μαθητές Α΄ τάξης δημοτικού (3 αγόρια και 3 κορίτσια) σε ένα δημόσιο σχολείο της Αθήνας. Κάθε μαθητής ολοκλήρωσε με την ερευνήτρια μία συνεδρία είκοσι λεπτών, σε αίθουσα εκτός της σχολικής τάξης.

Στην πρώτη φάση της έρευνας, κάθε μαθητής συμπλήρωσε ένα φύλλο εργασίας (pre-test) που περιελάμβανε μαθηματικές πράξεις πρόσθεσης και αφαίρεσης. Τα φύλλα εργασίας σχεδιάστηκαν βάσει των συνήθων λαθών των μαθητών και των προτεινόμενων δραστηριοτήτων των σχολικών εγχειριδίων για την Α΄ δημοτικού. Στη δεύτερη φάση, εμφανίστηκε το υλικό στα παιδιά και τέθηκαν δύο ερωτήσεις (1. «Μπορείς να μου πεις τι βλέπεις?», 2. «Μπορείς να φανταστείς πώς χρησιμοποιείται?»), οι οποίες στόχευαν στη διερεύνηση της διαφάνειας μορφής και λειτουργίας του υλικού πριν τη χρήση του. Έπειτα, εξηγήθηκε ο τρόπος χρήσης του υλικού και για να επιβεβαιωθεί η κατανόησή του ζητήθηκε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το υλικό για να αναπαραστήσουν

πράξεις από το φύλλο εργασίας (pre-test), αλλά και να δείξουν πράξεις που ήθελαν οι ίδιοι. Στην τρίτη φάση, δόθηκε σε κάθε μαθητή ένα νέο φύλλο εργασίας (post-test) το οποίο περιελάμβανε ασκήσεις αντίστοιχης δυσκολίας με το pre-test. Οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να επιλέξουν εάν ήθελαν να χρησιμοποιήσουν το υλικό Sumblox ή όχι για να συμπληρώσουν τις πράξεις. Στο τέλος της τρίτης φάσης τέθηκαν δύο ερωτήσεις (1α. «Σε βοήθησε αυτό το υλικό να υπολογίσεις τις πράξεις? Γιατί?») ή 1β. «Γιατί δεν επέλεξες να χρησιμοποιήσεις το υλικό;» 2. «Θα ήθελες να το έχεις στην τάξη σου?») οι οποίες στόχευαν στη διερεύνηση της προσβασιμότητας του υλικού ως προς τον βαθμό στον οποίο είναι αρεστό στους χρήστες.

Μετά τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων αναλύθηκαν τα στοιχεία εκείνα που αποτέλεσαν τη βάση για την αξιολόγηση του υλικού ως προς τη διαφάνειά του. Βάσει των αποτελεσμάτων του pre-test οι μαθητές ομαδοποιήθηκαν σε χαμηλών, μέτριων και άριστων επιδόσεων με αντίστοιχα σωστές απαντήσεις έως 5/10, 7/10 και 10/10 και για την καταγραφή τους χρησιμοποιήθηκαν τα αντίστοιχα αρχικά X, M, A. Η καταγραφή του φύλου τους έγινε με τα αρχικά K, A για τα κορίτσια και τα αγόρια αντίστοιχα.

Η διαφάνεια του υλικού ορίστηκε σύμφωνα με τον βαθμό κάλυψης των επιπέδων της προσβασιμότητας και εγκυρότητας, έννοιες οι οποίες συντέθηκαν από τα στοιχεία της βιβλιογραφίας. Η προσβασιμότητα του υλικού αναλύθηκε σε δύο υποκατηγορίες: την ατομική και τη μαζική. Η ατομική προσβασιμότητα εξετάστηκε μέσα σε συγκεκριμένο κοινωνικό πλαίσιο και αφορούσε στον βαθμό στον οποίο το υλικό ήταν διαφανές ως προς τη μορφή και τη λειτουργία του και στον βαθμό στον οποίο ήταν θελκτικό και οικείο, εάν δηλαδή οι χρήστες ήταν θετικά διακείμενοι απέναντί του και αν ήθελαν να το χρησιμοποιήσουν. Τα δεδομένα για τη διάσταση της ατομικής προσβασιμότητας συλλέχθηκαν α) από τις ερωτήσεις που αφορούσαν στη μορφή και στον τρόπο χρήσης του υλικού, β) από τον βαθμό αλληλεπίδρασης των χρηστών με το υλικό και κατανόησης της λειτουργίας του -και συνεπώς της διαφάνειας λειτουργίας του υλικού- και γ) από την επιλογή ή όχι των χρηστών για την χρήση του στην ολοκλήρωση του post-test. Η μαζική προσβασιμότητα εξετάστηκε μέσα από τους κοινωνικούς παράγοντες που επηρεάζουν τον μαζικό πληθυσμό σε δύο διαστάσεις: τον βαθμό στον οποίο το υλικό είναι ευρέως διαδεδομένο στο ευρύ κοινό και τον βαθμο στον οποίο είναι προσιτό στους χρήστες. Η πρώτη διάσταση της μαζικής προσβασιμότητας αξιολογήθηκε βάσει της διαθεσιμότητας και του οικονομικού κόστους του υλικού, ενώ η δεύτερη διάσταση βάσει της άποψης των χρηστών για το υλικό σε διαφορετικά κοινωνικά πλαίσια.

Η εγκυρότητα του υλικού εξετάστηκε, πριν και κατά τη διάρκεια της έρευνας. Τα δεδομένα για την εγκυρότητα του υλικού συλλέχθηκαν σε ανεξάρτητο-μη κοινωνικό πλαίσιο, όπου αναλύθηκε η επιστημονική εγκυρότητα του υλικού, δηλαδή το κατά πόσο υπάρχει «δεσμός» και τι είδους μεταξύ του υλικού και της μαθηματικής έννοιας-στόχου. Τα δεδομένα για την επιστημονική εγκυρότητα κατά τη διάρκεια της χρήσης του συλλέχθηκαν μέσω της γνωστικής του εγκυρότητας, δηλαδή της δυνατότητας του υλικού να προκαλεί μαθηματικούς συλλογισμούς και να κάνει εμφανή τη διαδικασία σκέψης του χρήστη.

Οι διαβαθμίσεις που χρησιμοποιήθηκαν για να αξιολογηθεί κάθε επίπεδο και συνολικά η διαφάνεια του υλικού Sumblox ήταν: ‘ικανοποιητική’, ‘μερικώς ικανοποιητική’ και ‘μη ικανοποιητική’, ανάλογα με τον βαθμό κάλυψης των επιμέρους στοιχείων του κάθε επιπέδου.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Ατομική προσβασιμότητα

Η αξιολόγηση της ατομικής προσβασιμότητας του υλικού βασίστηκε στην αντίδραση των μαθητών προς αυτό. Μέσα από τις απαντήσεις των μαθητών φάνηκε πως η διαφάνεια μορφής του υλικού ήταν μερικώς ικανοποιητική, καθώς οι μαθητές αναγνώρισαν μορφολογικά στοιχεία του υλικού, αλλά ταυτοχρόνως παρουσίασαν πολλές παρερμηνείες. Δύο από τους έξι μαθητές αναγνώρισαν στη μορφή του υλικού μόνο αριθμούς, δύο αναγνώρισαν αριθμούς και γράμματα και δύο αναγνώρισαν αριθμούς, γράμματα και αντικείμενα/σχήματα. Μόνο ένας από τους έξι μαθητές αναγνώρισε με επιτυχία όλους τους αριθμούς, ενώ οι υπόλοιποι πέντε παρουσίασαν παρερμηνείες. Τα τούβλα που φάνηκε ότι δυσκόλεψαν ιδιαίτερα τους μαθητές (από αυτά που αναγνωρίστηκαν) ήταν ο αριθμός 2 (παρερμηνεία σε 4/6 μαθητές) και οι αριθμοί 1, 3, 5 και 7 (παρερμηνεία σε 3/6 μαθητές). Συγκεκριμένα, ο αριθμός 5 αναγνωρίστηκε κυρίως ως 2, ο αριθμός 2 ως N, ο αριθμός 3 ως M, ενώ οι αριθμοί 1 και 7 είχαν ποικίλες ερμηνείες. Ως προς τη σχέση του φύλου και της διαφάνειας μορφής, τα κορίτσια αναγνώρισαν με μεγαλύτερη επιτυχία τα ψηφία των τούβλων με μέσο όρο 7,6/10 έναντι των αγοριών με μέσο όρο 5/10. Κανένας μαθητής δεν ανέφερε το αναλογικό ύψος των τούβλων.

Η διαφάνεια λειτουργίας του υλικού κρίθηκε μερικώς ικανοποιητική, καθώς ένα μέρος του δείγματος αναγνώρισε τη χρήση του υλικού για μαθηματικό σκοπό, ενώ εμφανίστηκαν συγχρόνως παρερμηνείες. Δύο από τους έξι μαθητές δεν μπόρεσαν να φανταστούν πού χρησιμοποιείται το υλικό, ένας μαθητής φαντάστηκε ότι το υλικό χρησιμοποιείται ως οικοδομικό εργαλείο, ένας μαθητής συνέδεσε το υλικό με τη γραμματική και την αριθμητική και οι υπόλοιποι δύο ανέφεραν ότι το υλικό «μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αριθμούς και νούμερα». Παρατηρήθηκε συνεπώς, ότι οι μισοί μαθητές αντιλήφθηκαν τον εσωτερικό μηχανισμό του υλικού.

Ως προς τη σχέση του φύλου και της αντίληψης της διαφάνειας λειτουργίας του υλικού φάνηκε ότι τα κορίτσια δυσκολεύτηκαν περισσότερο από τα αγόρια. Συγκεκριμένα το υλικό χρησιμοποιήθηκε στο post-test από δύο κορίτσια και ένα αγόρι. Από τα κορίτσια, το ένα παρουσίασε δυσκολία στην αναπαράσταση των αριθμών από το 11 έως το 19 ως αθροίσματα δεκάδας και μονάδων και τα αναπαριστούσε ως αθροίσματα μιας μονάδας με άλλων μονάδων (π.χ. 12 ως 1 και 2, αντί 10 και 2). Το άλλο κορίτσι αντί να αθροίζει τα τούβλα τα θεωρούσε ως ενιαίο αριθμό (π.χ. τα τούβλα 3 και 4 το ένα επάνω από το άλλο, αντί για 7 το υπολόγιζε 34). Αντίθετα, το αγόρι που χρησιμοποίησε το υλικό, το χρησιμοποίησε με επιδεξιότητα, καθώς ήταν ο μόνος που υπολόγισε επιτυχώς πράξη με υπέρβαση της εικοσάδας ως άθροισμα γνωστών αριθμών (στην πράξη  $12+9$  αναπαρέστησε το 12 ως  $10+1+1+9$  και το άθροισμά τους ως  $10+5+5+1$ ) και τροποποίησε εν μέρει τον τρόπο χρήσης του υλικού προκειμένου να το προσαρμόσει στην πράξη που

είχε να υπολογίσει (επειδή δεν είχε δύο τούβλα με τον αριθμό 1, έβαλε ένα τούβλο με τον αριθμό 2 πάνω από δύο στήλες και ανέφερε ότι η μία μονάδα ανήκει στη μία στήλη και η άλλη στην άλλη).

Από τους έξι μαθητές, τρεις επέλεξαν να το χρησιμοποιήσουν (ένα κορίτσι και δύο αγόρια). Συγκεκριμένα, το υλικό ήταν πιο αρεστό στους μαθητές με μέτριες και χαμηλές επιδόσεις, καθώς οι άριστοι δεν το χρησιμοποίησαν καθόλου, ίσως επειδή δεν ένιωσαν την ανάγκη, ενώ οι υπόλοιποι το αντιμετώπισαν ως ένα βοηθητικό εργαλείο. Επίσης, οι μαθητές δεν είχαν καμία προηγούμενη εμπειρία με το υλικό και η χρήση του έγινε μέσα στον σχολικό χώρο, αλλά εκτός της σχολικής αίθουσας, γεγονός που πιθανόν να επηρέασε την επιλογή ή όχι της χρήσης του. Κανένας μαθητής δεν χρησιμοποίησε το υλικό για τον υπολογισμό όλων των πράξεων, γεγονός που δείχνει ότι το υλικό, είτε δεν είχε την ισχύ να κρατήσει αμείωτο το ενδιαφέρον, είτε δεν ήταν τόσο εξυπηρετικό για τη διευκόλυνση των υπολογισμών.

Οι μαθητές που επέλεξαν να υπολογίσουν τις πράξεις του post-test χωρίς το υλικό προέβαλαν ως βασικά μειονεκτήματά του τη χρονοβόρα διαδικασία, τη δυσκολία στη χρήση και το ότι κλήθηκαν να το χρησιμοποιήσουν εκτός σχολικής αίθουσας. Αντίθετα, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το υλικό περιορίστηκαν στην απάντηση ότι τους βοηθάει να υπολογίσουν τις πράξεις. Παρόλα αυτά, όλοι οι μαθητές, είτε χρησιμοποίησαν το υλικό είτε όχι, θα ήθελαν να το έχουν στην τάξη τους. Οι λόγοι που θα το ήθελαν ήταν είτε για τον υπολογισμό δύσκολων πράξεων με μεγάλους αριθμούς, είτε ως μέθοδο επαλήθευσης. Επειδή λοιπόν, οι μισοί μαθητές χρησιμοποίησαν το υλικό όταν είχαν την ελεύθερη επιλογή, αλλά όλοι εξέφρασαν την επιθυμία να το έχουν στην τάξη τους, η ατομική προσβασιμότητα του υλικού πριν τη χρήση του χαρακτηρίζεται ως μερικώς ικανοποιητική.

**Πίνακας 1:** Αναλογία χρήσης του υλικού από τους χρήστες ανά επίδοση

|    | ΕΠΙΛΟΓΗ ΧΡΗΣΗΣ<br>ΥΛΙΚΟΥ | ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑ<br>ΕΠΙΔΟΣΗ |
|----|--------------------------|--------------------------------|
| AK | ✘                        |                                |
| AA | ✘                        | 0/2                            |
| MK | ✓                        |                                |
| MA | ✘                        | 1/2                            |
| XK | ✓                        |                                |
| XA | ✓                        | 2/2                            |

### Μαζική προσβασιμότητα του υλικού

Η μαζική προσβασιμότητα του υλικού εξετάζει το βαθμό στον οποίο είναι διαδεδομένο και προσιτό σε μαζικό πληθυσμό. Ωστόσο όσον αφορά το Sumblox δεν υπάρχει μαζική προσβασιμότητα γιατί το υλικό δεν είναι ευρέως διαδεδομένο στο ευρύ κοινό και άρα δεν μπορούμε να αποφανθούμε αν θα ήταν προσιτό στους χρήστες. Παρότι είναι διαθέσιμο παγκοσμίως, απευθύνεται μόνο σε όσους έχουν την οικονομική δυνατότητα να το προμηθευτούν, καθώς είναι ένα υλικό με μεγάλο κόστος. Ως εκ τούτου η μαζική προσβασιμότητά του αξιολογείται ως μη ικανοποιητική.

### **Επιστημονική εγκυρότητα του υλικού**

Μέσα από τη χρήση του υλικού, επιβεβαιώθηκαν μερικές από τις αρχικές παρατηρήσεις που αφορούν στην επιστημονική του εγκυρότητα, με βασική από αυτές την αδυναμία αντίληψης της αξίας θέσης των ψηφίων και της πληθικότητας των αριθμών, η οποία οδήγησε δυο από τους τρεις μαθητές σε λάθος υπολογισμούς. Χαρακτηριστικά η ΧΚ στην πράξη  $12+2$  τοποθέτησε τα τουβλάκια με τον αριθμό 1, 2 και 2 το ένα επάνω στο άλλο ως αναπαράσταση του  $12+2$  (ενώ αναπαριστούν το άθροισμα  $1+2+2$ ). Στη συνέχεια βρήκε το τουβλάκι που έχει το ίδιο ύψος (το τουβλάκι 5) και συνεπώς ως αποτέλεσμα της πράξης  $12+2$  βρήκε 5.



Επιπλέον, όσοι μαθητές χρησιμοποίησαν το υλικό για να βρουν το αποτέλεσμα αφαιρέσεων, χρησιμοποίησαν το υλικό ψάχνοντας για τη διαφορά των αριθμών (δηλαδή για το τουβλάκι που θα ισοσταθμίσει τα ύψη τους). Κανένας μαθητής δεν σκέφτηκε να αναδιαμορφώσει τον αφαιρέτεο ώστε να αντιμετωπίσει την αφαίρεση ως απομάκρυνση ποσοτήτων. Για παράδειγμα, στην αφαίρεση  $15-7$  οι μαθητές αναζητούσαν το/τα τουβλάκια που θα τοποθετούνταν πάνω στο 7 για να φτάσουν σε ύψος το 15. Κανείς όμως δεν αναδιαμόρφωσε τον αφαιρέτεο (15) αντικαθιστώντας τα τουβλάκια 10 και 5 σε 8 και 7 ώστε να αφαιρέσει το 7 και να βρει το αποτέλεσμα (8).

Λαμβάνοντας υπόψη τις αρχικές παρατηρήσεις σε συνδυασμό με αυτές κατά τη χρήση του υλικού η επιστημονική του εγκυρότητα θεωρήθηκε μη ικανοποιητική, βασισμένοι στην μερική κάλυψη των ποικίλων διαστάσεων της έννοιας του αριθμού και όλων των ειδών των πράξεων της πρόσθεσης και της αφαίρεσης.

### **Γνωστική εγκυρότητα του υλικού**

Το Sumblox δεν κατάφερε να αναδείξει τη σκέψη των μαθητών και αυτό φάνηκε από τη μηχανική χρήση του, χωρίς να παρουσιάζεται κριτικός αναστοχασμός ως προς τη λογική των αποτελεσμάτων. Οι μαθητές βασίζονταν αποκλειστικά στο υλικό, χωρίς να αξιολογούν και να τεκμηριώνουν τον μαθηματικό συλλογισμό τους. Το γεγονός αυτό μειώσε τη γνωστική εγκυρότητα του υλικού καθώς δεν προσέφερε στους μαθητές τον χώρο να αναπτύξουν τον τρόπο σκέψης τους, ούτε τη δυνατότητα αυτοδιόρθωσης.

Η χρήση του Sumblox κατά τη διάρκεια του post-test δεν μπόρεσε να δώσει ξεκάθαρη εικόνα για την επίδρασή του πάνω στα βασικά λάθη των μαθητών στις πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης. Συγκεκριμένα, η μαθήτρια μέτριων επιδόσεων οδηγήθηκε σε λάθος υπολογισμούς λόγω σφάλματος στη χρήση του υλικού και όχι λόγω κοινών σφαλμάτων. Η μαθήτρια χαμηλών επιδόσεων οδηγήθηκε σε σφάλματα λόγω λανθασμένης χρήσης του υλικού αλλά επίσης, λόγω του σφάλματος που εμφάνισε και στο pre-test σε βασικά αθροίσματα με διαφορά 1 ή 2 μονάδες από το αποτέλεσμα. Ο μαθητής χαμηλών επιδόσεων δεν εμφάνισε σφάλματα στο post-test, ωστόσο συμπλήρωσε προσθέσεις με υπέρβαση της εικοσάδας, που στο pre-test είχε αφήσει κενές. Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν απόδειξη ότι η γνωστική εγκυρότητα του υλικού δεν είναι σταθερή και για αυτόν τον λόγο αξιολογήθηκε ως μη ικανοποιητική.

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η διαφάνεια ως ένα από τα κριτήρια αξιολόγησης ενός εκπαιδευτικού υλικού αναλύεται σε δύο επίπεδα, τα οποία συνδιαμορφώνουν τον βαθμό της. Η διαφάνεια του Sumblox, για την πρόσθεση και την αφαίρεση, μέσα από την παρούσα έρευνα χαρακτηρίζεται κατά κύριο λόγο μη ικανοποιητική εφόσον τα επιμέρους στοιχεία της προσβασιμότητας και της εγκυρότητας του υλικού χαρακτηρίζονται ως μερικώς ή μη ικανοποιητικά.

Κάποιες προτάσεις που μπορούν να ληφθούν υπόψη για την παραγωγή υλικού με μεγαλύτερο βαθμό διαφάνειας είναι οι παρακάτω: i. Πιο ευδιάκριτη παρουσίαση των ψηφίων των αριθμών με καμπύλες γωνίες και στρογγυλεμένη μορφή όπου είναι αναγκαίο, προκειμένου να ελαττωθούν σε σημαντικό βαθμό οι παρερμηνείες που αφορούν στην διαφάνεια της μορφής. ii. Συμπλήρωση της μίας πλευράς των τούβλων με αντικείμενα πληθικότητας αντίστοιχης του αριθμού. Αυτή η αλλαγή προτείνεται, ώστε τα παιδιά να έχουν ταυτόχρονα ορατή την πληθικότητα και τον συμβολισμό του κάθε αριθμού. Επίσης, η λύση αυτή πιθανόν να βοηθήσει τους μαθητές ώστε να μην αντιλαμβάνονται το 1 και το 3 ως 13, καθώς θα βλέπουν συνολικά τέσσερα αντικείμενα και όχι δεκατρία. iii. Τα τούβλα με τον αριθμό δέκα να μπορούν να συνδέονται με τα άλλα τούβλα και να δημιουργούν μία σύνθεση, ώστε να γίνονται διακριτοί οι διψήφιοι αριθμοί ως άθροισμα μιας δεκάδας και μονάδων (όπως πχ.  $13=10+3$ ) και όχι μιας μονάδας και άλλων μονάδων (όπως πχ.  $13\neq 1+3$ ).

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία αρχική διερεύνηση της διαφάνειας του Sumblox. Ως εκ τούτου, προτείνεται περαιτέρω έρευνα, τόσο σε ότι αφορά στις υπόλοιπες πράξεις για τις οποίες προτείνεται, όσο και σε μεγαλύτερες ηλικίες προσφέροντας μεγαλύτερο χρόνο εξάσκησης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Burns, M., & Silbey, R. (2000). *So you have to teach math? Sound advice for K-6 teachers*. Sausalito, CA: Math Solutions Publications.
- Chase, K., & Abrahamson, D. (2013). Rethinking transparency: constructing meaning in a physical and digital design for algebra. In *12th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 475-478). New York: ACM.
- Gilbert, R. & Bush, W. (1988). Familiarity, availability, and use of manipulative devices in mathematics at the primary level. *School Science and Mathematics*, 88 (6), 459-469.
- Lave, J., & Wenger, E. (1998). *Situated learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lee, J., & Corter, J. (2010). Diagnosis of Subtraction Bugs Using Bayesian Networks. *Applied Psychological Measurement*, 35(1), 27-47. <http://dx.doi.org/10.1177/0146621610377079>
- Meira, L. (1998). Making Sense of Instructional Devices: The Emergence of Transparency in Mathematical Activity. *Journal For Research In Mathematics Education*, 29(2), 121. <http://dx.doi.org/10.2307/749895>
- Resnick, L. (1982). Syntax and Semantics in Learning to Subtract. In T. Carpenter, J. Moser & T. Romberg, *Addition and Subtraction: A developmental perspective* (pp. 139-141). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Σκανδαλάκη, Ε., & Σκουμπουρδή, Χ. (2014). Επίλυση αλγόριθμου αφαίρεσης από μαθητές Β΄ τάξης. Στο *31ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας, Προκλήσεις και Προοπτικές της Μαθηματικής Εκπαίδευσης & Έρευνας στη Διεθνοποιημένη Δικτυακή Εποχή* (σσ. 881-890). Βέροια: ΕΜΕ.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- 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.
- Χατζηγεωργίου, Α. (1990). Η πρόσθεση και η αφαίρεση στους ακεραίους. Δυσκολίες και λάθη των μαθητών. *Ευκλείδης Γ'*, 7(27), 8-24.
- Zbiek, R., Heid, K., Blume, G., & Dick, T. (2007). Research on Technology in Mathematics Education: The Perspective of Constructs. In F. Jester Jr., *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 1169-1207). Charlotte, NC: IAP.



# Η μέτρηση μήκους ως πολιτισμική πρακτική στο Νηπιαγωγείο με την αξιοποίηση κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού

Ζωή Κωνσταντινίδου και Μαρία Παπανδρέου

Παιδικό Κέντρο, ΑΠΘ, konstzoe@auth.gr  
ΤΕΠΑΕ, ΑΠΘ, mpapan@nured.auth.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία αυτή επιχειρεί να αναδείξει την αξία του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού για την ανάδυση των μαθηματικών εμπειριών και γνωστικών αποθεμάτων των παιδιών σε συνδυασμό με τον κρίσιμο ρόλο του εκπαιδευτικού για την αξιοποίηση και την εξέλιξη της μαθηματικής τους σκέψης. Παρουσιάζεται μια μελέτη περίπτωσης, όπου το ενδιαφέρον των παιδιών μιας τάξης νηπιαγωγείου για τα εργαλεία μέτρησης της γωνιάς των μαθηματικών και οι προηγούμενες εμπειρίες τους τροφοδότησαν την υλοποίηση ενός σχεδίου εργασίας για τη μέτρηση. Η εργασία εστιάζει στον τρόπο που αναδύθηκαν το ενδιαφέρον και οι προηγούμενες εμπειρίες τους, ενώ παρουσιάζει και αναλύει βασικές φάσεις από την εξέλιξη του σχεδίου εργασίας. Οι εκπαιδευτικοί παρακολουθώντας τον βηματισμό των παιδιών στον τρόπο που επεξεργάζονταν τα εργαλεία και την έννοια της μονάδας μέτρησης και τη διαδικασία της επανάληψης ενίσχυσαν με κατάλληλες στρατηγικές την εξέλιξη της μαθηματικής τους σκέψης.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** αναδυόμενη μάθηση, γραμμική μέτρηση, εργαλεία μέτρησης, προσχολική ηλικία, υλικό μαθηματικών.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον Vygotsky (1987) οι καθημερινές έννοιες που μαθαίνουν τα παιδιά μέσα από ποικίλες και οικείες δραστηριότητες αποτελούν θεμέλια για τη μάθηση των επιστημονικών εννοιών. Οι καθημερινές δραστηριότητες πλαισιώνουν τις έννοιες και έτσι τις νοηματοδοτούν. Τα παιδιά τις ενσωματώνουν στις εμπειρίες τους και μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν για τη μάθηση των επιστημονικών εννοιών όταν υπάρχει η κατάλληλη παιδαγωγική διαχείριση στο πλαίσιο του σχολείου. Αυτή η προοπτική αποκτά μεγάλη σημασία για την μάθηση και διδασκαλία στις μικρές ηλικίες και γι' αυτό θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η σύνδεση των μαθηματικών εμπειριών που αποκτούν τα παιδιά στο οικογενειακό τους περιβάλλον και στο ευρύτερο κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο με αυτές που αναπτύσσονται στο σχολικό περιβάλλον (Guberman, 2004). Τα περισσότερα παιδιά

άλλωστε φτάνουν στο σχολείο με σημαντικές δεξιότητες και κατανόηση σε τομείς με μαθηματικό περιεχόμενο (Clarke, Clarke & Cheeseman, 2006). Σύμφωνα με τους MacDonald και Lowrie (2011) όταν ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη τα κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια των παιδιών, οι μαθηματικές δραστηριότητες αποκτούν προσωπικό νόημα για κάθε παιδί, ενώ παράλληλα ενισχύεται το μαθηματικό νόημα και έτσι εξασφαλίζεται ουσιαστική μάθηση.

Ένα είδος πρώιμων μαθηματικών εμπειριών που φαίνεται να αποκτούν σχετικά νωρίς τα παιδιά μέσα από διάφορες καθημερινές δραστηριότητες συνδέεται με τη χρήση μετρικών εργαλείων (MacDonald & Lowrie, 2011; Παπανδρέου, Σοφianoπούλου, Καλογιαννίδου & Μπιρμπίλη, 2015). Ο χάρακας, η μετροταινία και η μεζούρα αποτελούν πολιτισμικά εργαλεία και η χρήση τους είναι μια δράση ενδιαφέρουσα και με νόημα για τα παιδιά, καθώς η αριθμητική αναπαράσταση των μονάδων πάνω σε ένα χάρακα τα διευκολύνει να δουν στη πράξη τις εφαρμογές της μέτρησης (MacDonald & Lowrie, 2011). Μέσω εμπειριών μέτρησης στο οικογενειακό ή κοινωνικό περιβάλλον τους, τα παιδιά δομούν ένα είδος άτυπων γνώσεων για το μήκος και τη μέτρησή του που μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν για να κατανοήσουν σταδιακά τη γραμμική μέτρηση. Παρόλο που, η κατάρκτηση της γραμμικής μέτρησης προϋποθέτει τη κατανόηση ενός σύνθετου δικτύου εννοιών και ιδιοτήτων, ανάμεσα στις οποίες βρίσκονται η επανάληψη της μονάδας μέτρησης (unit iteration), η επικάλυψη (tiling) του αντικειμένου προς μέτρηση με μονάδες και η χρήση μονάδων ίδιου μεγέθους (identical units) κατά τη διαδικασία μέτρησης, οι περισσότεροι ερευνητές σήμερα συμφωνούν ότι είναι απαραίτητο τα παιδιά να κατανοήσουν όχι μόνο το δίκτυο εννοιών, αλλά και τη διαδικασία χρήσης των συμβατικών μετρικών εργαλείων καθώς και τις μεταξύ τους αμοιβαίες σχέσεις (Nunes & Bryant, 1996). Προηγούμενες έρευνες έδειξαν ότι παιδιά 4-6 ετών αναγνωρίζουν την αριθμητική αναπαράσταση των μονάδων και την ακολουθία των αριθμών επάνω στα μετρικά εργαλεία και έχουν ακόμα και κάποια στοιχειώδη αντίληψη για τα όμοια χωρικά διαστήματα των μονάδων σε αυτά (MacDonald & Lowrie, 2011; Παπανδρέου κ.ά., 2015), ενώ όταν έχουν αρκετές εμπειρίες μέτρησης στην καθημερινή τους ζωή περιγράφουν με αρκετή λεπτομέρεια και ακρίβεια τον τρόπο χρήσης των εργαλείων (Παπανδρέου κ.ά., 2015). Αυτές, οι εκτός σχολείου εμπειρίες, φαίνεται ότι μπορούν να συμβάλλουν καθοριστικά στη μάθηση της μέτρησης. Πράγματι, τα ευρήματα των Irwin, Vistro-Yu και Ell (2004) έδειξαν τη σημασία των ανεπίσημων εμπειριών των μικρών παιδιών για την κατανόηση της μέτρησης του μήκους σε δυο διαφορετικά πολιτισμικά πλαίσια. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξε και η Macdonald (2011) διαπιστώνοντας επιπλέον ότι, όταν τα παιδιά έχουν ευκαιρίες να χρησιμοποιήσουν τις μετρήσεις για δικούς τους σκοπούς και να μιλήσουν για αυτές τις δράσεις ενισχύεται η μάθηση της μέτρησης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, φαίνεται ότι οι προηγούμενες εμπειρίες των μικρών παιδιών με ποικίλα συμβατικά εργαλεία μέτρησης είναι αυξημένες και ότι αυτές μπορούν να συμβάλλουν στην κατάκτηση της μέτρησης. Ωστόσο, διαπιστώνεται ότι τα εργαλεία μέτρησης δεν έχουν κερδίσει την προσοχή που χρειάζεται στο σχολείο και συνήθως δεν αξιοποιούνται με ουσιαστικό τρόπο (Lowrie, Logan & Scriven, 2012). Αντιμετωπίζοντας λοιπόν ως πρόκληση τη σύνδεση των καθημερινών εμπειριών μέτρησης που έχουν τα

παιδιά εκτός σχολείου με αυθεντικά προβλήματα μέτρησης στο σχολικό περιβάλλον, η μελέτη αυτή επιχειρεί να αναδείξει την αξία χρήσης των συμβατικών εργαλείων μέτρησης ως κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό για την ανάδυση των εμπειριών και των γνωστικών αποθεμάτων τους σε συνδυασμό με τον κρίσιμο ρόλο του εκπαιδευτικού για την αξιοποίηση και την εξέλιξη των καθημερινών πρακτικών τους με σκοπό την κατανόηση τη γραμμικής μέτρησης και του μήκους.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Η μελέτη αυτή υλοποιήθηκε σε μια τάξη Νηπιαγωγείου (Παιδικό Κέντρο, ΑΠΘ) με 15 παιδιά ηλικίας 5-6 ετών και διήρκησε συνολικά 6 μήνες, όπου στο διάστημα αυτό υλοποιούνταν και άλλα προγράμματα. Στην τάξη αυτή, η ώρα των ελεύθερων δραστηριοτήτων των παιδιών στα κέντρα ενδιαφέροντος θεωρείται καθοριστικής σημασίας για την εξέλιξη του προγράμματος, καθώς οι αναδυόμενες δράσεις τους, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους και με τα υλικά που προσφέρονται παρατηρούνται και καταγράφονται από τις εκπαιδευτικούς με συστηματικό τρόπο και αξιοποιούνται για την ανάπτυξη σχεδίων εργασίας. Στο πλαίσιο αυτό, η επιλογή και η παροχή του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού αποτελεί τον βασικό παράγοντα για την ανάδυση εμπειριών, γνώσεων και ενδιαφερόντων των παιδιών και συνεπώς κατάλληλων ευκαιριών μάθησης. Συνήθως το εκπαιδευτικό υλικό των κέντρων ενδιαφέροντος (γωνιές) αποθηκεύεται σε κουτιά στα ράφια της βιβλιοθήκης με στόχο την οικονομία χώρου. Τη συγκεκριμένη χρονιά, οι εκπαιδευτικοί αποφάσισαν να δώσουν ιδιαίτερη έμφαση στο υλικό των μαθηματικών και έτσι δημιούργησαν μέσα στην τάξη μια μόνιμη γωνιά μαθηματικών με υλικό από την καθημερινότητα των παιδιών (χάρακες, μεζούρες κτλ). Κάποια ημέρα, για τυχαίους λόγους και στην προσπάθειά τους να βρουν λύση σε ένα πρόβλημα κατά τη διάρκεια του ελεύθερου παιχνιδιού, χρησιμοποίησαν ένα μέτρο. Αυτό αποτέλεσε την αφορμή για να αρχίσουν κι άλλα παιδιά και σταδιακά όλο και περισσότερα να χρησιμοποιήσουν το υλικό της. Το έντονο ενδιαφέρον των παιδιών και οι προηγούμενες εμπειρίες τους τροφοδότησαν την υλοποίηση ενός σχεδίου εργασίας για τη μέτρηση.

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η συμμετοχική παρατήρηση, με βιντεοσκόπηση, φωτογράφιση και σημειώσεις πεδίου, η οποία αποτελεί άλλωστε και τη θεμελιώδη παιδαγωγική στρατηγική των εκπαιδευτικών της τάξης. Τα δεδομένα μελετήθηκαν με στόχο να εντοπιστούν οι κομβικές φάσεις-περιστατικά που καθόρισαν την έναρξη και την εξέλιξη του σχεδίου εργασίας και που αναδεικνύουν την εξέλιξη της σκέψης των παιδιών στον τομέα των μετρήσεων. Σύμφωνα με αυτές τις φάσεις παρουσιάζονται στη συνέχεια τα αποτελέσματα της μελέτης.

## **ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

### **Τυχαίες περιστάσεις διερεύνησης συμβατικών και μη συμβατικών εργαλείων μέτρησης και ανάδυση του ενδιαφέροντος των παιδιών**

Κατά τη διάρκεια του ελεύθερου παιχνιδιού στο κουκλόσπιτο, δυο παιδιά διαφώνησαν καθώς το ένα εμπόδιζε το άλλο κι αποφάσισαν να το χωρίσουν. Σκέφτηκαν να μετρήσουν έτσι ώστε ο χωρισμός να είναι 'δίκαιος' και για τους δύο. Μέτρησαν το μήκος της

εξωτερικής πλευράς του κουκλόσπιτου με κορδέλες, πατούσες και άνοιγμα χεριών, αλλά διαφώνησαν. «Δεν είναι δίκαιο, εσύ έχεις πιο μεγάλες πατούσες», «η δικιά μου κορδέλα είναι πιο μικρή». Τότε το ένα παιδί έφερε τη μεζούρα από τη γωνιά των μαθηματικών. Την άνοιξαν και χώρισαν την απόσταση έτσι ώστε στον καθένα να αντιστοιχεί μήκος ίσο με την απόσταση μιας μεζούρας. Λίγο αργότερα, το ένα παιδί ζήτησε να διευρύνει την απόσταση που του αναλογούσε και ακολούθησε ο διάλογος:

X: Να το πάμε λίγο πιο εκεί; Δεν χωράει η καρέκλα μου!

K: Ναι, αλλά δεν θα είναι δίκαιο! Το δικό μου θα είναι πιο μικρό...

X: Δεν είναι πολύ...(του δείχνει στη μεζούρα) κοίτα, είναι μόνο 4! (σταματάει στον αριθμό 74 αλλά δείχνει μόνο το 4) Το τέσσερα δεν είναι τόσο μεγάλο... μικρό είναι...

K: «Εντάξει, αλλά μόνο μέχρι το 4...»

Στο επόμενο παράδειγμα, τα παιδιά έπαιζαν με ένα μεγάλο βιβλίο το οποίο ανοίγει κατά μήκος και διαβάζεται καθώς οι σελίδες του ξεδιπλώνονται (Εικόνα 1, αριστερά). Το γεγονός αυτό εντυπωσίασε τα παιδιά. Καθώς το εξερενούσαν, ένα παιδί πηγαίνει στην γωνιά μαθηματικών, παίρνει ένα ξύλινο μέτρο και αρχίζει να μετράει το βιβλίο, ενώ ακολουθεί ο παρακάτω διάλογος με την εκπαιδευτικό που παρατηρεί τα παιδιά.

Εκ: Τι κάνεις;

K: Το μετρώ!

Εκ: Γιατί;

K: Μου φαίνεται πολύ μεγάλο. Θέλω να δω πόσο μεγάλο είναι.

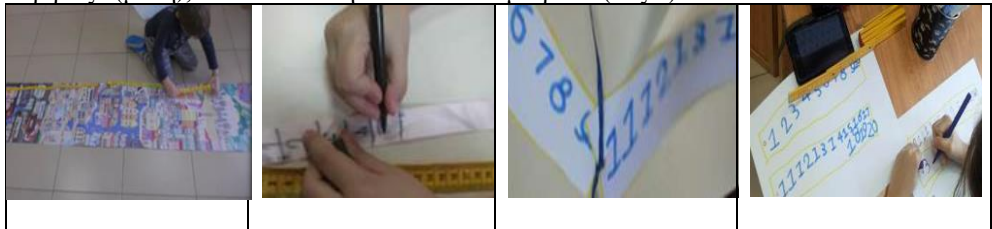
Εκ: Και τι παρατηρείς;

K: Δε φτάνει το μέτρο, είναι πιο μεγάλο από το μέτρο. Είναι περισσότερο από ένα μέτρο. Ο K. επιστρέφει στη γωνιά των μαθηματικών και παίρνει μια μεζούρα. Την ξεδιπλώνει και την τοποθετεί εκεί που τελειώνει το μέτρο, ενώ λέει, «Τώρα είναι ένα μέτρο και μια μεζούρα». Η Λ. που έπαιζε δίπλα του σχολιάζει, «Δεν λένε μεζούρες! Λένε ένα μέτρο, δύο μέτρα. Δε λένε δέκα μεζούρες!», ο K. απαντά, «Να βάλουμε μόνο μέτρα».

Μια από τις επόμενες ημέρες τρία παιδιά ξεφυλλίζουν το μεγάλο βιβλίο και κάθε ένα αφηγείται τη δική του ιστορία. Διαφωνούν μεταξύ τους για την έκταση της ιστορίας και ένα παιδί προτείνει: «Να πούμε όλοι από ένα μέτρο». Παίρνουν το ξύλινο μέτρο από τη γωνιά των μαθηματικών, το ανοίγουν και το τοποθετούν δίπλα στο βιβλίο. Στη συνέχεια ανοίγουν το βιβλίο μέχρι να καλύψει το μήκος του μέτρου, αλλά δεν συμπληρώνεται ακριβώς το ένα μέτρο και όταν προσθέτουν άλλη μια σελίδα το αποτέλεσμα είναι λίγο περισσότερο από μέτρο («Δε γίνεται. Έτσι είναι πιο λίγο από το μέτρο και έτσι πιο πολύ»). Η Ζ. προτείνει, «να το μετρήσουμε με τη μεζούρα» αλλά διαπιστώσουν ότι «ούτε με τη μεζούρα γίνεται». Η Μ. αναγγέλλει, «θα φτιάξω εγώ μια μεζούρα που να είναι ακριβώς» (Εικόνα 1, μέση). Παίρνει μια κορδέλα χαρτί, την συγκρίνει με το βιβλίο, βάζει δίπλα και την πρωτότυπη μεζούρα και αντιγράφει πάνω στην χαρτινή κορδέλα τους αριθμούς. Παράλληλα, το δεύτερο παιδί ξεκινάει να φτιάξει ένα σπαστό μέτρο, και στην ερώτηση της εκπαιδευτικού («τί σκέφτεσαι να κάνεις;»), εξηγεί, «Θα κάνω τα ορθογώνια και θα βάλω μέσα αριθμούς από το μέτρο. Μετά θα κάνω τρύπες και θα τα δέσω με κορδέλες για να κουνιούνται και έτσι θα κλείνει και θα ανοίγει»

(Εικόνα 6, δεξιά). Χρησιμοποιώντας αργότερα το αυτοσχέδιο μέτρο διαπιστώθηκε ότι «αυτό είναι πιο μεγάλο από το ξύλινο μέτρο», «γιατί δεν χωρούσαν οι αριθμοί και τα τετράγωνα έγιναν πιο μεγάλα», και κατέληξαν ότι «δεν είναι δίκαιο γιατί η ιστορία θα βγει πιο μεγάλη. Τα μέτρα πρέπει να είναι ίδια μεταξύ τους»

**Εικόνα 1.** «Ιστορίες με το μέτρο» (αριστερά), «Θα φτιάξω εγώ μια μεζούρα που να είναι ακριβώς» (μέση), «Η κατασκευή του σπαστού μέτρου» (δεξιά)



Όπως βλέπουμε από τις πρώτες διερευνήσεις των παιδιών, από την στιγμή δηλαδή που ανακαλύπτουν τα εργαλεία μέτρησης αρχίζουν να τα χρησιμοποιούν σε διάφορες περιστάσεις ανάλογα με τις ανάγκες του παιχνιδιού τους, αλλά και να τα εναλλάσσουν με αυτοσχέδια εργαλεία στα οποία προσπαθούν να ενσωματώσουν κάποια από τα χαρακτηριστικά των τυπικών εργαλείων, όπως τη διαδοχή αριθμών (π.χ. Εικόνα1). Οι δράσεις αυτές τα εμπλέκουν σε ποικίλες γνωστικές συγκρούσεις, καθώς αναδύονται συνεχώς νέες προκλήσεις κατά τις μετρήσεις και τις κατασκευές τους. Παρόλες τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν, παρατηρούμε ότι οι συλλογισμοί και τα επιχειρήματά τους εξελίσσονται και αρχίζουν να κάνουν σημαντικές διαπιστώσεις όπως ότι «τα μέτρα πρέπει να είναι ίδια μεταξύ τους». Με άλλα λόγια, αρχίζουν να αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα για μια σταθερή μονάδα (Boulton-Lewis, Wilss & Mutch (1996; Stephan & Clements, 2003), ενώ η αριθμητική αναπαράσταση των μονάδων πάνω στο συμβατικό και στο αυτοσχέδιο μέτρο τα βοηθά να δουν στη πράξη τις εφαρμογές της μέτρησης (MacDonald & Lowrie, 2011; Papandreou, 2006). Παρόλο που, δεν είναι ακόμη σε θέση να κατανοήσουν το ακριβές νόημα των αριθμών και των μονάδων, βλέπουμε ότι παρατηρούν τις υποδιαιρέσεις του ξύλινου-σπαστού μέτρου σε ίσα μέρη, καθώς αναγνωρίζουν ότι στο δικό τους σπαστό μέτρο έπρεπε να ενώσουν ίδιου μεγέθους «ορθογώνια». Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο είναι ο ρόλος της εκπαιδευτικού σε αυτή τη φάση, η οποία σε ορισμένες κρίσιμες στιγμές χρησιμοποιεί μόνο διευκρινιστικές ερωτήσεις κυρίως με σκοπό να διευκολύνει τα παιδιά να διατυπώσουν προφορικά το συλλογισμό τους και να τον συνειδητοποιήσουν.

#### **Από την τυχαία ανάδυση προηγούμενων εμπειριών και γνώσεων στην συστηματοποιημένη διερεύνηση**

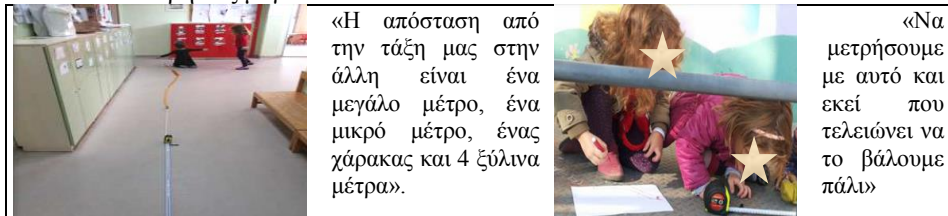
Βλέποντας το σταθερά αυξανόμενο ενδιαφέρον των παιδιών για τις μετρήσεις για αρκετές ημέρες, η εκπαιδευτικός αποφάσισε να διερευνήσει πιο συστηματικά τις γνώσεις τους. Τα παρότρυνε να καταγράψουν τα εργαλεία μέτρησης μήκους που χρησιμοποιούν στην καθημερινότητα τους και να συζητήσουν για αυτά (Παπανδρέου κ.ά., 2015). Τα παιδιά

σχεδίασαν και συζήτησαν για παλάμες και πατούσες, κορδέλες, επαναλαμβανόμενα αντικείμενα στη σειρά (π.χ. βιβλία), το μέτρο, τη μεζούρα, τη μετροταινία, το χάρακα, το ξύλινο μέτρο μέτρησης ύψους του παιδιατρικού ιατρείου και το μηχανήμα μέτρησης με λέιζερ που χρησιμοποιεί ένας γονέας αρχιτέκτονας. Στην ερώτηση της εκπαιδευτικού: «Γιατί υπάρχουν τόσα διαφορετικά εργαλεία μέτρησης μήκους;», οι τοποθετήσεις των παιδιών διαφέρουν: «Γιατί κάθε ένα είναι για άλλη δουλειά», «Το μέτρο είναι μικρό και μετράει μικρά πράγματα, το λέιζερ του μπαμπά μου μπορεί να μετρήσει πράγματα που είναι πολύ μακριά και δε φτάνει το μέτρο», «Ο χάρακας είναι για να τραβάμε γραμμές, δε μετράμε πόσο ψηλοί είμαστε», «Ο γιατρός έχει μέτρο στον τοίχο για να καθόμαστε όρθιοι και μετράμε το ύψος μας, η μετροταινία δεν στέκεται στον τοίχο, πέφτει». Τα σχέδια και σχόλια των παιδιών αναρτώνται στο ιστόγραμμα του project, καθώς αποτελούν υποθέσεις προς διερεύνηση.

### Μέτρηση μεγάλων αποστάσεων

Οι μετρήσεις συνεχίζονται μέσα και έξω από την τάξη. Ένα από τα θέματα που απασχολεί τα παιδιά είναι η μέτρηση μεγάλων αποστάσεων. Έτσι μια μέρα, προσπαθούν να μετρήσουν την απόσταση ανάμεσα σε δύο τάξεις. Η μετροταινία δε φτάνει και επιλέγουν να προσθέσουν και άλλα εργαλεία (Εικόνα 2). Η εκπαιδευτικός εκμεταλλεύεται την ευκαιρία και μεταφέρει την αναδυόμενη δράση στην ολομέλεια. Ζητά από τα παιδιά να παρουσιάσουν τα ευρήματά τους και να αναφέρουν τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν. Η συμμετοχή περισσότερων παιδιών και η αλληλεπίδραση βοηθάει, καθώς η Ε σχολιάζει: «Δεν μπορεί να είναι πολλά μαζί (εργαλεία μέτρησης). Ο μπαμπάς μου δεν το κάνει ποτέ», ενώ η εκπαιδευτικός ρωτάει: «Τι κάνει όταν η απόσταση είναι μεγάλη;». Η απάντηση του παιδιού αποκαλύπτει μια οικογενειακή γνώση που σχετίζεται με το επάγγελμα του μπαμπά. «Έχει λέιζερ! εκείνο μετράει τα μεγάλα... όπως όταν ήρθε στην τάξη μας και μετρήσε τα παράθυρα και τους τοίχους για να κάνουμε χάρτη».


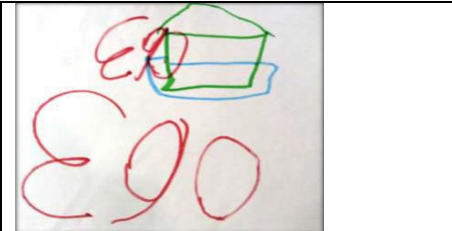
### Εικόνα 2: Μετρήσεις μεγάλων αποστάσεων



Μια από τις επόμενες ημέρες, τα παιδιά μετρούν το μήκος της εξωτερικής ράμπας. Η μετροταινία και πάλι δε φτάνει και για πρώτη φορά διατυπώνεται η δυνατότητα επανάληψης της μονάδας από ένα παιδί (Εικόνα 3, δεξιά). Έτσι χρησιμοποιούν την μετροταινία επαναληπτικά και αποτυπώνουν την προσπάθειά τους με σχέδιο. Σε άλλη φάση, αποφασίζουν να μετρήσουν το δεντρόσπιτο. Χρησιμοποιώντας τη μετροταινία, μετρούν το ύψος, το άνοιγμα της πόρτας και την περίμετρο ενώ καταγράφουν τα

ευρήματά τους (Εικόνα 3). Εδώ τα παιδιά συγκρίνουν τους διψήφιους και τριψήφιους αριθμούς που προέκυψαν από τις μετρήσεις τους και αποκαλύπτουν τις γνώσεις τους για τους αριθμούς, ενώ ταυτόχρονα τις εξελίσσουν (Εικόνα 3).

**Εικόνα 3:** Μετρήσεις και καταγραφές

|  |  |
|--|--|
|   |  |
| <p>E: Η πόρτα είναι 9 και 0. Γύρω γύρω (η περίμετρος) είναι 3 και 9 και 0, άρα είναι πιο μεγάλο από την πόρτα γιατί έχει πιο πολλούς αριθμούς (εννοεί τα τρία ψηφία)</p> <p>M: Το δέντρο είναι 2 και 0 και 3. Ποιο είναι πιο μεγάλο;</p> <p>O: το 3 (390) είναι πιο μεγάλο από το 2 (203)</p> <p>M: Ναι, αλλά έχει μέσα και το 9 που είναι πολύ μεγάλο, πιο μεγάλο από όλα τα άλλα</p> <p>K: Πρώτα πρέπει να κοιτάμε τον πρώτο αριθμό γιατί στο ημερολόγιο λέμε ότι το 30 είναι πιο μεγάλο από το 20 γιατί το πρώτο είναι πιο μεγάλο</p> |  |

Στη συνέχεια, εντοπίζουν κι άλλα χαρακτηριστικά της διαδικασίας της μέτρησης και οι μετρήσεις τους αρχίζουν να είναι πιο σχολαστικές. Για να μετρήσουν τα κικλιδώματα της εισόδου επιλέγουν τη μετροταινία και διαπιστώνουν ότι ανάλογα με το μέγεθος μπορούν να επιλέξουν το κατάλληλο εργαλείο («Είναι πολύ μεγάλα τα κάγκελα δε φτάνει το μέτρο, να πάρουμε εκείνη τη μεζούρα που είναι πολύ μεγάλη»), ενώ για να γίνει σωστή μέτρηση η Α. φωνάζει, «κράτα το τεντωμένο, δεν πρέπει να είναι χαλαρό, αλλιώς δεν μετράει σωστά», ενώ η Ζ. συμπληρώνει, «ναι, αν είναι χαλαρό δείχνει πιο μεγάλο αριθμό, πρέπει να είναι ακριβώς όπως το κάγκελο»). Με παρόμοιο τρόπο, μερικές εβδομάδες αργότερα συγκρίνοντας δυο πύργους που έχουν δημιουργήσει με πλαστικά τουβλάκια ανακαλύπτουν ότι οι μετρήσεις τους με τα εργαλεία πρέπει να ξεκινούν από το μηδέν («Για να είναι δίκαιο, πρέπει το μηδέν να είναι εκεί που ξεκινάει ο πύργος», τοποθετεί το μηδέν της μεζούρας ακριβώς στο επάνω σημείο του πύργου του).

Στα περισσότερα παραδείγματα αυτής της υποεπότητας παρατηρείται η ανάγκη των παιδιών για εύρεση λύσεων για τη μέτρηση μεγάλων αποστάσεων, όπου δεν αρκεί ένα μόνο εργαλείο μέτρησης για την εξολοκλήρου μέτρηση της απόστασης. Αρχικά τα παιδιά θεώρησαν λογικό να χρησιμοποιήσουν διαφορετικά εργαλεία, αφού ο στόχος ήταν να καλύψουν την απόσταση και όχι να διατηρήσουν σταθερή την μονάδα μέτρησης. Οι Stephan και Clements (2003) αναφέρουν πως συχνά τα παιδιά δεν βλέπουν κανένα πρόβλημα με τη χρήση διαφορετικών μονάδων εφόσον καλύπτουν ολόκληρο το μήκος του αντικειμένου με κάποιο τρόπο. Είναι πιθανόν να αντιλαμβάνονται τη μέτρηση ως τη φυσική δραστηριότητα τοποθέτησης των μονάδων με κάποιο τρόπο κατά μήκος μιας διαδρομής. Παρόλα αυτά όπως είδαμε πιο πάνω, ακόμα και τα μικρά παιδιά μπορεί να

έχουν πολύ πλούσιες εμπειρίες από το οικογενειακό περιβάλλον τους στο θέμα της μέτρησης, και για αυτό η Ε. επεσήμανε, αντλώντας τη γνώση από τον μπαμπά της, ότι η ταυτόχρονη χρήση διαφορετικών εργαλείων δεν είναι σωστή.

Η παρατήρηση της Ε. ίσως να ήταν το σημείο καμπής που βοήθησε αργότερα σε άλλη μέτρηση την Ζ. να προτείνει την επαναληπτική χρήση ενός και μόνο εργαλείου, της μετροταινίας («Να μετρήσουμε με αυτό και εκεί που τελειώνει να το βάλουμε πάλι», Εικόνα 4, δεξιά). Η επανάληψη της μονάδας μέτρησης φαίνεται προφανής στους ενήλικες, αλλά όχι πάντα στα παιδιά, ακόμα και σε μεγαλύτερα. Οι Clements και Stephan (2004) αναφέρουν ότι σε έρευνά τους, μαθητές στις πρώτες τάξεις δημοτικού δεν αναγνώρισαν ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν επαναληπτικά έναν χάρακα για να μετρήσουν το μήκος της τάξης τους και δήλωσαν ότι δεν είχαν αρκετούς χάρακες για να μετρήσουν. Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι, τα παιδιά κατά τη μέτρηση χρησιμοποιούν φυσικούς αριθμούς, είτε για την απαρίθμηση διακριτών αυθαίρετων μονάδων που χρησιμοποιούν (πχ τουβλάκια από οικοδομικό υλικό) είτε αναγνωρίζοντας και 'διαβάζοντας' τις αριθμητικές ενδείξεις πάνω σε ένα συμβατικό μέτρο. Η σύγκριση των αριθμών που προκύπτουν σε κάθε περίπτωση τα βοηθά να διακρίνουν τα μεγέθη μεταξύ τους σε μεγαλύτερα ή μικρότερα (Papandreou, 2006). Παρατηρούμε λοιπόν ότι, εκτός από την προσέγγιση της έννοιας της μέτρησης, δίνεται στα παιδιά η δυνατότητα να επεξεργαστούν τα αριθμητικά σύμβολα και σχετικές έννοιες όπως η αξία θέσης στο αριθμητικό σύστημα, ενώ επιπλέον συνειδητοποιούν τις διαφορετικές χρήσεις των αριθμών, την αναγκαιότητα και το νόημά τους (Λεμονίδης, 2013). Επιπλέον, χρησιμοποιώντας διαφορετικές μονάδες μέτρησης για να υλοποιήσουν μετρήσεις και συγκρίσεις έχουν περισσότερες ευκαιρίες να διαπιστώσουν ότι ο αριθμός που προκύπτει από τη μέτρηση συνδέεται με το μέγεθος του εργαλείου που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση. Επομένως η ποικιλία των παρεχόμενων μετρικών εργαλείων μπορεί να τα εισάγει σε πιο σύνθετους μαθηματικούς συλλογισμούς.

Τέλος είδαμε ότι τα παιδιά αυτής της τάξης αρχίζουν να τελειοποιούν τον τρόπο που χρησιμοποιούν τα εργαλεία μέτρησης ανακαλύπτοντας μέσα από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν αναγκαίους κανόνες για τη ορθή μέτρηση, όπως ότι η μετροταινία πρέπει να είναι τεντωμένη και η μέτρηση πρέπει να αρχίζει από το μηδέν, διαδικασίες που τα παιδιά αργούν να συνειδητοποιήσουν όπως έχει δείξει η έρευνα στο παρελθόν (Boulton-Lewis, et al., 1996; Παπανδρέου κ.ά. 2015).

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η κατανόηση της έννοια του μήκους, ενώ φαίνεται απλή στους ενήλικες είναι αρκετά σύνθετη για τα παιδιά (Battista, 2006). Στην παρούσα μελέτη, η εκπαιδευτικός εντάσσοντας στο διαθέσιμο εκπαιδευτικό υλικό της τάξης μια ομάδα πολιτισμικών εργαλείων, τα εργαλεία γραμμικής μέτρησης, και προβάλλοντάς τα σε μια θέση εύκολα προσβάσιμη από τα παιδιά, τους έδωσε την ευκαιρία να ανακαλέσουν την οικογενειακή και πολιτισμική γνώση και εμπειρία που διέθεταν σε διάφορες φάσεις του σχεδίου εργασίας, να τα επεξεργαστούν, να διατυπώσουν ερωτήματα και να λύσουν ποικίλα δύσκολα προβλήματα μέτρησης καθοδηγώντας στην ουσία με τον δικό τους ρυθμό τη



πορεία της μάθησής τους. Η εκπαιδευτικός της τάξης ωστόσο είχε ένα ιδιαίτερα σημαντικό και απαιτητικό ρόλο που όπως φάνηκε περιελάμβανε όχι μόνο την επιλογή και παροχή του μαθηματικού εκπαιδευτικού υλικού, αλλά και την συστηματική παρατήρηση και καταγραφή των συμπεριφορών και δράσεων των παιδιών, την άμεση ανταπόκριση στα κρίσιμα συμβάντα με διακριτικές αλλά καταλυτικές παρεμβάσεις (πχ διευκρινιστικές ερωτήσεις), την επιλεκτική μεταφορά δράσεων που εξελίσσονταν στο ελεύθερο παιχνίδι στην ολομέλεια δίνοντας ευκαιρίες στα παιδιά να μοιραστούν προβληματισμούς και να συν-οικοδομήσουν γνώσεις. Εφαρμόζοντας διαλογικές στρατηγικές όπως η «παρατεταμένη ανταλλαγή συλλογισμών» εκπαιδευτικών-παιδιών και παιδιών μεταξύ τους (Papandreou & Yiailloiros, 2018; Siraj-Blatchford, Sylva, Muttock, Gilden & Bell, 2002), χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λεξιλόγιο που σχετίζεται με την έννοια της μέτρησης και επιμένοντας στην αποσαφήνιση και διευκρίνιση εννοιών και στρατηγικών συνέβαλε στη σταδιακή ανακάλυψη από τα παιδιά των πολιτισμικών συμβάσεων που εμπεριέχονται στη χρήση των τυπικών εργαλείων μέτρησης. Έτσι, προσέγγισαν έννοιες δύσκολες για την ηλικία τους, που εμπεριέχονται στο σύνθετο δίκτυο εννοιών που χρειάζεται να κατακτηθούν για την κατανόηση της γραμμικής μέτρησης. Με άλλα λόγια, τα παιδιά αυτά φάνηκε να εξελίσσονται μέσα από τη συστηματική επεξεργασία των εργαλείων κατανοώντας την έννοια της μονάδας και το νόημα των διαφορετικών εργαλείων, την αναγκαιότητα για σταθερή μονάδα σε μια μέτρηση, την δυνατότητα επικάλυψης και μέτρησης μια απόστασης με μια μόνο μονάδα, αλλά και το ρόλο του μηδέν και των άλλων αριθμών επάνω στα εργαλεία μέτρησης. Με άλλα λόγια, η πορεία της μάθησής τους, σύμφωνα με την κοινωνικό-πολιτισμική προοπτική ξεκίνησε από τα εργαλεία (Boulton-Lewis, et al., 1996; Mc Donald & Loerie, 2011; Παπανδρέου, 2002) και οδηγήθηκε στις έννοιες και όχι από τις έννοιες προς τα, όπως πιο παραδοσιακά προτείνεται (Stephan & Clements, 2003).

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Battista, M. T. (2006). Understanding the development of students' thinking about length. *Teaching Children Mathematics*, 13 (3), 140-147.
- Boulton-Lewis, G. M., Wilss, L. A., & Mutch, S. L. (1996). An analysis of young children's strategies and use of devices for length measurement. *Journal of Mathematical Behaviour*, 15, 329-347.
- Clarke, B., Clarke, D., & Cheeseman, J. (2006). The mathematical knowledge and understanding young children bring to school. *Mathematics Education Research Journal*, 18(1), 78-102.
- Clements, D. H. & Stephan, M. (2004). Measurement in pre-K to grade 2 mathematics. In D. H. Clements, Sarama, J. & A-M DiBiase, *Engaging young children in mathematics*, (299-317), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Guberman, S.R. (2004). A comparative study of children's out-of-school activities and arithmetic achievement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(2), 117-150.

- Irwin, K.C., Vistro-Yu, C.P., & Ell, F.R. (2004). Understanding linear measurement: A comparison of Filipino and New Zealand children. *Mathematics Education Research Journal*, 16(2), 3-24.
- Lowrie, T. Logan, T. & Scriven, B. (2012). Perspectives on geometry and measurement in the Australian curriculum: Mathematics. In B. Atweh, M. Goos, R. Jorgensen & D. Siemon, (Eds.), *Engaging the Australian national curriculum: mathematics – perspectives from the field* (71-88). Online Publication: MERGA.
- MacDonald, A. (2011). Young children's representations of their developing measurement understandings. In J. Clark, B. Kissane, J. Mousley, T. Spencer, & S. Thornton (Eds.), *Mathematics: Traditions and [new] practices*. Proceedings of the 23rd AAMT and 34th MERGA conferences, vol.1 (pp. 482-490). Alice Springs, NT: AAMT & MERGA.
- MacDonald, A., & Lowrie, T. (2011). Developing measurement concepts within context: Children's representations of length. *Mathematics Education Research Journal*, 23(1), 27-42.
- Nunes, T. & Bryant, P. (1996). *Children doing mathematics*. Oxford: Blackwell Publishers.
- Papandreou, M. & Yiallourous, S. (2018). Highlighting the features of whole-class interactions in a participatory early childhood environment. *Early Child Development and Care*. Doi: 10.1080/03004430.2018.1479402.
- Papandreou, M. (2006). Measurement tools and the development of length concepts in early childhood education. *Themes in Education*, 7(1), 25-42.
- Siraj-Blatchford, I., Sylva, K., Muttock, S., Gilden, R. & Bell, D. (2002). *Researching Effective Pedagogy in the Early Years*. Nottingham: DfES Publications.
- Stephan, M., & Clements, D.H. (2003). Linear and area measurement in prekindergarten to grade 2. In D. H. Clements & G. Bright (Eds.), *Learning and teaching measurement*. NCTM 2003 Yearbook (3-16). Reston, VA: NCTM.
- Vygotsky, L. S. (1987). *The collected works of L.S. Vygotsky*. R. W. Rieber Carton (Eds), trans. N. Minick. New York: Plenum Press.
- Λεμονίδης, Χ. (2013). *Μαθηματικά της Φύσης και της Ζωής*. Θεσσαλονίκη: Ζυγός.
- Παπανδρέου, Μ. (2002). *Δυναμικά μαθησιακά περιβάλλοντα δραστηριοτήτων για την ανάπτυξη της λογικο-μαθηματικής σκέψης στο νηπιαγωγείο :Η περίπτωση της έννοιας του μήκους*. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, ΤΕΕΑΠΗ, Παν/μιο Πατρών.
- Παπανδρέου, Μ. , Σοφianoπούλου, Ι., Καλογιαννίδου, Α. & Μπιρμπίλη, Μ. (2015). 'Το τεντώνω και βλέπω πόσο ψηλός είμαι!' παιδιά νηπιαγωγείου αναπαριστούν γραφικά τις ιδέες τους για το 'μέτρο' και τη χρήση του. Στο Δ. Δεσλη, Ι. Παπαδόπουλος, & Μ. Τζεκάκη, *Πρακτικά του 6<sup>ου</sup> Πανελλήνιου συνέδριου της ΕΝΕΔΙΜ: Μαθηματικά ΜΕ διάκριση και ΧΩΡΙΣ διακρίσεις* (σελ. 570-579). Θεσσαλονίκη: ΕΝΕΔΙΜ. <http://enedim6.web.auth.gr/>

# Διδασκαλία της περιμέτρου και του εμβαδού σε μαθητές της Ε΄ Δημοτικού με τη χρήση tablets

Αθανάσιος Καραμάνος<sup>1</sup> και Εμμανουήλ Φωκίδης<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, premnt15014@rhodes.aegean.gr

<sup>2</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, fokides@aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από διδακτικές παρεμβάσεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν tablets και μικρο-εφαρμογές με στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας για τη διδασκαλία της περιμέτρου και του εμβαδού γεωμετρικών σχημάτων σε μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού. Συμμετείχαν 60 μαθητές χωρισμένοι σε τρεις ομάδες. Η διδασκαλία στηρίχθηκε στο μοντέλο των Driver και Oldham, με τη διαφορά ότι στην πρώτη ομάδα χρησιμοποιήθηκε έντυπο υλικό, στη δεύτερη έντυπο και ψηφιακό υλικό και στην τρίτη χρησιμοποιήθηκαν tablets. Δεδομένα συλλέχθηκαν με φύλλα αξιολόγησης. Επίσης, στην τρίτη ομάδα χορηγήθηκε ερωτηματολόγιο για την καταγραφή των απόψεων των μαθητών. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις ομάδες όσον αφορά τις επιδόσεις παρά μόνο στη διατηρησιμότητα των γνώσεων. Από την άλλη, φάνηκε η θετική στάση και το ενδιαφέρον για τη χρήση tablets κατά τη διδασκαλία, αναδεικνύοντας την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση μεθόδων ένταξής τους στο σχολείο.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *εμβαδόν, μαθητές δημοτικού, περίμετρος, tablets*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια έχουν έρθει στο προσκήνιο τα tablets, φορητές ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες επιτρέπουν στους χρήστες να εργάζονται όπου και αν βρίσκονται, αλλά και να μαθαίνουν ό,τι θέλουν και όποτε το θέλουν. Τα tablets φαίνεται να προσφέρουν αρκετά στη μαθησιακή διαδικασία, βελτιώνοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα, προσφέροντας κίνητρα για μάθηση και ενισχύοντας μία σειρά από απαραίτητες δεξιότητες. Με βάση τα παραπάνω, γεννήθηκε ο προβληματισμός κατά πόσο η χρήση tablets για τη διδασκαλία στοιχείων γεωμετρίας και, συγκεκριμένα, των εννοιών της περιμέτρου και του εμβαδού, θα μπορούσαν να βελτιώσουν το επίπεδο και τη διατηρησιμότητα των γνώσεων των μαθητών, αλλά και για τη στάση και τις απόψεις τους για τη διδασκαλία τους χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνολογία. Για να εξεταστούν τα παραπάνω, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα πρόγραμμα διδακτικών παρεμβάσεων, που

είχαν ως ομάδα-στόχο μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στις ενότητες που ακολουθούν.

## **Η ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΜΒΑΔΟ ΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ**

Παρότι τα Μαθηματικά αποτελούν βασικό διδακτικό αντικείμενο σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, είναι καθολική η διαπίστωση πως οι μαθητές αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα (Κολέζα, 2006). Η φύση του του μαθήματος, το εκπαιδευτικό σύστημα, τα αναλυτικά προγράμματα, ατομικοί παράγοντες, ο διατιθέμενος διδακτικός χρόνος και ο εκπαιδευτικός, συμβάλλουν στη δημιουργία αυτού του προβλήματος (Καραγεώργος, 2003), με αποτέλεσμα οι μαθητές να αισθάνονται αποστροφή, όχι μόνο για τα Μαθηματικά, αλλά και για τις θετικές επιστήμες γενικότερα (Χαλκιά, 2012). Η έννοια του εμβαδού εισάγεται από την Α΄ τάξη του δημοτικού, καθώς οι μαθητές έρχονται σε επαφή με την έννοια της κάλυψης επιφάνειας. Η έννοια της περιμέτρου, εισάγεται στη Δ΄ τάξη, όπου συνοδεύει την έννοια του εμβαδού, μέσα από υπολογισμό του εμβαδού και της περιμέτρου παραλληλόγραμμων και σύνθετων σχημάτων. Σε μεγαλύτερο βαθμό και τα δύο μελετώνται στην Ε΄ τάξη. Τα συμπεράσματα ερευνών δείχνουν ότι οι μαθητές δεν κατανοούν τις δύο έννοιες, με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε παρανοήσεις (Cavanagh, 2007; Zacharos & Chassapis, 2012). Ειδικά το εμβαδόν, απαιτεί περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την επιφάνεια και την ανάπτυξη μαθηματικής σκέψης (Υεο, 2008). Η μη σταθερή σχέση περιμέτρου και εμβαδού μπερδεύει τους μαθητές, καθώς θεωρούν ότι όταν αυξάνεται το εμβαδόν αυξάνεται και η περίμετρος (Γαγάτσης, Γεωργίου, Τούρβας & Χαραλάμπους, 2006). Σε άλλες έρευνες αναφέρεται ότι οι μαθητές μπερδεύουν το ύψος και τη βάση σε ένα τρίγωνο και δεν κατανοούν τον τύπο υπολογισμού του εμβαδού του (Cavanagh, 2007; Zacharos & Chassapis, 2012). Δυσκολίες υπάρχουν επίσης στην κατανόηση των ισοεμβαδικών σχημάτων (Carpenter, Coburn, Reys, & Wilson, 1975). Αναφορικά με τα μη κανονικά σχήματα, οι μαθητές πιστεύουν ότι δεν έχουν εμβαδόν με την αιτιολόγηση ότι το σχήμα είναι περιέργο και έχει πολλές πλευρές (Cavanagh, 2007). Σύμφωνα με τους Maher & Beattys (1986), σε αυτά τα σχήματα οι μαθητές φαίνεται να χάνουν τις θεμελιώδεις έννοιες της διατήρησης του εμβαδού λόγω του ότι δεν μοιάζουν με τα συνηθισμένα γεωμετρικά σχήματα (Γαγάτσης κ.ά., 2006). Οι Hirstein et al. (1978) επισήμαναν ότι οι μετρήσεις που κάνουν οι μαθητές έχουν λίγη ή καθόλου σχέση με το τι μετράται, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν μονάδες μέτρησης μήκους αντί για μονάδες μέτρησης επιφάνειας. Επίσης, οι μαθητές απλά απομνημονεύουν τους αλγόριθμους υπολογισμού εμβαδών και τους εφαρμόζουν χωρίς σκέψη (Reynolds & Wheatley, 1996). Υποστηρίζεται δε, ότι η παραδοσιακή διδασκαλία δεν προσφέρεται, καθώς δεν βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τα εννοιολογικά χαρακτηριστικά της μέτρησης του εμβαδού. Αντίθετα, εποικοδομητιστικά διδακτικά μοντέλα που προκρίνουν τη συνεργασία των μαθητών φαίνεται να έχουν καλύτερα αποτελέσματα (Zacharos & Chassapis, 2012).

## **ΤΑ TABLETS ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ**

Η δημοτικότητα των tablets έχει προκαλέσει το ερευνητικό ενδιαφέρον για τις εφαρμογές τους στην εκπαίδευση. Οι συσκευές αυτές επιτρέπουν στους μαθητές να μαθαίνουν οποιαδήποτε στιγμή όπου και αν βρίσκονται, λόγω του μικρού τους μεγέθους και βάρους, του κόστους, καθώς και της σύνδεσης στο Διαδίκτυο (Botzer & Yerushalmy, 2006). Σύμφωνα με τους Şad και Göktaş (2014) μέσα από αυτές τις δυνατότητες αναπτύχθηκε η έννοια της κινητής μάθησης (mobile learning). Φαίνεται ότι η χρήση των tablets από τους μαθητές ενισχύει τη διερευνητική μάθηση (Habler, Major, & Hennessy, 2016), βελτιώνει τα μαθησιακά αποτελέσματα (Lai, Yang, Chen, Ho & Chan, 2007) και συμβάλλει στην αύξηση των κινήτρων για μάθηση (Furió, Juan, Seguí, & Vivo, 2015). Βέβαια, υπάρχουν και άλλα οφέλη, όπως η εξατομικευμένη μάθηση, η ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων η οποία διευκολύνει την αυτοκατευθυνόμενη μάθηση (Ciampa, 2014). Επίσης, δίνονται στους μαθητές ευκαιρίες αυτοαξιολόγησης, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη αυτονομία τους (West, 2013). Η αύξηση του βαθμού συνεργασίας των μαθητών (Clarke & Svanaes, 2014) και η προσφορά ευκαιριών στους εκπαιδευτικούς για συνεχή ανατροφοδότηση και αξιολόγηση (Goodwin, 2012), επίσης έχουν αναφερθεί. Βέβαια, για να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά τα tablets στην τάξη και να βοηθήσουν τους μαθητές, οι δάσκαλοι πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με αυτά (Falloon, 2013). Επιπλέον, η εξεύρεση κατάλληλων εφαρμογών είναι μια σημαντική διαδικασία που πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες των μαθητών (Powell, 2014). Αναφορικά με τη χρήση των tablets για τη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών και στοιχείων Γεωμετρίας, ισχύουν οι ίδιες διαπιστώσεις με άλλα γνωστικά αντικείμενα. Φαίνεται ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά (Sommerauer & Müller, 2014), ιδιαίτερα σε θέματα Γεωμετρίας (Leitão, Rodrigues, & Marcos, 2018) και στη διατηρησιμότητα των γνώσεων (Radu, Doherty, DiQuollo, McCarthy, & Tiu, 2015). Αυτό γιατί οι εφαρμογές για tablets φαίνεται να βοηθούν στην καλύτερη οπτικοποίηση αντικείμενων (Kaufmann, Steinbugl, Dunser, & Gluck, 2005), ενώ παράλληλα, υπάρχει θετικός αντίκτυπος στην χωρική ικανότητα των μαθητών (Radu et al., 2015) και στις ικανότητες επίλυσης περιγραφικών ασκήσεων (Gutiérrez de Ravé, Jiménez-Hornero, Ariza-Villaverde, & Taguas-Ruiz, 2016). Θετική επίδραση στα κίνητρα για μάθηση επίσης έχει αναφερθεί (Young, Kristanda, & Hansun, 2016).

### **ΜΕΘΟΔΟΣ**

Φαίνεται ότι τα tablets έχουν ένα αξιόλογο εκπαιδευτικό δυναμικό και, πιθανώς, μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διδασκαλία στοιχείων που αφορούν το εμβαδόν γεωμετρικών σχημάτων. Έτσι, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε σειρά διδακτικών παρεμβάσεων που εξέτασε ακριβώς αυτό. Συγκεκριμένα, οι ερευνητικές υποθέσεις που εξετάστηκαν ήταν οι εξής: (Y1) με τη χρήση tablets για τη διδασκαλία του εμβαδού γεωμετρικών σχημάτων, επιτυγχάνονται καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με τη διδασκαλία των ίδιων αντικειμένων με έντυπο υλικό, (Y2) η διατηρησιμότητα των γνώσεων είναι επίσης μεγαλύτερη και (Y3) οι μαθητές διαμορφώνουν θετικές στάσεις και

απόψεις για τη διδασκαλία τους με tablets. Ομάδα-στόχο αποτέλεσαν 60 μαθητές της Ε΄ τάξης τριών δημοτικών σχολείων της πόλεως Ρόδου. Βασική προϋπόθεση για τη συμμετοχή στην έρευνα ήταν οι μαθητές να μην έχουν διδαχθεί τα αντικείμενα που περιλάμβανε. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο του 2018 και είχε διάρκεια τέσσερα διδακτικά δίωρα για κάθε ομάδα. Πριν από την πραγματοποίησή της εξασφαλίστηκε η έγγραφη συγκατάθεση των γονέων για τη συμμετοχή των παιδιών τους στην έρευνα. Επίσης, ενημερώθηκαν οι εκπαιδευτικοί οι τάξεις των οποίων συμμετείχαν στην έρευνα και τους ζητήθηκε να ακολουθήσουν πιστά τη διδακτική μέθοδο τους ανατέθηκε, όπως περιγράφονται στην ενότητα "Διαδικασία".

### **Υλικό**

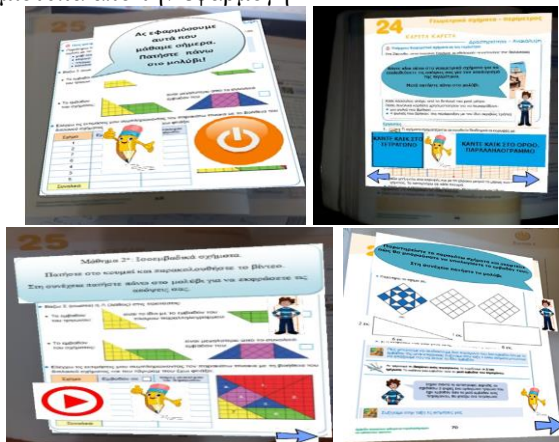
Ως διδακτικό αντικείμενο των παρεμβάσεων επιλέχθηκαν οι ενότητες 46 (γεωμετρικά σχήματα-περίμετρος), 47 (μονάδες μέτρηση επιφάνειας) και 48 (εμβαδόν τετραγώνου, ορθογωνίου και ορθογωνίου τριγώνου) από το βιβλίο των μαθηματικών της Ε΄ τάξης. Η επιλογή αυτών των ενότητων έγινε γιατί προσφέρονται για μετατροπή σε εφαρμογές για tablets και γιατί οι μαθητές συναντούν προβλήματα στις σχετικές έννοιες. Αρχικά, συλλέχθηκε το απαραίτητο πολυμεσικό υλικό (βίντεο, εικόνες, animation, κτλ.). Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν τέσσερις μικρο-εφαρμογές (η ενότητα 48, λόγω συνθετότητας, χωρίστηκε σε δύο υπο-ενότητες). Για την κατασκευή των εφαρμογών χρησιμοποιήθηκε το Blippbuilder (<http://www.blippar.com>) που επιτρέπει τη γρήγορη κατασκευή μικρο-εφαρμογών (blipps) χωρίς την πρότερη γνώση προγραμματισμού. Οι μικρο-εφαρμογές δεν παρέκκλιναν ουσιαστικά από την ύλη που περιλαμβάνεται στο βιβλίο του μαθητή. Στην ουσία, αυτή εμπλουτίστηκε με εικόνες, ιστότοπους για περαιτέρω μελέτη, βίντεο, animation και κουίζ χρησιμοποιώντας το Google forms (Εικόνες 1-4). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι εφαρμογές κατασκευάστηκαν από το δάσκαλο της τάξης, ο οποίος είχε βασικές γνώσεις χειρισμού υπολογιστών. Ο χρόνος που απαιτήθηκε τόσο για τη συλλογή του υλικού όσο και για την κατασκευή και των τεσσάρων εφαρμογών ήταν περίπου πενήντα ώρες. Τέλος, έγινε η συγγραφή παρουσιάσεων (PowerPoint), που περιλάμβαναν το πολυμεσικό υλικό των εφαρμογών, φύλλων καταγραφής απόψεων, εργασιών και δραστηριοτήτων, για λόγους που αναπτύσσονται στην ενότητα "Διαδικασία".

### **Διαδικασία**

Για να υπάρχει άνεση χρόνου για τη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων διατέθηκε ένα διδακτικό δίωρο για κάθε υποενότητα. Οι μαθητές εργάστηκαν σε ζεύγη χρησιμοποιώντας ένα tablet ανά ζεύγος, μπορούσαν να μελετήσουν το γνωστικό υλικό για όσο και με όποια σειρά ήθελαν και να ανταλλάσσουν απόψεις. Ο εκπαιδευτικός συμμετείχε ενεργά στις συζητήσεις των μαθητών, έδινε τις αναγκαίες εξηγήσεις και παρείχε υποστήριξη, χωρίς όμως να παρέχει έτοιμες λύσεις. Η διδασκαλία στηρίχθηκε στο μοντέλο των Driver και Oldham (1986) που περιλαμβάνει πέντε φάσεις οι οποίες τροποποιήθηκαν μερικώς, έτσι ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν τα tablets. Στη φάση του προσανατολισμού ο εκπαιδευτικός κινητοποιούσε τους μαθητές ξεκινώντας συζητήσεις για το αντικείμενο της

κάθε ενότητας και δεν χρησιμοποιήθηκαν tablets. Στη φάση της ανάδειξης ιδεών όπου καταγράφονται οι πρότερες γνώσεις και ιδέες των μαθητών, χρησιμοποιήθηκε το εισαγωγικό μέρος των εφαρμογών, καθώς και φύλλα καταγραφής ιδεών/απόψεων. Στη φάση της αναδόμησης των ιδεών (όπου οι μαθητές κατασκευάζουν νέες ιδέες), οι μαθητές μελετούσαν το κυρίως μέρος των εφαρμογών, ελέγχαν τις απόψεις που κατέγραψαν στην προηγούμενη φάση και συζητώντας μεταξύ τους κατέληγαν στην καταγραφή των τελικών τους απόψεων. Στη φάση της εφαρμογής σε νέες καταστάσεις (όπου οι μαθητές ελέγχουν ό,τι έμαθαν), εκτελούσαν, πάντα κατά ζεύγη, δραστηριότητες που περιλαμβάνονταν σε φύλλα εργασιών και δραστηριοτήτων. Στη φάση αυτή δεν χρησιμοποιήθηκαν tablets. Τέλος, στη φάση της ανασκόπησης, οι μαθητές συμπλήρωναν τα παιγνιώδη αλληλεπιδραστικά κομμάτια που περιλαμβάνονταν στις εφαρμογές. Για να είναι εφικτή η αξιολόγηση των γνωστικών αποτελεσμάτων της παραπάνω μεθόδου, αποφασίστηκε η δημιουργία δύο ακόμα ομάδων, όπου διδάχθηκαν τα ίδια αντικείμενα, χρησιμοποιώντας την ίδια διδακτική μέθοδο και τα ίδια τα φύλλα καταγραφής απόψεων, εργασιών και δραστηριοτήτων. Όμως, στη μία ομάδα χρησιμοποιήθηκε το σχολικό εγχειρίδιο, ενώ στην άλλη χρησιμοποιήθηκε και πάλι το σχολικό εγχειρίδιο παράλληλα με την προβολή του πολυμεσικού υλικού που περιλάμβαναν οι μικρο-εφαρμογές χρησιμοποιώντας τον βιντεο-προτζέκτορα της τάξης. Ουσιαστικά, σε όλες τις ομάδες αξιοποιήθηκε το διδακτικό σχήμα, το περιεχόμενο και η διάρκεια ήταν ίδια, και η διαφορά τους ήταν το μέσο που χρησιμοποιήθηκε.

**Εικόνες 1-4.** Στιγμιότυπα από την εφαρμογή



### Εργαλεία

Ερευνητικά δεδομένα συλλέχθηκαν χρησιμοποιώντας ένα pre-test, τέσσερα φύλλα αξιολόγησης (ένα για κάθε διδακτική ενότητα) και ένα delayed post-test. Σκοπός του pre-test ήταν να ελεγχθεί κατά πόσο οι ομάδες έχουν κοινή γνωστική αφετηρία. Σκοπός του delayed post-test ήταν να ερευνηθεί η διατηρησιμότητα των γνώσεων και χορηγήθηκε δύο

εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση των παρεμβάσεων. Στα φύλλα αξιολόγησης επιδιώχθηκε να καλύπτεται πλήρως το εκάστοτε διδακτικό αντικείμενο και να υπάρχει ένα ισορροπημένο μίγμα εύκολων και δύσκολων ερωτήσεων. Επίσης, στην ομάδα που χρησιμοποίησε τα tablets, χορηγήθηκε ένα πολύ σύντομο ερωτηματολόγιο για την καταγραφή των απόψεών τους σχετικά με τη χρήση των tablets και των εφαρμογών, που περιλάμβανε δεκατρείς κλειστού τύπου ερωτήσεις σε πενταβάθμια κλίμακα Likert (1 = καθόλου, έως 5 = πάρα πολύ).

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Συνολικά 60 μαθητές συμμετείχαν στη μελέτη, χωρισμένοι σε 3 ίσες ομάδες (Ομάδα1 = διδασκαλία με έντυπο υλικό, Ομάδα2 = διδασκαλία με έντυπο και ψηφιακό υλικό, Ομάδα3 = διδασκαλία με tablets). Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στα φύλλα αξιολόγησης, αυτά βαθμολογήθηκαν με βάση τις σωστές απαντήσεις (Πίνακας 1). Προκειμένου να διαπιστωθούν τυχόν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις βαθμολογίες των μαθητών, διεξήχθησαν αναλύσεις διασποράς μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA) αφού πρώτα ελέγχθηκε και διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχε απόκλιση από τις προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή αυτού του είδους της ανάλυση (Πίνακας 2).

**Πίνακας 1.** Ανάλυση αποτελεσμάτων φύλλων αξιολόγησης

|                                | Ομάδα1   |           | Ομάδα2   |           | Ομάδα3   |           |
|--------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|                                | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| Pre-test (max = 31)            | 14,55    | 6,41      | 15,40    | 5,99      | 16,80    | 4,69      |
| Φύλλο αξιολόγησης 1 (max = 28) | 13,40    | 6,11      | 14,08    | 6,58      | 16,05    | 4,80      |
| Φύλλο αξιολόγησης 2 (max = 25) | 12,18    | 4,80      | 13,50    | 5,96      | 15,43    | 3,82      |
| Φύλλο αξιολόγησης 3 (max = 28) | 7,28     | 5,02      | 10,05    | 7,21      | 9,28     | 3,70      |
| Φύλλο αξιολόγησης 4 (max = 21) | 8,93     | 3,43      | 10,90    | 4,49      | 12,63    | 4,20      |
| Delayed post-test (max = 37)   | 15,75    | 9,26      | 15,85    | 8,36      | 25,60    | 6,21      |

**Πίνακας 2.** Αποτελέσματα One-way ANOVA

|                     | Αποτέλεσμα                    | Ερμηνεία                        |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Pre-test            | $F(2, 57) = 0,782, p = 0,462$ | μη στατιστικά σημαντική διαφορά |
| Φύλλο αξιολόγησης 1 | $F(2, 57) = 1,098, p = 0,341$ | μη στατιστικά σημαντική διαφορά |
| Φύλλο αξιολόγησης 2 | $F(2, 57) = 2,192, p = 0,121$ | μη στατιστικά σημαντική διαφορά |
| Φύλλο αξιολόγησης 3 | $F(2, 57) = 1,352, p = 0,267$ | μη στατιστικά σημαντική διαφορά |
| Φύλλο αξιολόγησης 4 | $F(2, 57) = 4,142, p = 0,021$ | στατιστικά σημαντική διαφορά    |
| Delayed post-test   | $F(2, 57) = 9,887, p < 0,001$ | στατιστικά σημαντική διαφορά    |

Post-hoc συγκρίσεις μεταξύ όλων των πιθανών ζευγών πραγματοποιήθηκαν σε εκείνα τα φύλλα αξιολόγησης όπου εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις ομάδων. Βρέθηκε ότι στο Φύλλο αξιολόγησης 4, η Ομάδα3 ( $M = 12,63, SD = 4,20$ ) ξεπέρασε με στατιστικά σημαντική διαφορά την Ομάδα1 ( $M = 8,93, SD = 3,43, p = 0,015$ ) αλλά όχι την Ομάδα2 ( $M = 10,90, SD = 4,49, p = 0,379$ ). Επίσης, η Ομάδα2 και η Ομάδα1 δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ( $p = 0,282$ ). Στο Delayed post-test,



η Ομάδα3 ( $M = 25,60$ ,  $SD = 6,21$ ) ξεπέρασε με στατιστικά σημαντική διαφορά την Ομάδα1 ( $M = 15,75$ ,  $SD = 9,26$   $p = 0,001$ ) και την Ομάδα2 ( $M = 15,850$   $SD = 8,36$ ,  $p < 0,001$ ). Επίσης, η Ομάδα2 και η Ομάδα1 δεν είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους ( $p = 0,999$ ). Με δεδομένο ότι σε 3 από τα 4 φύλλα αξιολόγησης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, οδηγεί στην απόρριψη της  $H_1$ . Αντίθετα, η  $H_2$  επιβεβαιώνεται, εφόσον η Ομάδα3 ξεπέρασε τις άλλες δύο ομάδες στο Delayed post-test. Αναφορικά με το ερωτηματολόγιο, φάνηκε ότι οι μαθητές έμειναν αρκετά ευχαριστημένοι από την ποιότητα των μικρο-εφαρμογών (βλ. Πίνακα 3, ερωτήσεις 1-4), ότι βοηθήθηκαν αρκετά στο να μάθουν τα αντικείμενα των διδασκαλιών (ερωτήσεις 5-8), ότι τους άρεσαν τόσο οι μικρο-εφαρμογές όσο και η συνεργασία με το συμμαθητή τους (ερωτήσεις 9-12) και ότι βρήκαν τα μαθήματα πολύ ενδιαφέροντα (ερώτηση 13). Επιβεβαιώθηκε έτσι η  $H_3$ .

**Πίνακας 3.** Αποτελέσματα ερωτηματολογίου

| Ερώτηση  | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|--|----------|-----------|
| Πόσο σου άρεσαν στην εφαρμογή οι πληροφορίες;  | 3,92     | 1,32      |
| Πόσο σου άρεσαν στην εφαρμογή τα χρώματα;  | 3,75     | 1,19      |
| Πόσο σου άρεσαν στην εφαρμογή οι εικόνες;  | 3,29     | 1,46      |
| Πόσο σου άρεσαν στην εφαρμογή τα animations (κινήσεις);  | 3,79     | 1,22      |
| Πόσο σε βοήθησε το tablet να μάθεις για τα γεωμετρικά σχήματα;   | 3,38     | 1,47      |
| Πόσο σε βοήθησε το tablet να υπολογίζεις την περίμετρο και το εμβαδόν απλών και σύνθετων σχημάτων;                               | 3,93     | 1,01      |
| Πόσο σε βοήθησε το tablet να υπολογίσεις το εμβαδόν του τετραγώνου, του ορθογωνίου παραλληλογράμμου και του ορθογωνίου τριγώνου; | 3,96     | 1,00      |
| Πόσο σου άρεσε η συνεργασία με τον/την διπλανό/η σου;  | 4,17     | 0,76      |
| Η εφαρμογή σου φάνηκε εύκολη στη χρήση της;  | 3,79     | 0,98      |
| Η εφαρμογή σου φάνηκε εύκολη για να μάθεις;  | 4,08     | 1,25      |
| Πόσο σου άρεσε η εφαρμογή γενικά;  | 3,96     | 1,12      |
| Πόσο ενδιαφέρον ήταν για σένα το μάθημα με το tablet;  | 4,50     | 0,66      |

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της εργασίας ήταν να διερευνήσει το κατά πόσο η χρήση tablets και μικρο-εφαρμογών για αυτά, μπορούν να έχουν θετική επίδραση στις γνώσεις των μαθητών για τον υπολογισμό της περιμέτρου και του εμβαδού τετραγώνου, ορθογωνίου και ορθογωνίου τριγώνου. Από τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στα μαθησιακά αποτελέσματα (με εξαίρεση μόνο μία περίπτωση). Αντίθετα, υπήρξε διαφοροποίηση στη διατηρησιμότητα των γνώσεων, με την ομάδα που χρησιμοποίησε tablets να ξεπερνά τις άλλες δύο. Με βάση αυτές τις διαπιστώσεις, η παρούσα έρευνα διαφοροποιείται από εκείνες που υποστηρίζαν ότι η χρήση των tablets έχει θετική επίδραση (ενδεικτικά, Leitão, Rodrigues, & Marcos, 2018), αλλά βρίσκεται σε συμφωνία με εκείνες που διαπίστωσαν αυξημένη διατηρησιμότητα γνώσεων (ενδεικτικά, Radu et al., 2015). Η ερμηνεία των παραπάνω ως αποτυχία των tablets να παράξουν ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα θα ήταν άστοχη. Αυτό γιατί το διδακτικό

αντικείμενο ήταν ιδιαίτερα δύσκολο και οι μαθητές αντιμετωπίζουν αυξημένα προβλήματα (Cavanagh, 2007; Yeo, 2008; Zacharos & Chassapis, 2012). Αυτός ο ισχυρισμός επιβεβαιώνεται παρατηρώντας τα αποτελέσματα στα φύλλα αξιολόγησης (Πίνακας 1). Ειδικά στα δύο τελευταία φύλλα (που αφορούσαν το εμβαδόν), οι μαθητές όλων των ομάδων απάντησαν σωστά σε αρκετά κάτω από τις μισές ερωτήσεις. Θα ήταν υπερβολή να ισχυριστεί κάποιος ότι ένας μικρός αριθμός παρεμβάσεων θα μπορούσε να έχει εμφανή θετικά αποτελέσματα. Ένας δεύτερος παράγοντας που μπορεί να έπαιξε ρόλο στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων πιθανώς να είναι το διδακτικό σχήμα που ακολουθήθηκε. Έχοντας ως δεδομένο ότι η παραδοσιακή διδασκαλία, δεν προσφέρεται (παρότι κυριαρχεί στη διδακτική των Μαθηματικών), ακολουθήθηκε ένα εποικοδομητιστικό διδακτικό μοντέλο (Zacharos & Chassapis, 2012). Όμως, οι μαθητές δεν ήταν συνηθισμένοι σε τέτοιας μορφής διδασκαλία, κάτι που μπορεί να τους δυσκόλεψε και να χρειάστηκαν κάποιο χρόνο προσαρμογής. Έτσι, μπορεί να ερμηνευτεί το ότι (α) στο τελευταίο φύλλο αξιολόγησης τελικά η ομάδα που χρησιμοποίησε τα tablets ξεπέρασε τις άλλες δύο και (β) το ίδιο ίσχυσε και στο delayed post-test.

Οι εφαρμογές έπαιξαν και αυτές ρόλο στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων. Αναφέρθηκε στην ενότητα "Υλικό" ότι κατασκευάστηκαν από το δάσκαλο της τάξης ο οποίος δεν είχε τις ανάλογες πρότερες γνώσεις. Επίσης, δεν του παρασχέθηκε ούτε τεχνική βοήθεια ούτε παιδαγωγική καθοδήγηση. Αυτό έγινε γιατί κατά πρώτον δεν στάθηκε δυνατόν να βρεθεί κάποια έτοιμη εφαρμογή και κατά δεύτερον γιατί επιδιώχθηκε οι εφαρμογές να είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες των μαθητών (Powell, 2014). Φάνηκε ότι οι εφαρμογές άρεσαν αρκετά στους μαθητές, τις βρήκαν ενδιαφέρουσες και θεώρησαν ότι τους βοήθησαν να μάθουν (βλ. Πίνακα 3). Επίσης, τους άρεσε η μεταξύ τους συνεργασία. Όλα τα παραπάνω βρίσκονται σε συμφωνία με προηγούμενες έρευνες που έχουν επισημάνει αυτά τα στοιχεία (ενδεικτικά, Clarke & Svanaes, 2014; Young et al., 2016). Πρέπει να γίνουν δύο σημαντικές παρατηρήσεις σχετικά με αυτή την προσπάθεια. Πρώτον, ο χρόνος που απαιτήθηκε (περίπου πενήντα ώρες) για την κατασκευή τεσσάρων μικρο-εφαρμογών είναι μεγάλος. Πέρα από τις προφανείς κατασκευαστικές δυσκολίες, οι εκπαιδευτικοί δύσκολα θα αφιερώσουν τόσες ώρες για να κατασκευάσουν ανάλογο υλικό για τις τάξεις τους. Δεύτερον, οι εφαρμογές ήταν "ερασιτεχνικές", απείχαν πολύ, σε τεχνική αρτιότητα, από ανάλογες εμπορικές. Όχι μόνο αυτό, αλλά κάποιος ειδικός θα μπορούσε να τις χαρακτηρίσει και παιδαγωγικά ελλιπείς. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό ότι λόγω των αδυναμιών τους να δυσκόλεψαν τους μαθητές στην κατανόηση του γνωστικού αντικείμενου και αυτό να είχε αρνητικό αντίκτυπο στα γνωστικά αποτελέσματα. Λύσεις για την αντιμετώπιση αυτού του θέματος μπορεί να είναι η συχνή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών πάνω σε θέματα ενσωμάτωσης των tablets στη διδασκαλία (Haßler et al., 2016), αλλά και η εξεύρεση εργαλείων που θα τους επιτρέπουν να κατασκευάζουν γρήγορα -αλλά τεχνικά και παιδαγωγικά άρτιες- εφαρμογές.

Τα αποτελέσματα, αν και όχι ξεκάθαρα υπέρ της χρήσης των tablets, εντούτοις είναι ενδιαφέροντα και προσφέρονται για περαιτέρω προβληματισμό. Όμως, υπάρχουν περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ο σχετικά μικρός αριθμός συμμετεχόντων και ο περιορισμένος αριθμός παρεμβάσεων δυσκολεύει τη γενίκευση των

αποτελεσμάτων. Παρότι επιδιώχθηκε μεγαλύτερος αριθμός παρεμβάσεων και ενοτήτων, περιορισμοί στο ωρολόγιο πρόγραμμα των σχολείων δεν επέτρεψαν κάτι τέτοιο. Η περιορισμένη χρονική διάρκεια καθιστά αδύνατη την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τα μαθησιακά αποτελέσματα σε βάθος χρόνου και ύστερα από συχνή χρήση των tablets. Μεγαλύτερη διάρκεια και μεγαλύτερο δείγμα θα επέτρεπαν την κατανόηση του ξεταζόμενου προβλήματος σε μεγαλύτερο βάθος. Παραλλαγές της διδακτικής μεθόδου ή/και χρήση άλλων τεχνολογικών μέσων ή/και διαφορετικές ηλικιακές ομάδες, θα επέτρεπαν τον σχηματισμό καλύτερης εικόνας για τα πλεονεκτήματα (ή και μειονεκτήματα) των tablets. Τέλος, ποιοτικά εργαλεία συλλογής δεδομένων, όπως συνεντεύξεις και παρατηρήσεις, θα επέτρεπαν την πολύπλευρη εξέταση της εκπαιδευτικής τους αξίας. Σε κάθε περίπτωση και λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς, φαίνεται ότι η χρήση tablets και εφαρμογών τους για τη διδασκαλία του εμβαδού γεωμετρικών σχημάτων στο δημοτικό σχολείο έχει ενδιαφέρουσες προοπτικές που αξίζει να μελετηθούν εκτενέστερα, έτσι ώστε να βρεθεί το πλαίσιο που θα επιτρέψει την αποτελεσματικότερη αξιοποίησή τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γαγάτσης, Α., Γεωργίου, Γ., Τούρβας, Γ. & Χαραλάμπους Ε. (2006). Οπτική Αντίληψη, Ψευδαισθηση της Αναλογίας και οι Έννοιες της Περιμέτρου και του Εμβαδού. Στο Ε. Φτιάκα, Α.Γαγάτσης, Ι. Ηλία, & Μ. Μοδέστου (Επιμ). *Πρακτικά 9<sup>ου</sup> Συνδρίου Παιδαγωγικής Εταιρίας Κύπρου: Η Σύγχρονη Εκπαιδευτική Έρευνα στην Κύπρο: Προτεραιότητες και Προοπτικές* (σσ. 85-98). Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Καραγεώργος, Δ. (2003). *Το πρόβλημα και η επίλυση του*. Αθήνα: Εκδόσεις Σαββάλα.
- Κολέζα, Ε. (2006). *Μαθηματικά και σχολικά μαθηματικά, επιστημολογική προσέγγιση της μαθηματικής εκπαίδευσης*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη
- Botzer, G. & Yerushalmy, M. (2006) Interpreting motion graphs through metaphorical projection of embodied experience. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 13(3), 127-138.
- Carpenter, T. P., Coburn, T. G., Reys, R. E., & Wilson, J. W., (1975). Notes from National Assessment: basic concepts of area and volume. *Arithmetic Teacher*, 22(6), 501-507.
- Cavanagh, M. (2007). Year 7 students' understanding of area measurement. In Milton et al. (Eds) *Proceedings of the 21st Biennial Conference of the Australian Association of Mathematics Teachers Inc.* (pp. 136-143). Adelaide: The Australian Association of Mathematics Teachers Inc.
- Ciampa, K. (2014). Learning in a mobile age: an investigation of student motivation: Learning in a mobile age. *Journal of Computer Assisted Learning*, 30(1), 82-96.
- Clarke, B., & Svanaes, S. (2014). *An updated literature review on the use of tablets in education. Tablets for Schools*. UK: Family Kids & Youth.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Falloon, G. (2013). Young students using iPads: App design and content influences on their learning pathways. *Computers & Education*, 68, 505-521.

- Furio, D., Juan, M. C., Segui, I., & Vivo, R. (2015). Mobile learning vs. traditional classroom lessons: a comparative study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 189-201.
- Goodwin, K. (2012). *Use of tablet technology in the classroom*. Curriculum and Learning Innovation Centre, NSW Department of Education and Communities, Strathfield. NSW, 100.
- Gutiérrez de Ravé, E. G., Jiménez-Hornero, F. J., Ariza-Villaverde, A. B., & Taguas-Ruiz, J. (2016). DiedricAR: a mobile augmented reality system designed for the ubiquitous descriptive geometry learning. *Multimedia Tools and Applications*, 75(16), 9641-9663.
- Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(2), 139-156.
- Hirstein, J., Lamb, C. E. & Osborn, A. (1978). Student Misconceptions about area measure. *Arithmetic Teacher*, 25(6), 10-16.
- Kaufmann, H., Steinbugl, K., Dunser, A. & Gluck, J. (2005) General training of spatial abilities by geometry education in augmented reality. *Cyberpsychology & Behavior*, 8(4), 330-341.
- Lai, C. H., Yang, J. C., Chen, F. C., Ho, C. W., & Chan, T. W. (2007). Affordances of mobile technologies for experiential learning: the interplay of technology and pedagogical practices. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(4), 326-337.
- Leitão, R., Rodrigues, J. M., & Marcos, A. F. (2018). Mobile Learning: Benefits of Augmented Reality in Geometry Teaching. In M. Khosrow-Pour, D.B.A. (Ed.), *Enhancing Art, Culture, and Design with Technological Integration* (pp. 234-257). Hershey, PA: IGI Global.
- Maher, C. A., & Beattys, C. B., (1986). Examining the construction of area and its measurement by ten to fourteen year old children. In G. Lappan & R. Even (Eds.), *Proceedings of the Eighth Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 163-168). East Lansing, MI.
- Powell, S. (2014). Choosing iPad apps with a purpose. *Teaching Exceptional Children*, 47(1), 20-26.
- Radu, I., Doherty, E., Di Quollo, K., McCarthy, B., & M. (2015). Cyberchase shape quest: pushing geometry education boundaries with augmented reality. *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children*, 430-433. New York: ACM.
- Reynolds, A., & Wheatley, G. H. (1996). Elementary students' construction and coordination of units in an area setting. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(5), 564-581.
- Şad, S. N., & Göktaş, Ö. (2014). Preservice teachers' perceptions about using mobile phones and laptops in education as mobile learning tools. *British Journal of Educational Technology*, 45(4), 606-618.
- Sommerauer, P., & Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68.
- West, D. M. (2013). Mobile learning: Transforming education, engaging students, and improving outcomes. *Brookings Policy Report*, 1-7.
- Yeo, K. K. J. (2008). Teaching area and perimeter: Mathematics-pedagogical-content-knowledge-inaction. In M. Goos, R. Brown, & K. Makar (Eds.), *Navigating Currents and Charting Directions. Proceedings of the 31st Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 621-628). Adelaide: MERGA.
- Young, J. C., Kristanda, M. B., & Hansun, S. (2016). ARmatika: 3D game for arithmetic learning with Augmented Reality technology. *Proceedings of the International Conference on Informatics and Computing*, 355-360. Mataram, Indonesia: IEEE.
- Zacharos, K., & Chassapis, D. (2012). Teaching suggestions for the measurement of area in Elementary School. Measurement tools and measurement strategies. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(2), 41-62.

# Διερεύνηση της δημιουργικότητας των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στα Μαθηματικά με τη χρήση υλικού

Δέσποινα Δεσλή<sup>1</sup> και Ερμιόνη Δήμτσα<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., [ddesli@eled.auth.gr](mailto:ddesli@eled.auth.gr)

<sup>2</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δ.Π.Θ., [edimtsa@eled.duth.gr](mailto:edimtsa@eled.duth.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνήσει το επίπεδο δημιουργικότητας των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη χρήση υλικών στα Μαθηματικά. Για τον σκοπό αυτό διεξήχθη έρευνα στην οποία 61 εν ενεργεία και 129 υποψήφιοι εκπαιδευτικοί συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο με τρία έργα. Στα δύο πρώτα έργα κλήθηκαν να περιγράψουν τις μαθηματικές έννοιες που θα δίδασκαν χρησιμοποιώντας την αριθμογραμμή (Έργο 1) και τον γεωπίνακα (Έργο 2). Στο τρίτο έργο οι συμμετέχοντες έπρεπε να δηλώσουν άλλα υλικά που θεωρούν ότι βοηθούν στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών. Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών βαθμολογήθηκαν και κωδικοποιήθηκαν, σύμφωνα με τα κριτήρια των Torrance (1966, 1974) και Guilford (1967), αναφορικά με την ευχέρεια, την ευελιξία και την πρωτοτυπία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι τρεις δείκτες, αν και υψηλότεροι στη χρήση της αριθμογραμμής σε σχέση με τη χρήση του γεωπίνακα, ήταν γενικά πολύ περιορισμένοι στο σύνολο των συμμετεχόντων. Επιπρόσθετα, οι δύο ομάδες εκπαιδευτικών εμφάνισαν παρόμοια επίπεδα δημιουργικότητας με την αριθμογραμμή. Αντίθετα, στη χρήση του γεωπίνακα οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί παρουσίασαν μεγαλύτερη ευχέρεια, ευελιξία και πρωτοτυπία από τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** δημιουργικότητα, μαθηματικά, εκπαιδευτικοί, υλικά.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η ερευνητική κοινότητα αποδίδει στη δημιουργικότητα, η οποία θεωρούνταν –αρκετά ελιτίστικά- χαρακτηριστικό μόνο των χαρισματικών ατόμων, έναν περισσότερο δυναμικό χαρακτήρα (Κάττου, 2013; Lev-Zamir, & Leikin, 2011). Αυτή η μετατόπιση βασίζεται στην πεποίθηση ότι η δημιουργικότητα αποτελεί θεμελιώδης πτυχή της ανθρώπινης φύσης (Silver, 1997; Lee, & Kemple, 2014) και ως τέτοια όλοι οι άνθρωποι είναι ικανοί να την εξελίσσουν και να την εκφράζουν (Craft, 2003).

Στους περισσότερους ορισμούς για τη δημιουργικότητα αυτή παρουσιάζεται ως η ικανότητα του ατόμου να προσεγγίζει τις διάφορες καταστάσεις και τα προβλήματα που ανακύπτουν με πρωτοτυπία και μεθοδικότητα (Torrance, 1974, όπως αναφέρεται στο

Silver, 1997), με εφευρετικότητα (Guilford, 1950) καθώς και ως η ικανότητα του ατόμου να επιτυγχάνει κάτι νέο και αξιοσημείωτο, το οποίο αλλάζει το πεδίο ενός εγχειρήματος με έναν σημαντικό τρόπο (Gardner, 1993). Η ανάγκη αποτίμησης της δημιουργικότητας οδήγησε τους ερευνητές αρχικά στην ανάπτυξη ψυχομετρικών προσεγγίσεων για τη μέτρηση και την ποσοτικοποίηση του αποτελέσματος της δημιουργικής διαδικασίας, στη συνέχεια στην ανάπτυξη γνωστικών προσεγγίσεων για την ανάλυση των γνωστικών διεργασιών που σχετίζονται με τη δημιουργική συλλογιστική και, τέλος, στην ανάπτυξη κοινωνικών προσεγγίσεων, δίνοντας έμφαση στο περιβάλλον και τα κοινωνικοπολιτισμικά χαρακτηριστικά που ενισχύουν την εμφάνιση και την καλλιέργεια της δημιουργικότητας (Sternberg, & Lubart, 1996; Sternberg, 2000; Leikin, & Pitta-Pantazi, 2013).

Η δημιουργικότητα συχνά αναγνωρίζεται και αξιολογείται στη βάση των τεσσάρων δεικτών δημιουργικότητας που πρότειναν οι Torrance (1966, 1974, όπως αναφέρεται στο Silver, 1997) και Guilford (1967, όπως αναφέρεται στο Klavir, & Hershkovitz, 2008). Αυτοί οι δείκτες είναι: η ευχέρεια, η ευελιξία, η πρωτοτυπία και η περίτεχνη λύση. Η ευχέρεια αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να παράγει διαρκώς μεγάλο αριθμό ιδεών. Η ευελιξία αφορά στην ικανότητα προσέγγισης ενός προβλήματος μέσα από ποικίλες και εναλλασσόμενες στρατηγικές επίλυσης. Η πρωτοτυπία συνδέεται με τη μοναδικότητα του τρόπου σκέψης και τη μοναδικότητα των προϊόντων της πνευματικής ή καλλιτεχνικής δραστηριότητας. Τέλος, η περίτεχνη λύση αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να λαμβάνει μία δοσμένη ιδέα, να την επεξεργάζεται σύνθετα και, κάνοντας γενικεύσεις, να προβαίνει σε σύνθετες απαντήσεις.

Η δημιουργικότητα στα μαθηματικά αποτελεί νέο πεδίο έρευνας και επιστημονικού ενδιαφέροντος τα τελευταία χρόνια. Κατά την προσπάθεια εννοιολόγησης της δημιουργικότητας στα μαθηματικά και της αναγνώρισης της σημασίας της, παρατηρείται ότι κυριαρχούν δύο προσεγγίσεις. Αφενός υπάρχουν ορισμοί που εστιάζουν στη διαδικασία και αφετέρου ορισμοί που αναφέρονται στο προϊόν. Οι ορισμοί της πρώτης κατηγορίας εστιάζουν στη φύση των γνωστικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την εκτέλεση μαθηματικών έργων, θεωρώντας συγκεκριμένο τρόπο σκέψης ως δημιουργικό. Οι ορισμοί της δεύτερης κατηγορίας μελετούν και περιγράφουν το ξεκάθαρο προϊόν της σκέψης, το αποτέλεσμα, δηλαδή, της γνωστικής διεργασίας που έχει προηγηθεί (Haylock, 1997; Levenson, 2013). Οι εκπαιδευτικοί βέβαια, στα πλαίσια της τυπικής εκπαίδευσης, συχνά μπορούν να παρατηρήσουν και να αποτιμήσουν μόνο το προϊόν που παράγεται από τη σκέψη των μαθητών και όχι την ίδια τη διεργασία που συντελείται στο μυαλό τους (Haylock, 1997).

Τόσο στον διεθνή όσο και τον ελλαδικό χώρο η έρευνα για τη δημιουργικότητα στα μαθηματικά επικεντρώνεται και αφορά σε μαθητές και εκπαιδευτικούς. Για παράδειγμα, έρευνες έχουν εξετάσει τις στρατηγικές των παιδιών κατά την επίλυση προβλημάτων και την ανάπτυξη δημιουργικής σκέψης (Klavir, & Hershkovitz, 2008; Yeο, 2009; Kattou, Christou, & Pitta-Pantazi, 2016). Άλλες έχουν επικεντρωθεί στην ικανότητα των μαθητών (κυρίως της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης) για παραγωγή νέας γνώσης και ευελιξία στην επίλυση προβλήματος καθώς και για τη διατύπωση προβλήματος (π.χ.,

Silver, 1997; Kwon, Park, & Park, 2006). Στις περισσότερες από αυτές, η δημιουργικότητα των μαθητών αναγνωρίζεται χαμηλή, γεγονός που αποδίδεται στις επιρροές που δέχονται οι μαθητές από τη διδασκαλία των μαθηματικών καθώς και από τις εμπειρικές καταστάσεις στις οποίες εκτίθενται (Haylock, 1997). Φαίνεται ότι στα πλαίσια της τυπικής εκπαίδευσης συχνά εδραιώνεται η συγκλίνουσα σκέψη (convergent thinking) των μαθητών (Milgram, & Hong, 2009) επικαλύπτοντας και επισκιάζοντας την αποκλίνουσα σκέψη (divergent thinking), η οποία φαίνεται να συνδέεται με τη δημιουργικότητα στα μαθηματικά (Haylock, 1987). Η εξοικείωση των μαθητών με μη τυποποιημένα προβλήματα και προβλήματα ανοικτής προσέγγισης, τα οποία προσφέρουν το περιβάλλον για διαρκή διερεύνηση και παράθεση επιχειρημάτων, συχνά προτείνεται για την ανάπτυξη της δημιουργικότητας των παιδιών στα μαθηματικά (π.χ., Chiu, 2009).

Η έρευνα για τη δημιουργικότητα των εκπαιδευτικών στα μαθηματικά έχει αναδείξει πως υπάρχει μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στην επιστημονική άποψη και την άποψη των εκπαιδευτικών για τον τρόπο με τον οποίο θεωρούν ότι εκφράζεται η δημιουργικότητα στα μαθηματικά. Για παράδειγμα, οι Bolden, Harries και Newton (2010) διαπίστωσαν ότι οι ιδέες των υποψήφιων εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι περιορισμένες και προσανατολισμένες στην ιδέα του να διδάσκει κάποιος δημιουργικά, παρά να διδάσκει για τη δημιουργικότητα. Δυσκολεύονται μάλιστα να βρουν μεθόδους διδασκαλίας που ενισχύουν και αποτιμούν τη δημιουργικότητα των μαθητών. Παρόμοια, η Levenson (2013) στο Ισραήλ και οι Desli και Zioga (2016) στην Ελλάδα διαπίστωσαν αδυναμία των εκπαιδευτικών στην αναγνώριση των δημιουργικών ή μη δημιουργικών προβλημάτων για τη διδασκαλία των μαθηματικών στο δημοτικό σχολείο καθώς και δυσκολία στην επιλογή μαθηματικών έργων που ενισχύουν τη δημιουργικότητα των μαθητών στα μαθηματικά. Κατά την επιλογή μαθηματικών έργων για την προώθηση της μαθηματικής δημιουργικότητας των μαθητών τους, οι εκπαιδευτικοί λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο τα χαρακτηριστικά των έργων και τις γνωστικές τους απαιτήσεις, αλλά και τις αξίες και τα συναισθήματα τα οποία δημιουργούν στους μαθητές κατά την ενασχόλησή τους με αυτά (Levenson, 2013). Επιπρόσθετα, φαίνεται πως συχνά συνδέουν τη δική τους μαθηματική δημιουργικότητα με το επίπεδο της μαθηματικής τους γνώσης (Leikin, Subotnik, Pitta-Pantazi, Singer, & Pelczer, 2013). Είναι ενθαρρυντικό, ωστόσο, το γεγονός ότι συχνά θεωρούν ως δημιουργικό εκείνον τον εκπαιδευτικό που, όχι μόνο μπορεί να καλλιεργήσει τη μαθηματική δημιουργικότητα στους μαθητές του, αλλά είναι και ο ίδιος δημιουργικός στη διδασκαλία του, όντας, για παράδειγμα, ευέλικτος στον σχεδιασμό και τη διαχείριση του μαθήματος των μαθηματικών (Lev-Zamir, & Leikin, 2011; Leikin et al., 2013). Τέλος, στην πλειονότητα των ερευνών για τη δημιουργικότητα των εκπαιδευτικών αναφέρεται η έλλειψη προετοιμασίας των ίδιων σε επίπεδο εκπαίδευσης.

Με δεδομένο ότι ο τρόπος με τον οποίο είναι δομημένα τα υπάρχοντα εκπαιδευτικά συστήματα ανά τον κόσμο και διαμορφωμένα τα σχολικά περιβάλλοντα επηρεάζουν αρνητικά τη δημιουργικότητα των μαθητών (Κάττου, 2013), η μελέτη των στοιχείων που επηρεάζουν και συνθέτουν τη δημιουργικότητα των εκπαιδευτικών και των μαθητών είναι πολύ σημαντική. Η έρευνα για τη δημιουργικότητα των εκπαιδευτικών στα

μαθηματικά, όπως σύντομα αναφέρθηκε παραπάνω, έχει επικεντρωθεί κυρίως στη χρήση των προβλημάτων που προάγουν τη δημιουργικότητα, στα κριτήρια επιλογής δημιουργικών προβλημάτων, στις στάσεις τους απέναντι στα δημιουργικά προβλήματα αλλά και στην ελλιπή προετοιμασία των εκπαιδευτικών. Ωστόσο, δεν υπάρχει ερευνητική δουλειά για τους διαφορετικούς τρόπους χρήσης συγκεκριμένου υλικού στα μαθηματικά από τους εκπαιδευτικούς με σκοπό την ανάπτυξη της δημιουργικότητας των μαθητών.

Η χρήση εκπαιδευτικού υλικού στο μάθημα των μαθηματικών αποτελεί έναν από τους θεμελιώδεις παράγοντες που αναβαθμίζουν την ποιότητα της μαθηματικής εκπαίδευσης (Ahmed, Clark-Jeavons, & Oldknow, 2004) και η σημασία της στη μαθησιακή και διδακτική πρακτική των μαθηματικών αναγνωρίζεται από τους περισσότερους εκπαιδευτικούς (Σκουμπουρδή, 2012). Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν εκπαιδευτικά υλικά προκειμένου να αναπαραστήσουν το αφηρημένο με τρόπο χειροπιαστό, και άρα περισσότερο κατανοητό, προς τους μαθητές τους καθώς και για να συνδέσουν τις αφηρημένες αυτές έννοιες με την πρότερη γνώση των μαθητών τους (Core, 2015). Η αποτελεσματικότητα της ένταξης του υλικού στην εκπαιδευτική διαδικασία θεωρείται δεδομένη: η χρήση τους συνδέεται με οφέλη σε γνωστικό, ψυχολογικό, κοινωνικό και συναισθηματικό επίπεδο, καθώς –ανάμεσα σε πολλά άλλα- συμβάλλουν στη βελτίωση της επίδοσης των παιδιών στα μαθηματικά, στην παρώθηση για συμμετοχή στο μάθημα και στην ενίσχυση της επικοινωνίας μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών (για λεπτομερή περιγραφή βλ. Σκουμπουρδή, 2012 και Meira, 1998).

Η εκπαιδευτική βαθμίδα από την οποία προέρχονται οι εκπαιδευτικοί και τα χρόνια διδακτικής εμπειρίας αποτελούν κάποιους από τους παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση υλικών (Σκουμπουρδή, 2014). Ειδικότερα, οι Δεσλή και Κωστέλιδου (2008) αναφέρουν ότι οι νηπιαγωγοί υποστηρίζουν τη διδασκαλία των μαθηματικών με χειραπτικά υλικά πάντα ή πολύ συχνά, σίγουρα πολύ περισσότερο από τους δασκάλους. Οι Kilpatrick, Swafford και Findell (2001) βρήκαν ότι περίπου το ¼ των δασκάλων που συμμετείχαν στην έρευνά τους δεν έκανε ποτέ χρήση υλικών, ενώ το 74% χρησιμοποιούσε υλικά μόνο μία φορά το μήνα.

Η αριθμογραμμή, ο γεωπίνακας, το πολυβασικό υλικό του Dienes και οι ράβδοι Cuisinaire αποτελούν τα πιο διαδεδομένα εκπαιδευτικά υλικά στη διδασκαλία των μαθηματικών. Η χρήση τους ποικίλλει και συχνά επεκτείνεται σε ένα μεγάλο εύρος μαθηματικών εννοιών. Για παράδειγμα, η αριθμογραμμή χρησιμοποιείται με επιτυχία για την αναπαράσταση των αριθμών (Thompson, & Opfer, 2010), τη διάταξη των αριθμών (Siegler, Thompson, & Schneider, 2011; Link, Nuerk, & Moeller, 2014), τη σύγκριση των αριθμητικών μεγεθών (Schneider, Grabner, & Paetsch, 2009), τις εκτιμήσεις (Siegler, & Opfer, 2003; Barth, & Paladino, 2011), τη μέτρηση μήκους (Gravemeijer, & Stephan, 2002) και χρόνου (Moone, & Groot, 2005), τον σχηματισμό γεωμετρικών μοντέλων για την κατανόηση των αριθμητικών πράξεων (Kilpatrick et al., 2001), ανάμεσα σε άλλα. Ωστόσο, σε κάποιες περιπτώσεις η αριθμογραμμή λειτουργεί ως εμπόδιο για τη λύση προβλήματος (Σκουμπουρδή, 2012) και η χρήση της έχει αμφισβητηθεί.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της μαθηματικής δημιουργικότητας των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη χρήση υλικών. Το



κύριο ερευνητικό ερώτημα αφορά στους τρόπους με τους οποίους οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν συγκεκριμένα υλικά στα μαθηματικά η μελέτη των τρόπων αυτών αναδεικνύει στοιχεία της δημιουργικότητάς τους στα μαθηματικά. Τα επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα που η παρούσα εργασία επιχειρεί να απαντήσει είναι: α) Ποιο είναι το επίπεδο δημιουργικότητας των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη χρήση υλικού κατά τη διδασκαλία των μαθηματικών; β) Διαφοροποιούνται οι υποψήφιοι από τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ως προς τη δημιουργικότητά τους στη χρήση υλικών στα μαθηματικά; γ) Η μαθηματική δημιουργικότητα των εκπαιδευτικών αναδεικνύεται περισσότερο μέσα από κάποιο συγκεκριμένο υλικό; Για τον σκοπό αυτό, θα επιχειρηθεί η μελέτη των διαφορετικών χρήσεων συγκεκριμένων υλικών (συγκεκριμένα της αριθμογραμμής και του γεωπίνακα) στα μαθηματικά από εν ενεργεία και υποψήφιους εκπαιδευτικούς στη βάση των δεικτών δημιουργικότητας των Torrance και Guilford προκειμένου να ανιχνευτεί η σύνδεση της χρήσης του υλικού με τη δημιουργικότητα των εκπαιδευτικών στα μαθηματικά.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **Συμμετέχοντες**

Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 190 εκπαιδευτικοί, από τους οποίους οι 61 ήταν εν ενεργεία εκπαιδευτικοί και οι 129 ήταν υποψήφιοι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Από το σύνολο των συμμετεχόντων, οι 25 (το 13% περίπου) ήταν άντρες και οι 165 (το 87% περίπου) ήταν γυναίκες.

Ειδικότερα, οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί (10 άντρες και 51 γυναίκες) εργάζονταν σε δημόσια και ιδιωτικά δημοτικά σχολεία αστικών και μη αστικών περιοχών, καλύπτοντας μεγάλο εύρος περιοχών του ελλαδικού ηπειρωτικού και νησιωτικού χώρου. Τα έτη υπηρεσίας τους κυμαίνονταν από 1 εξάμηνο μέχρι 32 έτη με μέσο όρο τα 15 έτη. Συγκεκριμένα, οι 14 από αυτούς εργάζονταν από λίγους μήνες έως 6 έτη, οι 21 από 7-15 έτη, οι 16 εργάζονταν από 16-25 έτη και οι 10 είχαν εργασιακή εμπειρία μεγαλύτερη των 26 ετών.

Οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί (15 άντρες και 114 γυναίκες) φοιτούσαν σε δημόσιο πανεπιστημιακό ίδρυμα και παρακολουθούσαν το Β΄ και το Γ΄ έτος σπουδών (74 και 55, αντίστοιχα). Οι δευτεροετείς φοιτητές δεν είχαν διδαχθεί ακόμη μαθήματα διδακτικής των Μαθηματικών, σε αντίθεση με τους τριτοετείς που είχαν διδαχθεί.

### **Σχεδιασμός – Εργαλείο έρευνας**

Σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις δημογραφικού περιεχομένου και τρία έργα. Στα δύο πρώτα έργα ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να υποδείξουν και να περιγράψουν τις μαθηματικές έννοιες που θα δίδασκαν κάνοντας χρήση της αριθμογραμμής (Έργο 1) και του γεωπίνακα (Έργο 2). Η αριθμογραμμή και ο γεωπίνακας επιλέχθηκαν στην παρούσα εργασία καθώς και τα δύο ενδείκνυται για χρήση με σκοπό την ανάδειξη και τη διδακτική προσέγγιση πολλών και διαφορετικών μαθηματικών εννοιών.

Στο τρίτο έργο οι συμμετέχοντες καλούνταν να αναφέρουν οποιοδήποτε άλλο υλικό θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν στη διδασκαλία των μαθηματικών, ώστε να συμβάλει στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών από τα παιδιά.

### **Διαδικασία**

Τα ερωτηματολόγια διανεμήθηκαν στους υποψήφιους και τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς στον χώρο του πανεπιστημίου και στον χώρο εργασίας τους, αντίστοιχα. Δεν δόθηκαν διευκρινίσεις, παρά μόνο η παράκληση να απαντηθούν όλα τα ερωτήματα.

Η συμμετοχή όλων στην έρευνα έγινε σε εθελοντική βάση και διατηρήθηκε η ανωνυμία των συμμετεχόντων. Το ποσοστό των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων ανήλθε περίπου στο 35% για τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς και στο 96% για τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς.

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Προκειμένου να αποτιμηθεί η μαθηματική δημιουργικότητα των συμμετεχόντων, οι απαντήσεις τους βαθμολογήθηκαν και κωδικοποιήθηκαν, σύμφωνα με τα κριτήρια των Torrance (1966, 1974, όπως αναφέρεται στο Silver, 1997) και Guilford (1967, όπως αναφέρεται στο Klavir, & HersHKovitz, 2008), αναφορικά με την ευχέρεια, την ευελιξία και την πρωτοτυπία. Κάθε συμμετέχων βαθμολογήθηκε με μία μονάδα (1) για κάθε απάντηση που έδωσε, οπότε ο αριθμός των απαντήσεων του ταυτίζεται με τη βαθμολογία του.

#### **Επίπεδο δημιουργικότητας στο Έργο 1 (χρήση αριθμογραμμής)**

##### ***Ευχέρεια***

Το πλήθος των απαντήσεων που έδωσε ο κάθε συμμετέχων («πόσες απαντήσεις;») στο Έργο 1 καταγράφηκε και υπολογίστηκε για τον καθένα η ευχέρεια ως το άθροισμα όλων των απαντήσεων που έδωσε στο έργο αυτό. Ο ανώτατος αριθμός απαντήσεων, ο οποίος εμφανίστηκε από έναν μόνο συμμετέχοντα, ήταν έντεκα (11), ενώ ο μικρότερος ήταν μηδέν (0). Οι πιο συχνές απαντήσεις που δόθηκαν αφορούσαν στη χρήση της αριθμογραμμής για τη διδασκαλία των κλασμάτων, των δεκαδικών αριθμών, τη μέτρηση, την πρόσθεση και την αφαίρεση.

Στη συνέχεια, ο βαθμός ευχέρειας κατηγοριοποιήθηκε με βάση μία κλίμακα Likert που σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της έρευνας. Ειδικότερα, όταν ο συμμετέχων έδινε 0-2 απαντήσεις, βαθμολογούνταν με τον βαθμό 1 (πολύ λίγο). Ο βαθμός 2 (λίγο) δόθηκε όταν υπήρχαν 3-7 απαντήσεις. Οι 8-10 απαντήσεις βαθμολογήθηκαν με τον βαθμό 3 (πολύ), ενώ οι 11 απαντήσεις βαθμολογήθηκαν με τον βαθμό 4 (πάρα πολύ). Τα αποτελέσματα έδειξαν χαμηλό βαθμό ευχέρειας στο Έργο 1 (μ.ο.=1,78, τ.α.=,48).

Η ευχέρεια των εν ενεργεία εκπαιδευτικών στη χρήση της αριθμογραμμής βρέθηκε μεγαλύτερη (μ.ό.=1,89, τ.α.=,451) από αυτή των υποψήφιων (μ.ό.=1,75, τ.α.=,489). Ωστόσο, η διαφορά αυτή οριακά δεν ήταν σημαντική ( $t=-1,872$ ,  $df=185$ ,  $p=.063$ ). Ούτε η εργασιακή εμπειρία ούτε τα έτη σπουδών επηρέασαν την ευχέρεια των

εν ενεργεία ( $F(3,60)=,977, p=.410$ ) και των υποψηφίων εκπαιδευτικών ( $t=-,538, df=124, p=.592$ ), αντίστοιχα.

### **Ευελιξία**

Η ευελιξία αφορούσε στις διαφορετικές απαντήσεις («τι είδους απαντήσεις») που έδωσαν οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί. Για να υπολογιστεί η ευελιξία προηγήθηκε μία κατηγοριοποίηση των απαντήσεων σε θεματικούς άξονες, οι οποίοι βασίστηκαν στους άξονες περιεχομένου των σχολικών εγχειριδίων των Μαθηματικών της Δ', Ε' και ΣΤ' Δημοτικού (2006). Συγκεκριμένα, οι κατηγορίες που αναδύθηκαν από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στο πρώτο έργο ήταν οι εξής: Αριθμοί, Αριθμοί και Πράξεις, Αναλογίες, Γεωμετρία, Μετρήσεις, Στατιστική, Μοτίβα και Επίλυση Προβλήματος. Στη συνέχεια, με δεδομένο ότι για κάθε απάντηση που ανήκε σε μία από τις θεματικές κατηγορίες δινόταν ο βαθμός 1, υπολογίστηκε ο βαθμός ευελιξίας ως το σύνολο των διαφορετικών απαντήσεων που έδωσε κάθε συμμετέχων.

Η κατηγορία «Αριθμοί» εμφανίστηκε τις περισσότερες φορές (145 από τους 190 συμμετέχοντες). Ωστόσο, 2 μόνο άτομα έδωσαν απαντήσεις που υπάγονται στην κατηγορία «Στατιστική» και 3 άτομα έδωσαν απαντήσεις από την κατηγορία «Μοτίβα». Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν έδωσε απαντήσεις που αναφέρονταν σε περισσότερες από τέσσερις θεματικές κατηγορίες. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων κατηγοριοποιήθηκαν στη συνέχεια με βάση μία κλίμακα Likert που κυμαινόταν από 1 (για 0-1 θεματικές κατηγορίες) έως το 4 (για 4 θεματικές κατηγορίες). Ο μέσος όρος ευελιξίας όλων των συμμετεχόντων στο Έργο 1 βρέθηκε να είναι χαμηλός (μ.ο.=1,78, τ.α.=,703).

Οι εν ενεργεία και οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί εμφάνισαν παρόμοιο βαθμό ευελιξίας ( $t=-,685, df=185, p=.494$ ), ο οποίος δεν διαφοροποιήθηκε ούτε από τα χρόνια υπηρεσίας τους ( $F(3,60)=1,376, p=.259$ ) ούτε από το έτος σπουδών ( $t=-1,511, df=124, p=.133$ ), αντίστοιχα.

### **Πρωτοτυπία**

Η πρωτοτυπία («πόσο πρωτότυπες απαντήσεις») ελέγχθηκε μέσα από τη συχνότητα με την οποία εμφανίστηκε η κάθε κατηγορία απάντησης. Μοναδική φορά εμφανίστηκαν 19 από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων (π.χ., δυνάμεις, εμβαδόν, σύνολα, ημιευθεία, αντιμεταθετική ιδιότητα), ενώ 13 απαντήσεις δόθηκαν από 2 μόνο συμμετέχοντες (π.χ., χρονογραμμή, διάνυσμα). Φυσικά υπήρχαν απαντήσεις που δόθηκαν από τους περισσότερους συμμετέχοντες (π.χ., πρόσθεση, διάταξη αριθμών).

Στη συνέχεια, οι απαντήσεις των συμμετεχόντων εντάχθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες πρωτοτυπίας από 1 (πολύ λίγο) έως 4 (πάρα πολύ), με τη χρήση κλίμακας Likert, σύμφωνα με τον κανόνα των τεταρτημορίων. Συγκεκριμένα, όσοι εκπαιδευτικοί έδωσαν μοναδικές απαντήσεις, συγκριτικά με το σύνολο των απαντήσεων όλων των συμμετεχόντων, χαρακτηρίστηκαν ως έχοντες πολύ υψηλή πρωτοτυπία και βαθμολογήθηκαν με τον βαθμό 4 (πάρα πολύ). Όσοι έδωσαν απαντήσεις που εμφανίζονταν δύο φορές έλαβαν τον βαθμό 3 (πολύ), όσοι έδωσαν απαντήσεις που εμφανίζονται με συχνότητα 3-10 φορές βαθμολογήθηκαν με τον βαθμό 2 (λίγο) και, τέλος,

όσοι έδωσαν απαντήσεις που εμφανίζονταν από 11 φορές και άνω χαρακτηρίστηκαν ως έχοντες πολύ χαμηλή πρωτοτυπία και έλαβαν τον βαθμό 1 (πολύ λίγο).

Ο βαθμός πρωτοτυπίας όλων των συμμετεχόντων στο Έργο 1 βρέθηκε να είναι αρκετά χαμηλός (μ.ο.=1,63, τ.α.=,934), χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους εν ενεργεία και τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς ( $t=-1,435$ ,  $df=187$ ,  $p=.153$ ). Περισσότερο και λιγότεροι έμπειροι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί δεν διαφοροποιήθηκαν ως προς τον βαθμό πρωτοτυπίας τους ( $F(3,60)=0,345$ ,  $p=.793$ ). Οι δευτεροετείς και οι τριτοετείς φοιτητές εμφάνισαν παρόμοιο βαθμό πρωτοτυπίας ( $t=.180$ ,  $df=126$ ,  $p=.858$ ), δείχνοντας ότι το έτος σπουδών δεν επηρέασε την πρωτοτυπία των απαντήσεών τους.

### **Επίπεδο δημιουργικότητας στο Έργο 2 (χρήση γεωπίνακα)**

Η κωδικοποίηση των απαντήσεων των συμμετεχόντων στο Έργο 2 πραγματοποιήθηκε ακολουθώντας τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω για το Έργο 1, αναφορικά με την ευχέρεια, την ευελιξία και την πρωτοτυπία.

#### ***Ευχέρεια***

Ο ανώτατος αριθμός απαντήσεων που εμφανίστηκε στο Έργο 2 ήταν έντεκα (11) απαντήσεις, οι οποίες δόθηκαν από δύο συμμετέχοντες, ενώ ο μικρότερος αριθμός απαντήσεων ήταν μηδέν (0). Μερικές από τις πολύ συχνές απαντήσεις αναφέρονταν στη χρήση του γεωπίνακα για τη διδασκαλία των γεωμετρικών σχημάτων (π.χ., κύβος, τετράγωνο, τρίγωνο, παραλληλόγραμμο), του εμβαδού και της περιμέτρου.

Ο μέσος όρος ευχέρειας των απαντήσεων όλων των συμμετεχόντων, κατηγοριοποιημένων σε κλίμακα Likert, ήταν ιδιαίτερα χαμηλός (μ.ο.=1,63, τ.α.=,604). Οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό ευχέρειας σε σχέση με τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς ( $t=-5,679$ ,  $df=182$ ,  $p<.001$ ). Αυτή η διαφορά αποτυπώνεται και στο γεγονός ότι οι δύο συμμετέχοντες που παρουσίασαν τον υψηλότερο βαθμό ευχέρειας (11 απαντήσεις) ήταν εν ενεργεία εκπαιδευτικοί. Επιπρόσθετα, η ευχέρεια των εν ενεργεία εκπαιδευτικών επηρεάστηκε από τα έτη υπηρεσίας τους ( $F(3,59)=2,795$ ,  $p<.05$ ), όπως και των μελλοντικών εκπαιδευτικών από το έτος σπουδών τους ( $t=-2,024$ ,  $df=122$ ,  $p<.05$ ), με τους περισσότερο έμπειρους να εμφανίζουν μεγαλύτερη ευχέρεια στη χρήση του γεωπίνακα.

#### ***Ευελιξία***

Κανένας από τους συμμετέχοντες στο Έργο 2, όπως και στο Έργο 1, δεν έδωσε απαντήσεις που αναφέρονταν σε περισσότερες από τέσσερις θεματικές κατηγορίες. Η θεματική κατηγορία που εμφανίστηκε πιο συχνά ήταν η «Γεωμετρία» (147 άτομα), ενώ οι κατηγορίες απαντήσεων που εμφανίστηκαν λιγότερο ήταν οι «Πιθανότητες» και η «Επίλυση Προβλήματος» που απαντήθηκαν από ένα άτομο η καθεμιά.

Ο μέσος όρος ευελιξίας των απαντήσεων όλων των συμμετεχόντων, με τη χρήση κλίμακας Likert, βρέθηκε να είναι χαμηλός (μ.ο.=1,75, τ.α.=,805). Στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη ήταν η ευελιξία στις απαντήσεις των εν ενεργεία εκπαιδευτικών σε σχέση με αυτή των υποψήφιων εκπαιδευτικών ( $t=-3,486$ ,  $df=182$ ,  $p<.01$ ). Ωστόσο, ούτε τα έτη

εργασιακής εμπειρίας ούτε τα έτη σπουδών διαφοροποίησαν τον βαθμό ευελιξίας τους ( $F(3,59)=2,591$ ,  $p=.062$  και  $t=-,113$ ,  $df=122$ ,  $p=.910$ , αντίστοιχα για τους εν ενεργεία και τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς).

### Πρωτοτυπία

Μία μόνο φορά εμφανίστηκαν 13 απαντήσεις (π.χ., όγκος, γωνία, πιθανότητα, κορυφή, διχοτόμος), δηλώνοντας πολύ υψηλό βαθμό πρωτοτυπίας για τους συμμετέχοντες που τις ανέφεραν. Απαντήσεις με πολύ μεγάλη συχνότητα (π.χ., γεωμετρία, εμβαδόν, περίμετρος, τετράγωνο, τρίγωνο, ρόμβος, σχεδιασμός σχημάτων) υποδήλωναν πολύ χαμηλό βαθμό πρωτοτυπίας.

Βάσει της κατηγοριοποίησης των απαντήσεων σε κλίμακα Likert, όπως και στο Έργο 1, υπολογίστηκε αρχικά ο βαθμός πρωτοτυπίας για κάθε συμμετέχοντα και στη συνέχεια ο μέσος όρος πρωτοτυπίας όλων των συμμετεχόντων στο Έργο 2, ο οποίος βρέθηκε να είναι εξαιρετικά χαμηλός (μ.ό.=1,36, τ.α.=,749). Στατιστικά σημαντικά περισσότερες ήταν οι πρωτότυπες απαντήσεις των εν ενεργεία εκπαιδευτικών σε σχέση με τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς ( $t=-3,963$ ,  $df=182$ ,  $p<.01$ ). Παρόμοιος ήταν ο βαθμός πρωτοτυπίας ανάμεσα στις ομάδες των εν ενεργεία εκπαιδευτικών ως προς τα χρόνια υπηρεσίας τους ( $F(3,59)=.432$ ,  $p=.731$ ) αλλά και ανάμεσα στους υποψήφιους εκπαιδευτικούς ως προς τα έτη σπουδών τους ( $t =,380$ ,  $df=122$ ,  $p=.705$ ).

### Σύγκριση της δημιουργικότητας όλων των συμμετεχόντων στη χρήση αριθμογραμμής και γεωπίνακα

Για να ελεγχθεί αν κάποιο από τα δύο υλικά περιόρισε ή ευνόησε τη δημιουργικότητα των συμμετεχόντων, πραγματοποιήθηκαν t-τεστ για εξαρτημένα δείγματα ξεχωριστά για την ευχέρεια, την ευελιξία και την πρωτοτυπία των απαντήσεών τους. Ο Πίνακας 1 που ακολουθεί παρουσιάζει τα ποσοστά των συμμετεχόντων στα διαφορετικά επίπεδα δημιουργικότητας και στα δύο έργα, αναφορικά με την ευχέρεια, την ευελιξία και την πρωτοτυπία.

**Πίνακας 1:** Ποσοστά επιπέδων δημιουργικότητας των απαντήσεων των συμμετεχόντων ως προς το είδος υλικού

| Βαθμολόγηση<br>βάσει Likert | ΕΡΓΟ 1 – Αριθμογραμμή           |           |        | ΕΡΓΟ 2 – Γεωπίνακας             |           |        |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------|--------|---------------------------------|-----------|--------|
|                             | Εκπαιδευτικοί<br>Εν<br>ενεργεία | Υποψήφιοι | ΣΥΝΟΛΟ | Εκπαιδευτικοί<br>Εν<br>ενεργεία | Υποψήφιοι | ΣΥΝΟΛΟ |
|                             | <b>ΕΥΧΕΡΕΙΑ</b>                 |           |        |                                 |           |        |
| 1 (πολύ λίγο)               | 16,4                            | 28,7      | 22,5   | 19,7                            | 55,8      | 37,7   |
| 2 (λίγο)                    | 78,7                            | 71,3      | 75     | 68,8                            | 43,5      | 56,1   |
| 3 (πολύ)                    | 4,9                             | -         | 2,5    | 8,2                             | 0,7       | 4,5    |
| 4 (πέρα πολύ)               | -                               | -         | -      | 3,3                             | -         | 1,7    |

| <b>ΕΥΕΛΙΞΙΑ</b>      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| <b>1 (πολύ λίγο)</b> | 32,8 | 38,7 | 35,7 | 22,9 | 51,2 | 37   |
| <b>2 (λίγο)</b>      | 54,1 | 48,1 | 51,1 | 55,8 | 36,4 | 46,1 |
| <b>3 (πολύ)</b>      | 9,8  | 13,2 | 11,5 | 16,4 | 11,7 | 14,1 |
| <b>4 (πέρα πολύ)</b> | 3,3  | -    | 1,7  | 4,9  | 0,7  | 2,8  |
| <b>ΠΡΩΤΟΤΥΠΙΑ</b>    |      |      |      |      |      |      |
| <b>1 (πολύ λίγο)</b> | 50,8 | 66,7 | 58,8 | 54,1 | 85,3 | 69,7 |
| <b>2 (λίγο)</b>      | 27,9 | 17,1 | 22,5 | 32,7 | 10,1 | 21,4 |
| <b>3 (πολύ)</b>      | 14,7 | 9,3  | 12   | 6,6  | 1,5  | 4,1  |
| <b>4 (πέρα πολύ)</b> | 6,6  | 6,9  | 6,7  | 6,6  | 3,1  | 4,8  |

Ειδικότερα, η ευχέρεια του συνόλου των συμμετεχόντων στο έργο με τον γεωπίνακα εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μειωμένη σε σχέση με την ευχέρεια που επέδειξαν στο έργο με την αριθμογραμμή ( $t=3,041$ ,  $df=183$ ,  $p<.01$ ). Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώθηκαν για τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς ( $t=4,498$ ,  $df=123$ ,  $p<.001$ ), αλλά όχι για τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς ( $t=-,927$ ,  $df=59$ ,  $p=.358$ ) των οποίων η ευχέρεια δεν επηρεάστηκε από το υλικό.

Η ευελιξία των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα δεν επηρεάστηκε από το υλικό στα δύο έργα ( $t=.080$ ,  $df=183$ ,  $p=.936$ ), καθώς ήταν παρόμοιος ο βαθμός ευελιξίας τους τόσο για την αριθμογραμμή όσο και για τον γεωπίνακα. Περαιτέρω συγκρίσεις ξεχωριστά για κάθε ομάδα συμμετεχόντων επιβεβαίωσαν τα παραπάνω αποτελέσματα για την ευελιξία στα δύο υλικά ( $t=-1,857$ ,  $df=59$ ,  $p=.068$  και  $t=1,378$ ,  $df=123$ ,  $p=.171$  για τους εν ενεργεία και τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς, αντίστοιχα).

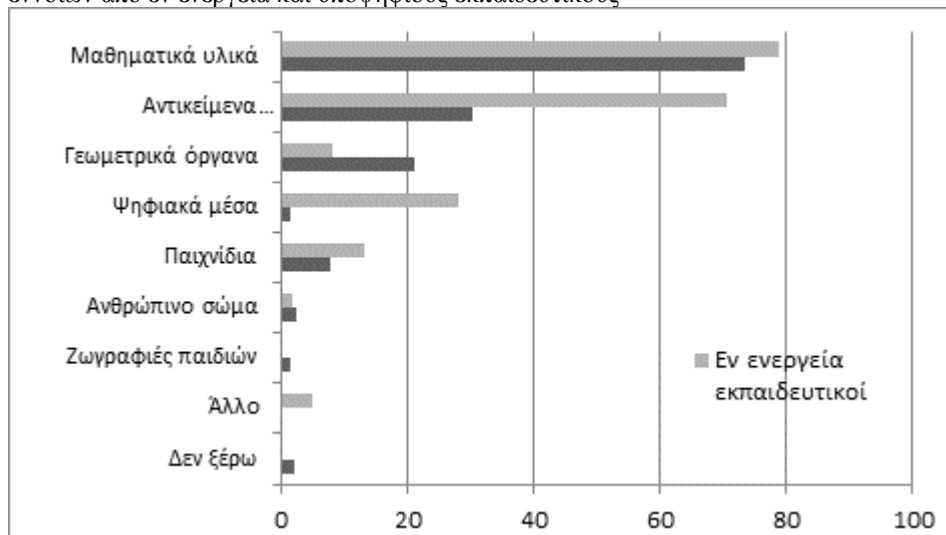
Τέλος, ο βαθμός πρωτοτυπίας στις απαντήσεις όλων των συμμετεχόντων στο έργο όπου έγινε χρήση του γεωπίνακα ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερος από τον βαθμό πρωτοτυπίας που παρουσιάστηκε στο έργο με την αριθμογραμμή ( $t=3,558$ ,  $df=183$ ,  $p<.001$ ). Παρόλο που ο γεωπίνακας βρέθηκε να περιορίζει την πρωτοτυπία των υποψηφίων εκπαιδευτικών ( $t=3,814$ ,  $df=123$ ,  $p<.001$ ), δεν βρέθηκε να ισχύει αυτό για τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς οι οποίοι εμφάνισαν παρόμοιο βαθμό πρωτοτυπίας στην αριθμογραμμή και τον γεωπίνακα ( $t=.841$ ,  $df=59$ ,  $p=.404$ ).

### **Χρήση υλικών στη διδασκαλία των μαθηματικών**

Στο τρίτο έργο ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αναφέρουν ποια άλλα υλικά γνωρίζουν και θεωρούν ότι η χρήση τους ευνοεί την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών από τους μαθητές. Στην πλειοψηφία τους (πάνω από 76%) οι συμμετέχοντες αναφέρθηκαν σε μαθηματικά υλικά, όπως αριθμητήριο, άβακα, τάγκραμ, ράβδους Cuisiniere, πολυβασικό υλικό Dienes. Ωστόσο, τη μεγάλη τους προτίμηση σε αντικείμενα καθημερινής χρήσης (π.χ., φρούτα, βότσαλα, οδοντογλυφίδες, χάντρες, μπάλες, καπάκια, καλαμακάκια) έδειξαν οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί (70,5%) σε αντίθεση με τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς (30,2%). Γενικά, οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί κινήθηκαν σε πιο ασφαλείς και συντηρητικές επιλογές, όπως μαθηματικά υλικά (73,6%) και γεωμετρικά όργανα (21%) (π.χ., χάρακας, διαβήτη), ενώ οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί εμφάνισαν

μεγάλη ποικιλία στις απαντήσεις τους στο έργο αυτό. Τέλος, ένα μεγάλο μέρος των εν ενεργεία εκπαιδευτικών ανέφεραν τη χρήση ψηφιακών μέσων (28%) (π.χ., Geometer's Sketchpad, Geogebra) και παιχνιδιών (13,1%), όπως «γκρινιάρης», «τόμπολα», «φιδάκι», «Μονοπολύ», στη διδασκαλία των μαθηματικών εννοιών στο δημοτικό σχολείο. Το Σχήμα 1 που ακολουθεί παρουσιάζει αναλυτικά τη σχετική συχνότητα προτίμησης των υλικών από τους εν ενεργεία και τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς.

**Σχήμα 1:** Σχετική συχνότητα προτίμησης υλικών στη διδασκαλία των μαθηματικών εννοιών από εν ενεργεία και υποψήφιους εκπαιδευτικούς



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα ερευνητική εργασία επιχείρησε να διερευνήσει το επίπεδο δημιουργικότητας των υποψήφιων και εν ενεργεία εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη χρήση υλικού στη διδασκαλία των μαθηματικών. Τρία είναι τα κύρια ευρήματά της όπως προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Πρώτον, το επίπεδο δημιουργικότητας όλων των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών, όπως αξιολογήθηκε με βάση τα κριτήρια της ευχέρειας, της ευελιξίας και της πρωτοτυπίας στις απαντήσεις τους σχετικά με τη χρήση της αριθμογραμμής και του γεωπίνακα, βρέθηκε αρκετά χαμηλό. Συγκεκριμένα, το 95% των συμμετεχόντων εμφάνισαν πολύ λίγη και λίγη ευχέρεια (30% και 65%, αντίστοιχα), αδυνατώντας να παρουσιάσουν μεγάλο αριθμό απαντήσεων σχετικά με το ποιες μαθηματικές έννοιες θα προσέγγιζαν διδακτικά χρησιμοποιώντας τα συγκεκριμένα υλικά.

Παρόμοια, ο βαθμός ευελιξίας για το 85% των συμμετεχόντων ήταν πολύ χαμηλός και χαμηλός (36% και 49%): οι απαντήσεις τους δεν διακρίνονταν από

διαφορετικότητα ως προς τις θεματικές κατηγορίες στις οποίες εντάχθηκαν. Με άλλα λόγια, οι περισσότεροι συμμετέχοντες παρουσίασαν απαντήσεις από μία ή δύο θεματικές περιοχές (κυρίως αυτές των αριθμών και της γεωμετρίας, αντίστοιχα για την αριθμογραμμή και τον γεωπίνακα), χωρίς να είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τη χρήση των συγκεκριμένων υλικών σε μεγάλο εύρος θεματικών αξόνων. Χαρακτηριστικό εύρημα που αναδεικνύει αυτή τους δυσκολία είναι ότι από το σύνολο των συμμετεχόντων, εν ενεργεία και υποψήφιων εκπαιδευτικών, δεν υπήρχε ούτε ένας που να αναφέρθηκε σε μαθηματικές έννοιες υπερβαίνοντας τις τέσσερις θεματικές κατηγορίες.

Πολύ λίγο πρωτότυποι εμφανίστηκαν οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί: περίπου το 65% αυτών έδωσαν απαντήσεις που αξιολογήθηκαν ως πολύ λίγο πρωτότυπες και το 22% ως λίγο πρωτότυπες σε σχέση με τη συχνότητα εμφάνισης των απαντήσεων του συνόλου των συμμετεχόντων. Το γεγονός ότι ο δείκτης της πρωτοτυπίας βρέθηκε πολύ χαμηλός αναδεικνύει τη μεγάλη δυσκολία των εκπαιδευτικών να αναγνωρίσουν δημιουργική χρήση των υλικών στη διδασκαλία των μαθηματικών εννοιών στο δημοτικό σχολείο. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συνδέονται και υποστηρίζουν ευρήματα προηγούμενων ερευνών στις οποίες, αν και ήταν διαφορετικός ο ερευνητικός τους προσανατολισμός, είχε εντοπιστεί το χαμηλό επίπεδο δημιουργικότητας των εκπαιδευτικών. Για παράδειγμα, όπως στις έρευνες των Ραπαούρα και Ραπαούρα (2014) και των Δεσλή και Ζιώγα (2016) διαπιστώθηκε η δυσκολία των εκπαιδευτικών να επιλέξουν και να υποδείξουν δημιουργικά έργα, και στην παρούσα εργασία διαπιστώθηκαν σημαντικές δυσκολίες στη δημιουργική χρήση υλικών από τους εκπαιδευτικούς.

Δεύτερον, το επίπεδο δημιουργικότητας των εν ενεργεία εκπαιδευτικών βρέθηκε να διαφοροποιείται από αυτό των υποψήφιων εκπαιδευτικών μόνο στη χρήση του γεωπίνακα. Συγκεκριμένα, οι δείκτες δημιουργικότητας στη χρήση της αριθμογραμμής ήταν παρόμοιοι ανάμεσα στους εν ενεργεία και τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς. Αντίθετα, οι δείκτες της ευχέρειας και της πρωτοτυπίας των εν ενεργεία εκπαιδευτικών βρέθηκαν σημαντικά πιο υψηλοί σε σχέση με τους αντίστοιχους δείκτες των υποψήφιων εκπαιδευτικών στη χρήση του γεωπίνακα. Ενδεικτικό είναι, για παράδειγμα, το εύρημα ότι περίπου το 12%, το 21% και το 13% των εν ενεργεία εκπαιδευτικών βρέθηκαν αντίστοιχα πολύ και πάρα πολύ ευχερείς, ευέλικτοι και πρωτότυποι στη χρήση του γεωπίνακα, ενώ οι αντίστοιχοι δείκτες των υποψήφιων εκπαιδευτικών κυμαίνονταν στο 0,7%, 12% και 4,6%. Με άλλα λόγια, για κάποιο λόγο οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται περισσότερο από τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς να δουν τις πολλαπλές χρήσεις του γεωπίνακα και τη δημιουργική χρήση του στα μαθηματικά σε σχέση με τις χρήσεις της αριθμογραμμής. Ενδεχομένως η εμπειρία των εν ενεργεία εκπαιδευτικών να εξηγεί τη διαφορά αυτή. Μπορεί, επίσης, οι υποψήφιοι να είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με την παρουσία της αριθμογραμμής που εμφανίζεται ενδεχομένως συχνότερα στα μαθήματά τους στο πανεπιστήμιο αλλά και στα σχολικά εγχειρίδια. Το εύρημα αυτό πάντως έρχεται σε αντίθεση με την έρευνα των Manfreda και Cadez (2010) οι οποίοι είχαν βρει ότι οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί ήταν περισσότερο ενημερωμένοι από τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς σχετικά με τον γεωπίνακα ως υλικό και τη χρήση του στα μαθηματικά.



Τρίτον, η μαθηματική δημιουργικότητα όλων των εκπαιδευτικών επηρεάστηκε από το είδος του υλικού, καθώς προέκυψε ότι ο γεωπίνακας λειτούργησε περιοριστικά για την ευχέρεια και την πρωτοτυπία τόσο των εν ενεργεία όσο και των υποψήφιων εκπαιδευτικών. Ωστόσο, κάτι αντίστοιχο δεν εντοπίστηκε για την ευελιξία. Πιθανότατα το εύρημα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο γεωπίνακας ως υλικό είναι λιγότερο διαδεδομένος και οικείος στους εκπαιδευτικούς σε σχέση με την αριθμογραμμή. Κατά συνέπεια, η ήδη περιορισμένη δημιουργικότητά τους περιορίστηκε ακόμα περισσότερο, αφού κλήθηκαν να αναγνωρίσουν χρήσεις ενός λιγότερο γνωστού υλικού, του γεωπίνακα, στα μαθηματικά. Σε αυτή την εκδοχή συγκλίνουν και τα ευρήματα από το τρίτο έργο της παρούσας εργασίας, σύμφωνα με τα οποία οι εκπαιδευτικοί, ιδιαίτερα οι υποψήφιοι, επικεντρώθηκαν στην αναφορά πολύ συγκεκριμένων, και συχνά αρκετά συμβατικών, υλικών (όπως άβακας και πολυβασικό υλικό) που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν στη διδασκαλία των μαθηματικών. Φαίνεται, δηλαδή, τόσο η μονομέρειά τους στην αναγνώριση των δυνητικά αξιοποιήσιμων υλικών όσο και η έντονη προτίμησή τους σε γνωστά για τους ίδιους υλικά.

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αφενός προβάλλουν ευρήματα για τις περιορισμένες δυνατότητες των εκπαιδευτικών και αφετέρου αναδεικνύουν την ανάγκη περαιτέρω αναζήτησης του τρόπου με τον οποίο αυτές οι δυνατότητές τους χρειάζεται και μπορούν να αξιοποιηθούν και να ενισχυθούν. Αν και στην παρούσα εργασία το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώθηκε στη δυνητική δημιουργική χρήση των υλικών από τους εκπαιδευτικούς, μεγάλο ενδιαφέρον έχει να εξεταστεί η αυτή καθεαυτή δημιουργική χρήση των υλικών στη διδασκαλία των μαθηματικών, καθώς ενδεχομένως η επιλογή έργων, ο σχεδιασμός και η οργάνωση των δραστηριοτήτων μπορεί να απέχουν από την υλοποίησή τους μέσα στην τάξη. Με δεδομένη την ποικιλία υλικών στη μαθηματική εκπαίδευση και τη δυναμική της αποτελεσματικότητάς τους, είναι πολύ ενδιαφέρον να μελετηθεί περαιτέρω η δημιουργική χρήση και άλλων υλικών, πέραν της αριθμογραμμής και του γεωπίνακα, από τους εκπαιδευτικούς προκειμένου να βρεθούν τρόποι προετοιμασίας και στήριξης των εκπαιδευτικών για τη χρήση τους στη σχολική τάξη. Αναγνωρίζοντας τη σημασία της καλλιέργειας της δημιουργικότητας των μαθητών στα πλαίσια της μαθηματικής εκπαίδευσης, γίνεται ακόμα περισσότερο ξεκάθαρο ότι χρειάζεται να αξιοποιηθεί ο ρόλος των εκπαιδευτικών (Lev-Zamir, & Leikin, 2011). Η παρουσία δημιουργικών εκπαιδευτικών στις σχολικές αίθουσες αναμφισβήτητα θα συμβάλλει στη διαμόρφωση μαθητών που επίσης χαρακτηρίζονται από δημιουργικότητα (Leikin, 2009; Κάττου, 2013).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Ahmed, A., Clark-Jeavons, A., & Oldknow, A. (2004). How can teaching aids improve the quality of mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 56(2-3), 313-328.
- Barth, H.C., & Paladino, A.M. (2011). The development of numerical estimation: Evidence against a representational shift. *Developmental Science*, 14(1), 125-135.
- Bolden, D.S., Harries, T.V., & Newton, D.P. (2010). Pre-service primary teachers' conceptions of creativity in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 73(2), 143-157.

- Chiu, M.S. (2009). Approaches to the teaching of creative and non-creative mathematical problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(1), 55-79.
- Cope, L. (2015). Math manipulatives: Making the abstract tangible. *Delta Journal of Education*, 5(1), 10-19.
- Craft, A. (2003). Creative thinking in the early years of education. *Early Years: An International Journal of Research and Development*, 23(2), 143-154.
- Desli, D., & Zioga, M. (2016). Looking for creativity in primary school mathematical tasks. In *CERME 9-Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 989-995). Czech Republic: Prague.
- 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<sup>ο</sup> αιώνα: Θεωρητικές προσεγγίσεις και διδακτικές πρακτικές* (σελ. 155-163). Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Gardner, H. (1993). *Creating minds: An anatomy of creativity seen through the lives of Freud, Einstein, Picasso, Stravinsky, Eliot, Graham, and Ghandi*. New York: Basic Books.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454.
- Gravemeijer, K., & Stephan, M. (2002). Emergent models as an instructional design heuristic. In K. Gravemeijer, R. Leher, B. van Oers, & L. Verschaffel (Eds.), *Symbolizing, modeling and tool use in mathematics education* (pp.145-169). Kluwer Academic Publishers.
- Haylock, D.W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in school children. *Educational Studies in Mathematics*, 18(1), 59-74.
- Haylock, D. (1997). Recognising mathematical creativity in schoolchildren. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 29(3), 68-74.
- Κάττου, Μ.Γ. (2013). Μαθηματική δημιουργικότητα: η ανάπτυξη ενός θεωρητικού μοντέλου. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Κύπρου, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής.
- Kattou, M., Christou, C., & Pitta-Pantazi, D. (2016). Characteristics of the creative person in mathematics. In G.B. Moneta, & J. Rogaten (Eds.), *Psychology of creativity: Cognitive, emotional, and social processes* (pp. 99-124). Hauppague, New York: Nova Science Pub Inc.
- Killpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding it up: helping children learn mathematics*. Washington: National Academy Press.
- Klavir, R., & Hershkovitz, S. (2008). Teaching and evaluating 'open-ended' problems. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 20(5), 23.
- Kwon, O.N., Park, J.H., & Park, J.S. (2006). Cultivating divergent thinking in mathematics through an open-ended approach. *Asia Pacific Education Review*, 7(1), 51-61.
- Lee, I.R., & Kemple, K. (2014). Preservice teachers' personality traits and engagement in creative activities as predictors of their support for children's creativity. *Creativity Research Journal*, 26(1), 82-94.
- Leikin, R. (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 129-145). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Leikin, R., & Pitta-Pantazi, D. (2013). Creativity and mathematics education: The state of the art. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 45(2), 159-166.
- Leikin, R., Subotnik, R., Pitta-Pantazi, D., Singer, F.M., & Pelczer, I. (2013). Teachers' views on creativity in mathematics education: an international survey. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 45(2), 309-324.
- Levenson, E. (2013). Tasks that may occasion mathematical creativity: teachers' choices. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(4), 269-291.

- Lev-Zamir, H., & Leikin, R. (2011). Creative mathematics teaching in the eye of the beholder: focusing on teachers' conceptions. *Research in Mathematics Education*, 13(1), 17-32.
- Link, T., Nuerk, H.C., & Moeller, K. (2014). On the relation between the mental number line and arithmetic competencies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(8), 1597-1613.
- Manfreda K.V., & Čadež, H.T. (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.
- Meira, L. (1998). Making sense of instructional devices: The emergence of transparency in mathematical activity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29(2), 121-142.
- Milgram, R., & Hong, E. (2009). Talent loss in mathematics: Causes and solutions. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 149-163). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Moone, G., & Groot, C. (2005). Time is of the essence. *Teaching Children Mathematics*, 12(2), 90-98.
- Panaoura, A., & Panaoura, G. (2014). Teachers' awareness of creativity in mathematical teaching and their practice. *Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers: The Journal*, 4 (Curriculum). Ανακτήθηκε από [www.k-12prep.math.ttu.edu](http://www.k-12prep.math.ttu.edu)
- Schneider, M., Grabner, R.H., & Paetsch, J. (2009). Mental number line, number line estimation, and mathematical achievement: Their interrelations in grades 5 and 6. *Journal of Educational Psychology*, 101(2), 359-372.
- Siegler, R.S., & Opfer, J. (2003). The development of numerical estimation: Evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, 14(3), 237-243.
- Siegler, R.S., Thompson, C.A., & Schneider, M. (2011). An integrated theory of whole number and fractions development. *Cognitive Psychology*, 62, 273-296.
- Silver, E. A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 29(3), 75-80.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2012). *Σχεδιασμός ένταξης υλικών και μέσων στη μαθηματική εκπαίδευση των μικρών παιδιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκης.
- Σκουμπουρδή, Χ. (2014). Ο ρόλος των εκπαιδευτικών υλικών στα μαθηματικά της πρώτης σχολικής ηλικίας. Στο Δ. Χασιάκης (Επιμ.), *Τα μαθηματικά στην προσχολική και στην πρώτη σχολική εκπαίδευση: 12ο Διήμερο Διαλόγου για τη Διδασκαλία των Μαθηματικών* (σελ. 31-55). Αθήνα..
- Sternberg, R.J., & Lubart, T.I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist*, 51(7), 677-688.
- Sternberg, R.J. (2000). *Handbook of intelligence*. Cambridge University Press.
- Thompson, C.A., & Opfer, J.E. (2010). How 15 hundred is like 15 cherries: Effects of progressive alignment on representational changes in numerical cognition. *Child Development*, 81(6), 1768-1786.
- Yeo, K.K.J. (2009). Secondary 2 students' difficulties in solving non-routine problems. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 10, 1-30.

# Διερεύνηση της συλλογικής δημιουργικότητας μαθητών Δημοτικού μέσω δραστηριοτήτων κατασκευής μαθηματικού προβλήματος

**Κωνσταντίνα-Παυλίνα Καραμάνη<sup>1</sup> και Κωνσταντίνος Τάτσης<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, konstantinakaramani@outlook.com.gr

<sup>2</sup> ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, ktatsis@uoi.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της συλλογικής δημιουργικότητας των μαθητών δημοτικού. Η αξιολόγηση της δημιουργικότητας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δραστηριοτήτων κατασκευής προβλήματος. Το πλαίσιο των δραστηριοτήτων αποτέλεσε η Αρχαία Ελληνική Ιστορία, την οποία οι μαθητές είχαν διδαχθεί σε προηγούμενες τάξεις. Η έρευνα διεξήχθη στην Πολωνία και συμμετείχαν συνολικά 24 μαθητές της πέμπτης τάξης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι όλες οι ομάδες ήταν ικανές να θέσουν μαθηματικά προβλήματα. Διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν ως προς το βαθμό δημιουργικότητας των επιμέρους ομάδων.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** συλλογική δημιουργικότητα, κατασκευή προβλήματος, μαθηματική επίδοση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δημιουργικότητα είναι μια δυναμική ιδιότητα του ανθρώπινου μυαλού, η οποία μπορεί να βελτιωθεί και πρέπει να εκτιμηθεί. Παραδοσιακά, συνδέεται με την τέχνη και τη λογοτεχνία, ωστόσο, στη σύγχρονη εποχή και η ουσιαστική επιστήμη θεωρείται δημιουργική πράξη. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στη σημερινή κοινωνία οφείλονται στη δημιουργικότητα των επιστημόνων και των μαθηματικών και επομένως η μελέτη των διαδικασιών της δημιουργικής τους σκέψης κρίνεται απαραίτητη. Η δημιουργικότητα, όμως, αποτελεί έναν μακροχρόνια παραμελημένο τομέα της έρευνας. Οι Sternberg και Lubart (1999) ανέφεραν ότι κατά τη διάρκεια των ετών μεταξύ 1975 και 1994 μόνο το 5% των άρθρων που αναγράφονταν στο *Psychological Abstracts* σχετιζόνταν με τη δημιουργικότητα. Μία δεκαετία αργότερα, η Leikin (2009a) ανέλυσε τις δημοσιεύσεις από το 1999 έως το 2009 και απέδειξε ότι πολύ λίγες δημοσιεύσεις σχετίζονται με την δημιουργικότητα. Ωστόσο, η μαθηματική κοινότητα έχει αποδώσει πρόσφατα μεγαλύτερη προσοχή σε αυτό το θέμα. Η ικανότητα κατασκευής προβλήματος στα Μαθηματικά, συχνά, χρησιμοποιείται ως μέσο αξιολόγησης της δημιουργικότητας. Τα οφέλη της ενσωμάτωσης των δραστηριοτήτων κατασκευής προβλήματος στη διδασκαλία

και τη μάθηση των Μαθηματικών αναγνωρίζονται ευρέως από τη μαθηματική κοινότητα των μαθηματικών (π.χ. English, 1997· Silver, 1994).

### **ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ**

Η πλειοψηφία των υπαρχόντων ορισμών της δημιουργικότητας είναι ασαφείς ή δυσνόητοι με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός. Βασιζόμενος στην ερευνητική βιβλιογραφία, ο Mann (2006) υποστηρίζει ότι υπάρχουν πάνω από 100 σύγχρονοι ορισμοί της δημιουργικότητας. Σύμφωνα με τον Poincare (1948), το να δημιουργείς συνίσταται στο να μην κάνεις άχρηστους συνδυασμούς, αλλά εκείνους που είναι χρήσιμους και αποτελούν τη μειοψηφία. Ωστόσο, κατά τον Sriraman (2004), ο συγκεκριμένος ορισμός παραβλέπει το πρόβλημα της πρωτοτυπίας. Ο ορισμός του Torrance (1966) βασίστηκε σε τέσσερα στοιχεία: α) ευχέρεια, β) ευελιξία, γ) πρωτοτυπία, και δ) ανάπτυξη. Η ευχέρεια αναφέρεται στη συνοχή των ιδεών, τη ροή των σχέσεων και τη χρήση της βασικής και καθολικής γνώσης. Η ευελιξία συνδέεται με την αλλαγή των ιδεών, την προσέγγιση του προβλήματος με ποικίλους τρόπους και την παραγωγή πολλών λύσεων. Η πρωτοτυπία χαρακτηρίζεται από τον μοναδικό τρόπο σκέψης και τα μοναδικά προϊόντα της πνευματικής ή καλλιτεχνικής δραστηριότητας.

Υπάρχει διάκριση μεταξύ της γενικής και της ειδικής δημιουργικότητας (Leikin, 2009b). Η γενική δημιουργικότητα συνδέεται με τη χρήση μοτίβων επίλυσης προβλημάτων από ένα πεδίο για την επίλυση προβλημάτων σε ένα άλλο πεδίο, ενώ η ειδική δημιουργικότητα περιλαμβάνει τη δημιουργικότητα σε ένα συγκεκριμένο πεδίο, λαμβάνοντας υπόψη τη λογική αφηρημένη φύση του πεδίου. Η παρούσα εισήγηση επικεντρώνεται στη μαθηματική δημιουργικότητα. Η σταθερή αύξηση του αριθμού των επιστημονικών περιοδικών που είναι αφιερωμένα στη μαθηματική έρευνα αποτελούν ένδειξη της ανάπτυξης των Μαθηματικών. Εντούτοις, η μαθηματική δημιουργικότητα δεν έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών.

Ο ορισμός της μαθηματικής δημιουργικότητας στηριζόμενος στην πρωτοτυπία και τη χρησιμότητα δεν είναι πρακτικός για την αναγνώριση και την ανάπτυξη της δημιουργικής σκέψης των μαθητών, για αυτό ορισμένοι ερευνητές έχουν κάνει διάκριση ανάμεσα στον ορισμό σε επαγγελματικό και σχολικό επίπεδο (Shriki, 2010). Ο Sriraman (2005) προτείνει ότι η μαθηματική δημιουργικότητα μπορεί να ορισθεί σε επαγγελματικό επίπεδο ως η ικανότητα παραγωγής πρωτότυπης δουλειάς, η οποία επεκτείνει σημαντικά τον τομέα των γνώσεων ή ανοίγει ορίζοντες νέων ερωτήσεων για άλλους μαθηματικούς. Σε σχολικό επίπεδο, προφανώς, δεν αναμένεται η παραγωγή έργων εξαιρετικής δημιουργικότητας, όμως είναι εφικτό για τους μαθητές να προσφέρουν νέες διορατικότητες σε ένα μαθηματικό πρόβλημα. Σε συζήτηση αναφορικά με την έννοια της μαθηματικής δημιουργικότητας οι Liljedahl και Sriraman (2006) προτείνουν τον εξής ορισμό για τη μαθηματική δημιουργικότητα σε σχολικό επίπεδο: α) η διαδικασία που οδηγεί σε ασυνήθιστες και διορατικές λύσεις σε ένα συγκεκριμένο ή ανάλογο πρόβλημα ή/και β) η διατύπωση νέων ερωτήσεων και/ή δυνατοτήτων που επιτρέπουν την εξέταση ενός παλιού προβλήματος υπό νέα οπτική.

### **Συλλογική δημιουργικότητα**

Η δημιουργικότητα εξακολουθεί να θεωρείται ευρέως ένα ατομικό φαινόμενο (Paulus & Nijstad, 2003). Η αναγνώριση μεγάλων καινοτομιών συχνά συσσωρεύεται σε ένα άτομο, παρά την ύπαρξη μιας συλλογικής προσπάθειας πίσω από αυτήν. Μετά τη μελέτη των διαδικασιών σκέψης δημιουργικών ανθρώπων, όπως του Einstein, διαπιστώθηκε ότι πολλές από τις δημιουργικές ιδέες στηρίζονται στη συνεργασία και την κοινωνική υποστήριξη (John-Steiner, 2000). Ο Sawyer (2007) αναφέρει ότι η συνεργασία αποτελεί το μυστικό κλειδί των δημιουργικών ανακαλύψεων. Οι Tan, Caleon, Pooh και Koh (2018) βασίζονται στην υπάρχουσα βιβλιογραφία για την δημιουργικότητα των ομάδων όρισαν τη συλλογική δημιουργικότητα ως την παραγωγή, την αξιολόγηση και την εφαρμογή καινοτόμων λύσεων σε κακώς καθορισμένα προβλήματα μέσω μιας διαδικασίας αμοιβαίας θεμελίωσης και συνεργατικής διαπραγμάτευσης εντός μιας ομάδας.

Οι περισσότερες έρευνες που αφορούν στη δημιουργικότητα επικεντρώνονται στους τρόπους αναγνώρισης και προώθησης της ατομικής μαθηματικής δημιουργικότητας. Ωστόσο, οι μαθητές που εντάσσονται σε μια κοινότητα τάξης δεν λειτουργούν απαραίτητα ατομικά. Οι ιδέες ανταλλάσσονται, αξιολογούνται και ενσωματώνονται συχνά υπό την καθοδήγηση του δασκάλου. Συνεπώς, η προκύπτουσα μαθηματική δημιουργικότητα ενός ατόμου ενδέχεται να είναι αποτέλεσμα της συλλογικής πρακτικής της κοινότητας.

### **ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Πολλοί ερευνητές προτείνουν τη σύνδεση της δημιουργικότητας με την επίλυση και την κατασκευή μαθηματικών προβλημάτων. Η κατασκευή προβλήματος και η επίλυση προβλήματος συχνά θεωρούνται συμπληρωματικές, αλλά διαφορετικής φύσεως μαθηματικές δραστηριότητες (English, 2003· Silver, 1994). Από την άλλη πλευρά, η κατασκευή προβλήματος μπορεί να εξετασθεί ως ειδική περίπτωση επίλυσης προβλημάτων. Σύμφωνα με τον Einstein, η δημιουργία ενός ενδιαφέροντος προβλήματος είναι συχνά πιο σημαντική από τη λύση του (Einstein & Infeld, 1938).

### **Κατασκευή μαθηματικού προβλήματος (problem posing)**

Υπάρχουν διάφοροι όροι που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προβλήματος: εύρεση προβλήματος (problem finding), διατύπωση προβλήματος (problem formulating), δημιουργική εξεύρεση προβλημάτων (creative-problem discovering), προβληματοποίηση (problematizing), δημιουργία προβλήματος (problem creating) (Dillon, 1982· Jay & Perkins, 1997). Οι Stoyanova και Ellerton (1996) ορίζουν την κατασκευή προβλήματος ως διαδικασία με την οποία οι μαθητές, με βάση τη μαθηματική τους εμπειρία, κατασκευάζουν τις προσωπικές τους ερμηνείες αληθινών καταστάσεων και τις διατυπώνουν ως σημαντικά μαθηματικά προβλήματα. Σύμφωνα με τον ορισμό του Silver (1994), η κατασκευή προβλήματος αναφέρεται τόσο στη δημιουργία καινούργιων προβλημάτων, όσο και στον ανασχηματισμό δοθέντων προβλημάτων.

Ο Silver (1994) κατηγοριοποίησε την κατασκευή προβλήματος ανάλογα με το αν πραγματοποιείται: α) πριν την επίλυση ενός προβλήματος: όταν τα προβλήματα

δημιουργήθηκαν από ένα συγκεκριμένο ερέθισμα (π.χ. μια ιστορία, μια εικόνα, ένα διάγραμμα, μια αναπαράσταση κλπ), β) κατά τη διάρκεια της επίλυσης ενός προβλήματος: όταν ένα άτομο σκόπιμα αλλάζει τους στόχους και τις συνθήκες του προβλήματος, και γ) μετά την επίλυση ενός προβλήματος: όταν οι εμπειρίες από ένα πλαίσιο επίλυσης προβλημάτων αλλάζουν ή εφαρμόζονται σε νέες καταστάσεις. Επιπλέον, οι Stoyanova και Ellerton (1996, οπ. αναφ. στο Bonotto, 2013) εντόπισαν τρεις κατηγορίες καταστάσεων κατασκευής προβλήματος:

α) ελεύθερες: οι μαθητές θέτουν προβλήματα χωρίς περιορισμούς: καλούνται να κατασκευάσουν ένα δύσκολο πρόβλημα, ή απλούστερα να κατασκευάσουν ένα πρόβλημα που τους αρέσει.

β) ημιδομημένες: παρέχεται στους μαθητές μια ανοιχτή κατάσταση και καλούνται να διερευνήσουν τη δομή της και να την ολοκληρώσουν, χρησιμοποιώντας γνώσεις, δεξιότητες, έννοιες και σχέσεις από τις προηγούμενες μαθηματικές τους εμπειρίες.

γ) δομημένες: οι μαθητές κατασκευάζουν προβλήματα ανασηματιζοντας ήδη επιλυμένα προβλήματα ή αλλάζοντας τις συνθήκες ή την ερώτηση του δοθέντος προβλήματος.

Η έρευνα για την κατασκευή προβλημάτων έχει παρουσιάσει θετικά αποτελέσματα στη γνώση των μαθητών, στις ικανότητες επίλυσης προβλημάτων, στη δημιουργικότητα και στη στάση τους ως προς τα Μαθηματικά. Σύμφωνα με την English (1997), όταν οι μαθητές θέτουν τα δικά τους προβλήματα μπορούν να ενισχύσουν τις μαθηματικές τους γνώσεις, να διεγείρουν την κριτική τους σκέψη και να βελτιώσουν τις υπολογιστικές τους δεξιότητες, διερευνώντας την περιέργειά τους σχετικά με έννοιες των Μαθηματικών. Η κατασκευή προβλημάτων θεωρείται ένα αναπτυξιακό εργαλείο για την κριτική σκέψη, καθώς βοηθάει τους μαθητές να επεκτείνουν αυτό που γνωρίζουν προκειμένου να αναπτύξουν τη μαθηματική τους ευχέρεια και να εμπλακούν σε υψηλότερα επίπεδα σκέψης (English, 1997).

Ο ερευνητικός σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της συλλογικής δημιουργικότητας των μαθητών δημοτικού μέσω δραστηριοτήτων κατασκευής προβλήματος. Αναλυτικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν τα εξής: α) Είναι ικανοί οι μαθητές της πέμπτης τάξης να κατασκευάσουν κατάλληλες μαθηματικές ερωτήσεις; β) Συνδέεται η μαθηματική δημιουργικότητα με τη μαθηματική επίδοση; γ) Συνέβαλε η διαφορετική δραστηριότητα που δόθηκε στις επιμέρους ομάδες στην εμφάνιση αποκλίσεων ως προς το βαθμό δημιουργικότητας των ομάδων;

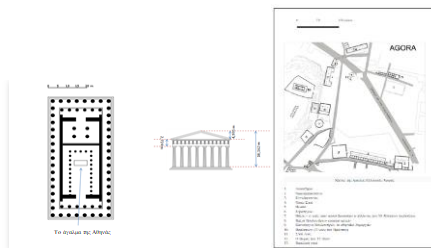
## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

### **Δείγμα και διαδικασία έρευνας**

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δημοτικό σχολείο στα προάστια της πόλης Ζέσουφ της Πολωνίας τον Μάιο του 2017. Τα υποκείμενα ήταν 24 μαθητές της πέμπτης τάξης (10-11 χρονών), από τους οποίους 13 ήταν κορίτσια και 11 αγόρια. Πριν από τη διεξαγωγή της μελέτης οι μαθητές δεν είχαν εμπλακεί σε δραστηριότητες κατασκευής προβλημάτων. Η τάξη περιελάμβανε μαθητές όλου του εύρους μαθηματικών επιδόσεων. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις διάρκειας δύο διδακτικών ωρών στα πλαίσια του μαθήματος των Μαθηματικών. Στην πρώτη φάση δόθηκαν σε κάθε μαθητή δύο εικόνες

και παρουσιάστηκαν προβλήματα που μπορούσαν να τεθούν με βάση τα στοιχεία τους. Επιπλέον, διεξήχθη μια παρουσίαση αναφορικά με την Ακρόπολη και την Αρχαία Ελληνική Αγορά. Κατά τη δεύτερη φάση οι μαθητές χωρίστηκαν σε έξι ομάδες των τεσσάρων ατόμων, ομοιογενείς ως προς το επίπεδο μαθηματικής επίδοσης. Σε τρεις ομάδες δόθηκε μια εικόνα με την πρόσοψη και την κάτοψη του Παρθενώνα και στις υπόλοιπες τρεις ο χάρτης της Αρχαίας Αγοράς (Εικόνα 1). Ζητούμενο ήταν οι μαθητές να συνεργαστούν και να κατασκευάσουν δικά τους διαφορετικά και πρωτότυπα μαθηματικά προβλήματα, αξιοποιώντας τα στοιχεία των εικόνων. Επιπλέον, τους ζητήθηκε να επιλύσουν τα δημιουργηθέντα προβλήματα.

**Εικόνα 1:** Οι δραστηριότητες της έρευνας



### Κωδικοποίηση των δεδομένων

Η ανάλυση του τύπου των προβλημάτων που προέκυψαν, πραγματοποιήθηκε μέσω της μεθοδολογίας που προτείνεται από τους Silver και Cai (1996). Τα προβλήματα που κατασκεύασαν οι ομάδες συγκεντρώθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν σε μαθηματικά και μη μαθηματικά. Στη συνέχεια, τα μαθηματικά προβλήματα χωρίστηκαν σε επιλύσιμα και μη επιλύσιμα. Ως μη επιλύσιμα προβλήματα θεωρήθηκαν εκείνα τα οποία δεν περιελάμβαναν σημαντικές υποθέσεις, οι οποίες ήταν απαραίτητες για την επίλυσή τους (Lin & Leng, 2008). Ενδεικτικά, δύο ομάδες διατύπωσαν το εξής πρόβλημα: «Ποιο είναι το ύψος του αγάλματος της Αθηνάς;». Ο υπολογισμός του ύψους του αγάλματος καθίσταται αδύνατος με βάση τα δοθέντα στοιχεία της δραστηριότητας. Από τα επιλύσιμα μαθηματικά προβλήματα κάποια θεωρήθηκαν ότι δεν εντάσσονται στο πλαίσιο της δραστηριότητας που δόθηκε στους μαθητές. Τα μαθηματικά προβλήματα που κατασκευάστηκαν θα έπρεπε να αναφέρονται σε τουλάχιστον ένα από τα στοιχεία του δοθέντος πλαισίου. Παράδειγμα προβλήματος εκτός πλαισίου κρίθηκε το εξής: «Ένας άντρας έτρωγε μανάνες. Αφού έφαγε μερικές ένας αστυνομικός ήρθε σε αυτόν και του είπε ότι το πρόστιμο επειδή έφαγε μια μανάνα είναι 100 ζλότι. Πόσες μανάνες έφαγε εφόσον πλήρωσε 2000 ζλότι;». Το συγκεκριμένο αποτελεί ένα μαθηματικό πρόβλημα, όμως, οι μαθητές δεν αξιοποίησαν κανένα από τα στοιχεία των δοθείσων εικόνων. Τα επιλύσιμα μαθηματικά προβλήματα που εντάσσονταν στο πλαίσιο της δραστηριότητας αναλύθηκαν περαιτέρω ως προς το περιεχόμενό τους με βάση τον αριθμό των πράξεων που απαιτούνταν για την επίλυση, τον τύπο καθώς και τον αριθμό των δεδομένων του κάθε



προβλήματος (Bonotto, 2013· Kontorovich et al., 2011· Silver & Cai, 1996). Κατά αυτό τον τρόπο εντάχθηκαν τα προβλήματα σε κατηγορίες. Για παράδειγμα, μια κατηγορία περιελάμβανε προβλήματα πολλαπλών πράξεων, στα οποία οι μαθητές χρησιμοποίησαν αποκλειστικά τα στοιχεία των εικόνων (τύπος δεδομένων) και όπου ο αριθμός των δεδομένων ήταν μεγαλύτερος του 4.

Για την αξιολόγηση της συλλογικής δημιουργικότητας, ελήφθησαν υπόψη οι ακόλουθες κατηγορίες, όπως προτάθηκαν από τον Guilford (1950) και όπως χρησιμοποιήθηκαν σε δοκιμές από τον Torrance και άλλους ερευνητές (π.χ. Bonotto, 2013): α) ευχέρεια, β) ευελιξία, και γ) πρωτοτυπία. Στη συνέχεια, για κάθε πτυχή της δημιουργικότητας υπολογίστηκε η σχετική βαθμολογία της και το συνολικό αποτέλεσμα της δημιουργικότητας για κάθε ομάδα προέκυψε από το άθροισμα των επιμέρους σχετικών βαθμολογιών, στις οποίες είχαν αποδοθεί διαφορετικοί συντελεστές βαρύτητας (ο συντελεστής 0,3 για τις σχετικές βαθμολογίες της ευχέρειας και της ευελιξίας και ο συντελεστής 0,4 για τη σχετική βαθμολογία πρωτοτυπίας, καθώς θεωρήθηκε σημαντικότερη πτυχή της δημιουργικότητας).

## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

### **Αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης**

Οι ομάδες διατύπωσαν συνολικά 63 προβλήματα από τα οποία μόνο το ένα κρίθηκε ως μη μαθηματικό. Από τα 62 μαθηματικά προβλήματα που προέκυψαν, διαπιστώθηκε ότι 54 ήταν επιλύσιμα, ενώ τα υπόλοιπα δεν διέθεταν επαρκή στοιχεία για την επίλυσή τους. Στη συνέχεια, τα επιλύσιμα μαθηματικά προβλήματα εξετάστηκαν ως προς τη χρήση του πλαισίου. Συγκεκριμένα, πέντε προβλήματα θεωρήθηκαν ότι δεν εντάσσονται στο πλαίσιο της δοθείσας δραστηριότητας.

Ο συνολικός αριθμός των προβλημάτων που προέκυψε ύστερα από την ποιοτική τους ανάλυση ήταν 49. Τα ερωτήματα αυτά εξετάστηκαν ως προς τον αριθμό των πράξεων που είναι απαραίτητα για την επίλυσή τους. Οι μαθητές διατύπωσαν 27 προβλήματα πολλαπλών πράξεων (55,1%), 12 προβλήματα μιας πράξης (26,5%) και 9 προβλήματα μηδενικών πράξεων (18,4%). Διαπιστώνεται, επομένως, ότι τα μισά περίπου προβλήματα που δημιούργησαν οι μαθητές απαιτούσαν περισσότερες από μία αριθμητικές πράξεις. Τα προβλήματα εκτός από την πολυπλοκότητα της επίλυσής τους εξετάστηκαν περαιτέρω ως προς τα δεδομένα που περιελάμβαναν, δηλαδή ως προς τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για τη λύση τους. Στην πλειοψηφία των ερωτήματων (73,5%), οι μαθητές περιορίστηκαν στα στοιχεία που παρέχονταν στις επιμέρους εικόνες, ενώ το 26,5% των ερωτήσεων περιελάμβανε επιπλέον δεδομένα πέρα των στοιχείων των φυλλαδίων. Όσον αφορά τον αριθμό των δεδομένων, το μεγαλύτερο ποσοστό των κατασκευασθέντων προβλημάτων διέθεταν έως και 2 δεδομένα (44,9%). Παράλληλα, μικρές σχετικές αποκλίσεις σημείωσε το ποσοστό των προβλημάτων με αριθμό δεδομένων μεγαλύτερο του 2 και μικρότερο ή ίσο του 4 (34,7%). Εν αντιθέσει με τις δύο πρώτες κατηγορίες, τα προβλήματα με αριθμό δεδομένων μεγαλύτερο του 4 αποτέλεσαν τη μειοψηφία των ερωτημάτων (20,4 %).

### Αποτελέσματα ποσοτικής ανάλυσης

Ο βαθμός ευχέρειας της κάθε ομάδας καθορίστηκε από το συνολικό αριθμό των προβλημάτων που είχε κατασκευάσει. Η βαθμολόγηση της ευελιξίας προέκυψε από τον αριθμό των κατηγοριών που εντάχθηκαν τα προβλήματα της κάθε ομάδας, ενώ ο βαθμός πρωτοτυπίας της κάθε ομάδας, ισοδυναμούσε με τον αριθμό των πρωτότυπων προβλημάτων που κατασκεύασε. Πρωτότυπες θεωρήθηκαν οι κατηγορίες προβλημάτων που τέθηκαν από το πολύ δύο ομάδες (33,3%) (Shrki, 2013). Τα προβλήματα μηδενικού και ενός βήματος δεν θεωρήθηκαν πρωτότυπα και έλαβαν βαθμό πρωτοτυπίας ίσο με 0. Παράδειγμα πρωτότυπου προβλήματος είναι το εξής:

Η γιαγιά Adolf θέλει να πληρώσει για τις διακοπές της κόρης της και της οικογένειάς της. Η κόρη έχει τριμελή οικογένεια: τη μητέρα Raździoch, τον πατέρα Dudzian και την κόρη Poprek. Το δωμάτιο για 2 άτομα κοστίζει 2000 ζλότι και το δωμάτιο για τρία άτομα κοστίζει 2 φορές παραπάνω. Επίσης, έχουν μια γάτα τον Ogoras και χρειάζεται να πληρώσουν για τη διαμονή της 50 ζλότι. Σχεδιάζουν να πάνε στον Παρθενώνα. Το εισιτήριο για τους ενηλίκους κοστίζει 20 ζλότι και για το παιδί 10 ζλότι. Πόσο είναι το συνολικό κόστος;

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι σχετικοί βαθμοί ευχέρειας, ευελιξίας και πρωτοτυπίας των επιμέρους ομάδων. Η σχετική βαθμολόγηση της ευχέρειας πραγματοποιήθηκε ως εξής: η ομάδα με τον υψηλότερο αριθμό δημιουργηθέντων προβλημάτων έλαβε μια βαθμολογία 100 για τη σχετική ευχέρεια. Όλες οι σχετικές βαθμολογίες ευχέρειας των υπολοίπων ομάδων καθορίστηκαν σύμφωνα με την υψηλότερη βαθμολογία. Με ανάλογο τρόπο υπολογίστηκαν οι σχετικοί βαθμοί ευελιξίας και πρωτοτυπίας για κάθε ομάδα. Να σημειωθεί ότι ο μεγαλύτερος αριθμός προβλημάτων που διατυπώθηκε από ομάδα ήταν 11, ενώ ο μέγιστος αριθμός κατηγοριών ήταν πέντε. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι σχετικές βαθμολογίες κάθε ομάδας στις επιμέρους πτυχές της δημιουργικότητας, καθώς και η συνολική βαθμολογία της δημιουργικότητας.

**Πίνακας 1.** Σχετικές βαθμολογίες κάθε ομάδας σε καθεμία από τις πτυχές της δημιουργικότητας και συνολική βαθμολογία δημιουργικότητας

| ΟΜ. | Σ. Β.<br>Ευχέρειας | Σ. Β.<br>Ευελιξίας | Σ. Β.<br>Πρωτοτυπίας | Σ. Β.<br>Δημιουργικότητας |
|-----|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------------|
| 1   | 82                 | 60                 | 0                    | 42,6                      |
| 2   | 55                 | 100                | 14                   | 52,1                      |
| 3   | 45                 | 60                 | 14                   | 37,1                      |
| 4   | 100                | 60                 | 0                    | 48                        |
| 5   | 91                 | 100                | 57                   | 80,1                      |
| 6   | 73                 | 60                 | 100                  | 79,9                      |

Η ομάδα με τον μεγαλύτερο βαθμό δημιουργικότητας ήταν η ομάδα 5 (80,1). Αναλυτικότερα, η ομάδα κατασκεύασε μεγάλο αριθμό προβλημάτων (10) και ήταν η δεύτερη ομάδα με τον μεγαλύτερο βαθμό ευχέρειας. Όσον αφορά την ευελιξία, τα προβλήματα που δημιούργησε χωρίστηκαν σε πέντε κατηγορίες, συγκεντρώνοντας τον μεγαλύτερο βαθμό ευελιξίας. Παράλληλα, ο βαθμός που έλαβε στην πρωτοτυπία ήταν 4 και αποτέλεσε τον δεύτερο μεγαλύτερο βαθμό. Με μικρή διαφορά από την ομάδα 5, η

δεύτερη ομάδα με τον μεγαλύτερο βαθμό δημιουργικότητας ήταν η ομάδα 6 (79,9). Στις υπόλοιπες θέσεις ακολούθησαν με τη σειρά η ομάδα 2 (52,1), η ομάδα 4 (48), η ομάδα 1 (42, 6) και η ομάδα 3 (37,1). Όπως διαφαίνεται και από τα στοιχεία του πίνακα, οι ομάδες σημείωσαν σημαντικές αποκλίσεις ως προς τον βαθμό δημιουργικότητας.

Όσον αφορά στο είδος της δραστηριότητας, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Ο μέσος όρος του βαθμού δημιουργικότητας για τις ομάδες της Αρχαίας Αγοράς ήταν 60, έναντι 53,3 που ήταν ο μέσος όρος του βαθμού δημιουργικότητας των ομάδων με τη δραστηριότητα του Παρθενώνα.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Από τη συλλογή των δεδομένων της ποιοτικής ανάλυσης διαπιστώνεται ότι όλες οι ομάδες κατασκεύασαν μαθηματικά πρόβλημα και μόνο ένα πρόβλημα χαρακτηρίστηκε ως μη μαθηματικό. Η πλειονότητα των προβλημάτων αφορούσε σε επιλύσιμα προβλήματα, καθώς ο αριθμός εκείνων που δεν επιδέχονταν λύση ήταν περιορισμένος. Συνεπώς, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι συγκεκριμένοι μαθητές δεν γνωρίζουν μόνο τι είναι ένα μαθηματικό πρόβλημα, αλλά είναι επίσης ικανοί να κατασκευάσουν κατάλληλα μαθηματικά προβλήματα. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Bonotto και Del Santo (2015), οι οποίοι σε έρευνα που διεξήγαγαν διαπίστωσαν ότι η πλειονότητα των μαθητών της έκτης τάξης ήταν σε θέση να διατυπώνουν επιλύσιμα μαθηματικά προβλήματα.

Τα ποσοτικά αποτελέσματα της συλλογικής δημιουργικότητας έδειξαν ότι οι επιμέρους ομάδες διέφεραν ως προς το βαθμό δημιουργικότητας. Συγκεκριμένα, η ομάδα με τον χαμηλότερο βαθμό δημιουργικότητας παρουσίασε σημαντική απόκλιση από την ομάδα με την υψηλότερη βαθμολογία. Οι ομάδες ήταν ομοιογενείς μεταξύ τους ως προς το επίπεδο μαθηματικής ικανότητας, καθώς όλες περιελάμβαναν μαθητές με χαμηλή, μέτρια και υψηλή βαθμολογία στο μάθημα των Μαθηματικών. Ωστόσο, η ομοιογενής σύνθεση των ομάδων δεν συντέλεσε στην επίτευξη του ίδιου βαθμού δημιουργικότητας. Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η μαθηματική επίδοση, ενδεχομένως, δεν σχετίζεται με την δημιουργικότητα. Παρόμοια αποτέλεσμα εντοπίστηκαν σε μελέτη των Baran, Erdogan και Cakmak (2011), η οποία έδειξε την ύπαρξη μη στατιστικά σημαντικής σχέσης ανάμεσα στην μαθηματική δημιουργικότητα και τη μαθηματική επίδοξη. Τα εύρηματα του Haylock (1997) είναι, επίσης, σύμφωνα με αυτή τη μελέτη. Ωστόσο, άλλοι ερευνητές επισημαίνουν την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στη δημιουργικότητα και τη μαθηματική ικανότητα και υποστηρίζουν ότι δημιουργικότητα είναι στενά συνδεδεμένη με την γνώση του περιεχομένου (Sak & Maker, 2006· Silver, 1997). Όσον αφορά στο διαφορετικό πλαίσιο που δόθηκε στους μαθητές, διαπιστώθηκε δεν συνέβαλε στην παρουσία διαφορετικών αποτελεσμάτων ως προς τον βαθμό δημιουργικότητας. Αυτό, ίσως, συνδέεται με το γεγονός ότι και οι δύο δραστηριότητες εμπειρείχαν τις ίδιες μαθηματικές έννοιες.

Στους περιορισμούς της έρευνας περιλαμβάνεται το μικρό δείγμα των υποκειμένων, καθώς και το σύντομο χρονικό διάστημα διεξαγωγής της έρευνας. Στο μέλλον προτείνεται η συμμετοχή μεγαλύτερου δείγματος, ώστε να εξετασθούν τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και η σύνδεσή τους με τη μαθηματική

δημιουργικότητα (π.χ. μαθηματική επίδοση και χαρισματικότητα). Επιπλέον, ενδιαφέρουσα θα ήταν η διερεύνηση της συμπεριφοράς των ατόμων μέσα σε μια ομάδα, αφού πολλές φορές το αποτέλεσμα μιας ομάδας οφείλεται στη δημιουργικότητα ενός ατόμου και δεν είναι απόρροια συλλογικής εργασίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baran, G., Erdogan, S., & Cakmak, A. (2011). A study on the relationship between six-year-old children's creativity and mathematical ability. *International Education Studies*, 4(1), 105–111.
- Bonotto, C. (2013). Artifacts as sources for problem-posing activities. *Educational Studies in Mathematics*, 83(1), 87-101.
- Bonotto, C., & Dal Santo, L. (2015). On the relationship between problem posing, problem solving and creativity in the primary school. In F. Singer, N. Ellerton, & J. Cai, (Eds.), *Mathematical Problem Posing* (pp.103-124). New York: Springer.
- Einstein, A., & Infeld, L. (1938). *The evolution of physics*. New York: Simon & Schuster.
- Dillon, J. T. (1982). Problem finding and solving. *The Journal of Creative Behavior*, 16(2), 97–111.
- English, L. D. (1997). The development of fifth-grade children's problem-posing abilities. *Research in Mathematics Education*, 29(1), 83-106.
- English, L. D. (2003). Engaging students in problem posing in an inquiry-oriented mathematics classroom. In F. Lester & R. Charles (Eds.), *Teaching mathematics through problem solving* (pp. 187–198). Reston: National Council of Teachers of Mathematics.
- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *The American Psychologist*, 5(9), 444-454.
- Haylock, D. (1997). Recognizing mathematical creativity in school children. *International Reviews on Mathematical Education*, 29(3), 68–74.
- Jay, E. S., & Perkins, D. N. (1997). Problem finding: The search for mechanism. In M. A. Runco (Ed.), *The creativity research handbook* (pp. 257-293). Cresskill, New Jersey: Hampton Press.
- John-Steiner, V. (2000). *Creative collaboration*. Oxford: Oxford University Press.
- Kontorovich, I., Koichu, B., Leikin, R., & Berman, A. (2011). Indicators of creativity in mathematical problem posing: How indicative are they? In M. Avotiņa, D. Bonka, H. Meissner, L. Ramāna, L. Sheffield & E. Velikova (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference Creativity in Mathematics Education and the Education of Gifted Students* (pp. 120-125). Latvia: Latvia University
- Leikin, R. (2009a). Bridging research and theory in mathematics education with research and theory in creativity and giftedness. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 383–409). Rotterdam: Sense Publishers.
- Leikin, R. (2009b). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 129-145). Rotterdam: Sense Publishers.
- Liljedahl, P., & Sriraman, B. (2006). Musings on mathematical creativity. *For The Learning of Mathematics*, 26(1), 17-19.
- Lin, K. M., & Leng, L. W. (2008). *Using problem-posing as an assessment tool*. Paper presented at the 10th Asia Pacific Conference on Giftedness, Singapore.
- Mann, E. L. (2006). Creativity: The essence of mathematics. *Journal for the Education of the Gifted*, 30(2), 236-260.
- Paulus, P. B., & Nijstad, B. A. (Eds.). (2003). *Group creativity: Innovation through collaboration*. New York, NY: Oxford University Press.
- Poincaré, H. (1948). *Science and method*. New York: Dover.

- Sak, U., & Maker, C. J. (2006). Developmental variations in children's creative mathematical thinking as a function of schooling, age, and knowledge. *Creativity Research Journal*, 18(3), 279–291.
- Sawyer, K. (2007). *Group genius: The creative power of collaboration*. New York: Basic Books.
- Shriki, A. (2010). Working like real mathematicians: developing prospective teachers' awareness of mathematical creativity through generating new concepts. *Educational Studies in Mathematics*, 73, 159-179.
- Silver, E. A. (1994). On mathematical problem posing. For the Learning of Mathematics, 14(1), 19–28.
- 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.
- Sriraman, B. (2004). The Characteristics of Mathematical Creativity. *The Mathematics Educator*, 14(1), 19-34.
- Sriraman, B. (2005). Are giftedness & creativity synonyms in mathematics? An analysis of constructs within the professional and school realms. *The Journal of Secondary Gifted Education*, 17, 20–36. Ανακτήθηκε 12 Νοεμβρίου 2017 από <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.4219/jsge-2005-389>
- Sternberg, R. J., & Lubart, T.I. (2000). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In: R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 3-15). Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press.
- Stoyanona, E. (2000). Empowering students' problem solving via problem posing: The art of framing "Good" questions. *Australian-Mathematics-Teacher*, 56(1), 33-37.
- 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: Mathematics Education Research Group of Australasia.
- Tan, J. P-L., Caleon, I., Ng, H.L., Pooh, C. L., & Koh, E. (2018). Collective creativity competencies and collaborative problem-solving outcomes: Insights from the dialogic interactions of Singapore student teams. In E. Care, P. Griffin & M. Wilson (Eds.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills. Educational Assessment in an Information Age* (pp. 95-118). Springer, Cham.
- Torrance, E. P. (1966). *The Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual. Research edition. Verbal tests, forms A and B. Figural tests, forms A and B*. Princeton, NJ: Personnel Press.

# Μαθηματική γενίκευση στην προσχολική ηλικία: το εκπαιδευτικό υλικό στο πεδίο των κανονικοτήτων

Ευαγγελία Παπαδοπούλου

Νηπιαγωγός, Διδάκτορας της Διδακτικής των Μαθηματικών, Τ.Ε.Π.Α.Ε., Α.Π.Θ.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν άρθρο γίνεται μία προσπάθεια να διερευνηθεί η συμβολή του υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της γενίκευσης στο πεδίο των κανονικοτήτων. Μία διδακτική παρέμβαση διεξήχθη σε μία τάξη νηπίων, με στόχο την αναγνώριση του κανόνα κανονικότητας και τη γενίκευσή του και εξετάστηκε το εκπαιδευτικό υλικό στη διαδικασία της μάθησης. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι, υπό προϋποθέσεις το εκπαιδευτικό υλικό όχι μόνο βοηθά το παιδί να εστιάσει στη δομή του κανόνα και να γενικεύσει, αλλά το βοηθά και να κατασκευάσει το δικό του εποπτικό υλικό, το οποίο χρησιμοποιεί για να λύσει επερχόμενες μαθηματικές καταστάσεις.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Κανονικότητα, γενίκευση, εκπαιδευτικό υλικό.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη Διδακτική των Μαθηματικών επισημαίνεται ότι, η πρώιμη ανάπτυξη κανονικοτήτων και δομών στα μαθηματικά είναι σημαντική για την αφαίρεση και τη γενίκευση των μαθηματικών ιδεών, καθώς η μαθηματική ανάπτυξη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη της αντίληψης της δομής στα παιδιά και από το πόσο καλά αυτή αντανακλά τη δομή των μαθηματικών εννοιών και των σχέσεων (Mulligan, Prescott, Papic, & Mitchelmore, 2006).

Επίσης, υποστηρίζεται ότι η μαθησιακή διαδικασία επηρεάζεται σημαντικά από το εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο πρέπει να είναι αποτελεσματικό (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015) και ότι η χρήση του απαιτεί σχεδιασμό και πρόβλεψη (Szendrei, 1996).

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Εξετάζοντας τη βιβλιογραφία όσο αφορά στην ανάπτυξη ικανοτήτων γενίκευσης που λαμβάνουν χώρα κατά την αντιμετώπιση μαθηματικών καταστάσεων, θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι παρουσιάζουν 2 κοινά σημεία: α) κατά τη γενίκευση λαμβάνει χώρα η αναγνώριση κοινού στοιχείου/χαρακτηριστικού σε μία μαθηματική κατάσταση (Karut,

1999, Carragher, Martinez, & Schliemann, 2008, Radford, 2006) και β) κατά τη γενίκευση, η εστίαση απομακρύνεται από το τοπικό και περνά στο γενικό (Karut, 1999, Carragher, Martinez, & Schliemann, 2008, Radford, 2006).

Τώρα, όσο αφορά στο τι είναι γενίκευση, ο Karut (1999) ισχυρίζεται ότι κατά την αλγεβρική γενίκευση, η εστίαση φεύγει από τις καταστάσεις αυτές καθ' αυτές και περνά στα πρότυπα, στις διαδικασίες, στις δομές και στις σχέσεις δια μέσου και ανάμεσα από αυτές. Ο Radford (2006) υποστηρίζει ότι γενίκευση είναι η σημείωση ενός κοινού τοπικού χαρακτηριστικού και η γενίκευσή του σε όλους τους όρους της ακολουθίας. Οι Carragher, Martinez, & Schieman (2008), αναφέρουν ότι κατά τη μαθηματική γενίκευση, κάποια ιδιότητα ή τεχνική ισχύει για ένα μεγάλο σύνολο μαθηματικών αντικειμένων ή καταστάσεων.

Αναφορικά με την ανάπτυξη της δομής, ερευνητές υποστηρίζουν ότι η αναγνώριση της δομής χρειάζεται κατάλληλη διδακτική υποστήριξη (Warren, 2004), τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να σκεφτούν σχεσιακά και να προχωρήσουν σε πιο γενικευμένες και συνεκτικές μορφές (Blanton & Karut, 2004) και ότι η αναγνώρισή της αναπτύσσεται από την προσχολική ηλικία (Παπαδοπούλου, 2012). Μάλιστα οι Mulligan, Mitchelmore, & Prescott (2005) αναφέρουν ότι, ανάλογα με το εάν τα παιδιά εστιάζουν στη δομή της κανονικότητας ή στα επιφανειακά της χαρακτηριστικά, η ανάπτυξη της δομής αναπτύσσεται σε 4 στάδια: το προ-δομικό (pro-structural), το αναδύομενο (emergent), το μερικό (partial) και το δομικό (structural).

Αναφορικά με τις μεθόδους που χρησιμοποιούν τα παιδιά για να γενικεύσουν, τις οποίες οι ερευνητές ταξινόμησαν σε στάδια, τα παιδιά περνούν σταδιακά από τη γενίκευση του ειδικού περιεχομένου της μαθηματικής κατάστασης που καλούνται να αντιμετωπίσουν σε μία μαθηματική έννοια, σε αμετάβλητα χαρακτηριστικά της έννοιας, δηλαδή στη γενίκευσή της (Lannin, Townsend, & Barker, 2006).

Για τη οργάνωση δραστηριοτήτων και τη διδακτική διαχείριση των διδασκαλιών στα μαθηματικά με προσανατολισμό την ανάπτυξη της γενίκευσης, οι ερευνητές προτείνουν: τη στήριξη της κοινωνικής αλληλεπίδρασης (ανταλλαγή ιδεών, λύσεων, διεξαγωγή συζητήσεων, επεξήγηση, τεκμηρίωση) (Radford, 2006), την ανάπτυξη διαδικασιών αναστοχασμού, αναγνώρισης λαθών (Pappas, Ginsburg, & Jiang, 2003) και ο ρόλος του εκπαιδευτικού να είναι βοηθητικός στο να εκφράζουν τα παιδιά συμπεράσματα (Τζεκάκη, 2010).

Για τη δημιουργία μαθηματικών περιβαλλόντων που βοηθούν το παιδί σε βαθύτερη κατανόηση των μαθηματικών νοημάτων, χρησιμοποιείται εκπαιδευτικό υλικό στις διαδικασίες της διδασκαλίας και της μάθησης, με σκοπό να βοηθήσει στην κατανόηση των μαθηματικών εννοιών, στη δόμηση και διατήρηση νέων μαθηματικών ιδεών. Ερευνητές τονίζουν τη σημαντικότητα του πλαισίου που χρησιμοποιείται το εκπαιδευτικό υλικό για τα μαθηματικά, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο εργάζονται οι μαθητές με τα υλικά, ο σκοπός που εργάζονται, αλλά και ο τρόπος που επικοινωνούν και αλληλοεπιδρούν (Καρούση & Σκουμπουρδή, 2008).

Επίσης, θεωρείται σημαντικό, η δυνατότητα της εμπλοκής των παιδιών σε ποικίλες εμπειρίες μαθηματικών καταστάσεων με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού υλικού

και η αιτιολόγηση των πράξεών τους μέσα από τον αναστοχασμό (Clements & McMillen, 1996). Προτείνονται μάλιστα και βασικές αρχές για την ανάπτυξή του, κάποιες από τις οποίες είναι: να στηρίζεται στις σύγχρονες θεωρίες μάθησης, να υποστηρίζει την επιχειρηματολογία και τη χρήση πρακτικών των Μαθηματικών και να έχει συνοχή (Σκουμιάς & Σκουμπουρδή, 2015).

Με βάση τα παραπάνω, είναι σημαντικό κατά το σχεδιασμό του μαθήματος, ο εκπαιδευτικός να λάβει υπόψη του 3 πλαίσια: α) τι σημαίνει γενίκευση της μαθηματικής έννοιας που μπορούν να αναπτύξουν τα παιδιά με βάση την ηλικία τους, β) ποια διδακτική μέθοδο θα εφαρμόσει για την ανάπτυξή της και γ) ποιο υλικό μπορεί να υποστηρίξει αποτελεσματικά την ανάπτυξή της. Με ποιον τρόπο το εκπαιδευτικό υλικό υποστηρίζει το μαθησιακό περιβάλλον για την κατανόηση της δομής; Με ποιον τρόπο οι μαθητές χρησιμοποιούν αυτό το υλικό; Στο παρόν άρθρο, θα γίνει μία προσπάθεια αυτά τα ερωτήματα να απαντηθούν στο πεδίο των κανονικοτήτων και η έρευνα που θα παρουσιαστεί, αποτελεί μέρος μίας ευρύτερης έρευνας η οποία έλαβε χώρα σε 3 ακόμη πεδία των μαθηματικών.

Στην παρούσα έρευνα και στο πεδίο των κανονικοτήτων, ως *γενίκευση* ορίστηκε η *αναγνώριση μιας επαναλαμβανόμενης δομής (κανόνας) και των σχέσεων των στοιχείων της*. Η *γενίκευση σε τοπικό επίπεδο*, αφορά στην αναγνώριση της δομής (κανόνα) και των σχέσεων των στοιχείων συγκεκριμένης κανονικότητας, ενώ η *γενίκευση σε γενικό επίπεδο* αφορά σε γενικότερη αναγνώριση για τις κανονικότητες ότι υπάρχει μία δομή (ένας κανόνας) που επαναλαμβάνεται και ότι τα στοιχεία της δομής σχετίζονται μεταξύ τους με συγκεκριμένες σχέσεις.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

### Η διδακτική παρέμβαση και ο σχεδιασμός του υλικού της

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της διδακτικής παρέμβασης είναι ότι, στο κλείσιμο της δραστηριότητας ο εκπαιδευτικός κάνει *ερωτήσεις γενίκευσης τοπικού και γενικού επιπέδου* (γίνεται παρακάτω σχετική αναφορά, στη μεθοδολογία) και τα παιδιά *καταλήγουν σε γενικά συμπεράσματα* για τον κανόνα της κανονικότητας, τα οποία *καταγράφουν* και τα αναρτούν σε εμφανές σημείο της τάξης, έτσι ώστε να ανατρέχουν σε αυτά όταν τα χρειάζονται.

Αναφορικά με το εκπαιδευτικό υλικό, κατά το σχεδιασμό της παρέμβασης, λήφθηκε υπόψη η κατηγοριοποίηση του οπτικού υλικού για τις κανονικότητες: χειραπτικό, αναπαραστατικό ή συμβολικό, λεκτικό, κινητικό και ηχητικό (Τζεκάκη, 2010). Επίσης, η επιλογή και ο σχεδιασμός του υλικού στηρίχτηκε και σε άλλες 3 παραμέτρους: (1) να υποστηρίζει την κατηγοριοποίηση των κανονικοτήτων ως προς τη δομή, το περιεχόμενο, ως προς την εξέλιξη, αλλά και επικαλύψεις και αριθμητικές κανονικότητες (Τζεκάκη, 2010), (2) να υποστηρίζει τη γενίκευση έτσι όπως αυτή ορίστηκε, δηλαδή να βοηθήσει το παιδί να αναγνωρίσει, να περιγράψει και λεκτικά να διατυπώσει τον κανόνα της κανονικότητας και (3) να υποστηρίξει τη διδακτική μεθοδολογία που επιλέχτηκε για την ανάπτυξη της γενίκευσης, δηλαδή: τη διεξαγωγή συζητήσεων, την τεκμηρίωση, την αναγνώριση λάθους, την ανάπτυξη στρατηγικών, τη



χρήση προηγούμενης γενικευμένης γνώσης, τον αναστοχασμό, τη *συστηματική διατύπωση και καταγραφή τοπικών και γενικότερων συμπερασμάτων* από τα ίδια τα παιδιά, στη βάση των ερωτήσεων *γενίκευσης τοπικού και γενικού επιπέδου* που αναφέρονται παρακάτω στη μεθοδολογία.

Με βάση τα παραπάνω, η επιλογή και ο σχεδιασμός του υλικού, όσο αφορά στη λειτουργία του προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης της γενίκευσης, ήταν μείζονος σημασίας.

### **Μεθοδολογία**

Επιλέχθηκε η μέθοδος της διδακτικής παρέμβασης με προέλεγχο (pre-testing) και μετά έλεγχο (post-testing). Η έρευνα διεξήχθη σε δημόσιο νηπιαγωγείο της Ανατολικής Θεσσαλονίκης και το δείγμα αποτελούνταν από 23 νήπια. Οργανώθηκαν 12 δραστηριότητες που έλαβαν χώρα σε 6 διδασκαλίες και ο χρόνος διάρκειας των διδασκαλιών ήταν 45-50 λεπτά. Το πεδίο των κανονικοτήτων αναλύθηκε σε άξονες μαθηματικών καταστάσεων, οι οποίοι αναλύουν την έννοια της κανονικότητας σε μαθηματικές ενέργειες, που βοηθούν το παιδί να απομακρυνθεί από την μορφολογική αντίληψη/γνώση και να περάσει σε δομικά χαρακτηριστικά της κανονικότητας, δηλαδή στη δομή (κανόνα) και στις σχέσεις των στοιχείων της και να σχηματίσει μία πλήρη άποψη για την έννοια, με βάση την ηλικία του. Αυτοί οι άξονες των μαθηματικών καταστάσεων είναι: συνέχιση κανονικότητας, συμπλήρωση στοιχείου που λείπει σε δοσμένη κανονικότητα, εύρεση λάθους σε δοσμένη κανονικότητα, αντιγραφή κανόνα και μεταφορά σε άλλο υλικό, επέκταση κανονικότητας και δημιουργία κανονικότητας από τα παιδιά.

Στη βάση του ορισμού της γενίκευσης στο πεδίο των κανονικοτήτων, μεθοδεύτηκαν *ερωτήσεις γενίκευσης σε τοπικό και γενικό επίπεδο*, οι οποίες εφαρμόστηκαν κατά τη διδακτική παρέμβαση. Οι *ερωτήσεις γενίκευσης τοπικού επιπέδου* δομήθηκαν για να βοηθήσουν το παιδί να εστιάσει και να αναγνωρίσει τη δομή των κανονικοτήτων τις οποίες καλούνταν να αντιμετωπίσει το παιδί και να αναγνωρίσει τις σχέσεις των στοιχείων της. Οι *ερωτήσεις γενίκευσης γενικού επιπέδου* δομήθηκαν για να βοηθήσουν το παιδί να καταλήξει σε γενικότερα συμπεράσματα για τις κανονικότητες, πέρα από το αντιληπτικό πεδίο, για την ύπαρξη μίας δομής που επαναλαμβάνεται και που τα στοιχεία της σχετίζονται μεταξύ τους με συγκεκριμένες σχέσεις. Ενδεικτικές *ερωτήσεις γενίκευσης σε τοπικό επίπεδο* (Παπαδοπούλου, 2017, σ. 303): «Ποιο είναι το μικρό σχέδιο/κομμάτι που επαναλαμβάνεται;», «Αν μας ζητούσαν να ζωγραφίσουμε αυτό το σχέδιο τι θα πρέπει να θυμόμαστε για να το κάνουμε;», «Από πού αρχίζει το μικρό σχέδιο/κομμάτι και πού τελειώνει;», «Σε αυτό το σχέδιο υπήρχε κάποια σειρά στα μεγέθη των κύβων ή ήταν τοποθετημένα τυχαία; Ποια είναι αυτή η σειρά;». Ενδεικτικές *ερωτήσεις γενίκευσης σε γενικό επίπεδο* (Παπαδοπούλου, 2017, σ. 303): «Αρα, τι χρειάζεται για να θυμάμαι ένα σχέδιο;», «Χρειάζεται να θυμάμαι όλο το σχέδιο ή μπορώ να κάνω κάτι άλλο;»

Τα εργαλεία της έρευνας είναι τα pre και post tests, με 7 δοκιμασίες, ίδιες και στα 2 tests, οι οποίες αφορούν σε έργα των παιδιών και εφαρμόστηκαν με απόσταση 3

εβδομάδων. Η φάση των pre και post tests ολοκληρώθηκε με συνέντευξη πάνω στη δράση των παιδιών σε κάθε test, με μία σειρά ερωτήσεων που δομήθηκαν για να εξετάσουν την ανάπτυξη της γενίκευσης. Ενδεικτικές ερωτήσεις εξέτασης της ανάπτυξης της γενίκευσης κατά την εφαρμογή των tests (Παπαδοπούλου, 2017, σ. 108): «Τι σκέφτηκες για να το βρεις; Τι πρόσεξες;», «Δείξε, ποιο είναι το μικρό σχέδιο /κομμάτι που επαναλαμβάνεται;», «Δείξε, από πού αρχίζει αυτό το μικρό σχέδιο/κομμάτι και πού τελειώνει;».

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι απαντήσεις των παιδιών στις ερωτήσεις που εξέταζαν τη γενίκευση, δηλ. εάν το παιδί μπορούσε να εντοπίσει και να περιγράψει τον κανόνα και τις σχέσεις των στοιχείων που τον δομούν, ταξινομήθηκαν σε 7 ευρύτερες κατηγορίες, οι οποίες προέκυψαν από την ταξινόμηση των απαντήσεων των παιδιών, με βάση το εάν αναγνωρίζουν και διατυπώνουν τον κανόνα της κανονικότητας που τους δίνεται και τις σχέσεις των στοιχείων που τον δομούν.

Στη συνέχεια περιγράφεται κάθε κατηγορία με μία τυπική απόκριση.

**Κατηγορία 1.** Το παιδί δεν αναγνωρίζει καμία σχέση ανάμεσα στα στοιχεία της κανονικότητας. Τυπική απόκριση: Κάνει μία ζωγραφιά, για παράδειγμα ένα ανθρωπάκι.

**Κατηγορία 2.** Αναγνωρίζει κάποιες σχέσεις οι οποίες όμως δε δομούν τον κανόνα. Τυπική απόκριση: Κάνει ένα σχέδιο χωρίς κάποιον κανόνα και στην ερώτηση: «Ποιο είναι το σχέδιο που επαναλαμβάνεται;», αναφέρει ένα στοιχείο που επαναλαμβάνεται στο σχέδιό του, π.χ. «Το τετράγωνο».

**Κατηγορία 3.** Αναγνωρίζει περισσότερες σχέσεις οι οποίες και εδώ δε δομούν τον κανόνα. Τυπική απόκριση: κάνει ένα σχέδιο χωρίς κανόνα και όταν ερωτάται ποιο σχέδιο επαναλαμβάνεται, αναφέρει τουλάχιστον 2 στοιχεία από το σχέδιό του τα οποία επαναλαμβάνονται, π.χ. «Το τρίγωνο και το τετράγωνο».

**Κατηγορία 4.** Αναγνωρίζει όλες τις σχέσεις, αλλά δεν πρόκειται για σχέσεις που δομούν τον κανόνα, αλλά για σχέσεις που προκύπτουν από αντιστοιχισή. Τυπική απόκριση: Ενώ κάνει σωστά την κανονικότητα, όταν ερωτάται ποιο σχέδιο επαναλαμβάνεται αναφέρει μεμονωμένα τα στοιχεία, για παράδειγμα, «Είναι ο κύκλος, το τετράγωνο και το τρίγωνο».

**Κατηγορία 5:** Αρχίζει να αναγνωρίζει κάποιες σχέσεις που δομούν τον κανόνα. Τυπική απόκριση: Όταν ερωτάται ποιο είναι το σχέδιο που επαναλαμβάνεται, «διαβάζει» όλο το σχέδιο.

**Κατηγορία 6.** Αναγνωρίζει τις σχέσεις που δομούν τον κανόνα, τον διατυπώνει σωστά, αλλά κάνει λάθος σε κάποια επανάληψη όταν κατασκευάζει την κανονικότητα, ή δείχνει λάθος σε ένα σημείο όπου «κόβεται» η επανάληψη.

Τυπική απόκριση: Λέει σωστά τον κανόνα, για παράδειγμα: «Γιατί πάει: μεγάλο, μικρό, μικρό, μεσαίο», αλλά όταν του ζητείται να τον δείξει, δείχνει λάθος σε κάποια επανάληψη. Ή ενώ λέει σωστά τον κανόνα, για παράδειγμα κατά τη *συνέχιση της κανονικότητας* κάνει ένα λάθος σε μία επανάληψη.

**Κατηγορία 7.** Αναγνωρίζει τις σχέσεις που δομούν τον κανόνα και τον διατυπώνει λεκτικά. Τυπική απόκριση: Λέει σωστά τον κανόνα και δείχνει με σταθερότητα σωστά, όλες τις επαναλήψεις.

Ο πίνακας 1 συνοψίζει τη συχνότητα σε κάθε κατηγορία στα pre και post tests, σε όλες τις δοκιμασίες στο πεδίο των κανονικοτήτων.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:** Οι αποκρίσεις με βάση την εξέταση της γενίκευσης

| Κατηγορία   | Συνέχιση | Συμπλήρωση γεωμετρική | Συμπλήρωση μεγεθών | Εύρεση λάθους | Αντιγραφή κανόνα | Επέκταση | Δημιουργία |
|---|----------|-----------------------|--------------------|---------------|------------------|----------|------------|
| <b>Καμία αναγνώριση σχέσεων</b>   | 19       | 4                     | 2                  | 5             | 9                | 6        | 8          |
| <b>Pre</b>  | 1        | 0                     | 0                  | 1             | 0                | 2        | 0          |
| <b>Post</b>   |          |                       |                    |               |                  |          |            |
| <b>Αναγνώριση κάποιων σχέσεων που δεν αφορούν τον κανόνα</b>                      | 3        | 5                     | 5                  | 8             | 6                | 1        | 2          |
| <b>Pre</b>  | 0        | 1                     | 0                  | 0             | 0                | 0        | 0          |
| <b>Post</b>   |          |                       |                    |               |                  |          |            |
| <b>Αναγνώριση περισσότερων σχέσεων που δεν αφορούν τον κανόνα</b>                 | 0        | 3                     | 6                  | 9             | 6                | 0        | 8          |
| <b>Pre</b>  | 1        | 2                     | 0                  | 6             | 0                | 0        | 0          |
| <b>Post</b>   |          |                       |                    |               |                  |          |            |
| <b>Αναγνωρίζει όλες τις σχέσεις με αντιστοιχισ η, αλλά δεν αφορούν τον κανόνα</b> | 0        | 9                     | 8                  | 1             | 2                | 9        | 2          |
| <b>Pre</b>  | 1        | 0                     | 0                  | 0             | 0                | 4        | 0          |
| <b>Post</b>   |          |                       |                    |               |                  |          |            |
| <b>Αναγνωρίζει κάποιες σχέσεις του κανόνα</b>                                     | 0        | 2                     | 2                  | 0             | 0                | 5        | 3          |
| <b>Pre</b>  | 4        | 0                     | 8                  | 2             | 9                | 4        | 0          |
| <b>Post</b>   |          |                       |                    |               |                  |          |            |

|   |         |         |        |         |        |         |         |
|---|---------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|
| <b>Αναγνωρίζε<br/>ι<br/>περισσότερ<br/>ες σχέσεις<br/>του κανόνα<br/>Pre<br/>Post</b> | 0<br>14 | 0<br>6  | 0<br>7 | 0<br>4  | 0<br>5 | 2<br>12 | 0<br>0  |
| <b>Αναγνωρίζε<br/>ι όλες τις<br/>σχέσεις του<br/>κανόνα<br/>Pre<br/>Post</b>          | 1<br>2  | 0<br>14 | 0<br>8 | 0<br>10 | 0<br>9 | 0<br>1  | 0<br>23 |

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπήρχε ανάπτυξη της ικανότητας των παιδιών να αναγνωρίζουν και να διατυπώνουν λεκτικά τον κανόνα σε μία κανονικότητα και να εντοπίζουν τις σχέσεις των στοιχείων που τον δομούν. Η εξέταση της διδακτικής παρέμβασης, έδωσε κάποιες πληροφορίες για τις διδακτικές ενέργειες που υποστήριξαν την κατανόηση του κανόνα και των σχέσεων που τον οργανώνουν και που περιγράφονται στη συνέχεια.

### **Υποστηρικτικές διαδικασίες κατά τη διδακτική παρέμβαση Η χρήση ειδικά επιλεγμένου και σχεδιασμένου υλικού**

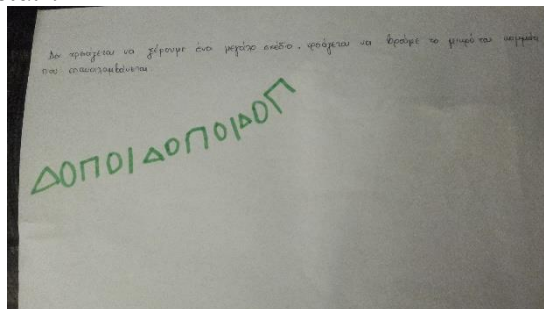
Η χρήση ποικίλου οπτικού υλικού που υποστήριξε τις κατηγοριοποιήσεις της κανονικότητας: Με τη χρήση ποικίλου εποπτικού υλικού, τα παιδιά ενεπλάκησαν με διαφορετικές δομές και διαφορετικές κατηγορίες κανονικότητας, έπρεπε να συζητήσουν τις σχέσεις των όρων μεταξύ τους, ότι υπάρχει ένας όρος πριν και ένας μετά, ότι υπάρχει αρχή και τέλος και μία δομή που επαναλαμβάνεται, εστιάζοντας πάντα στο υλικό που είχαν μπροστά τους, για να προχωρήσουν στη συνέχεια στην αφαίρεση και γενίκευση της δομής. Αρκετά παιδιά εστιάζοντας στο υλικό της αναπτυσσόμενης κανονικότητας που ήταν χάρτινα πλακάκια με δομή 1,2,3,4,5, όπου στα παιδιά δόθηκαν οι 3 πρώτες σειρές και έπρεπε να κατασκευάσουν την 4η και 5η σειρά, φάνηκε να βοηθήθηκαν από το υλικό, καθώς αρχικά κάποια παιδιά είπαν: «Μοιάζει με σκάλα» και κάποιο παιδί επεσήμανε: «Είναι όπως το αριθμητήριο που έχουμε, σε κάθε σειρά μία μπίλια παραπάνω» και στη συνέχεια μέσα από τις ερωτήσεις γενίκευσης, κατέληξαν στο γενικό συμπέρασμα: «Σε κάθε σειρά βάζουμε συνεχώς ένα παραπάνω». Επίσης, κατά τη δημιουργία δική τους κανονικότητας, κάποια παιδιά πήραν ιδέα από το υλικό που τους δόθηκε, έβαλαν έναν δικό τους κανόνα και κατασκεύασαν τη δική τους κανονικότητα, όπως για παράδειγμα ένα κορίτσι, από κανονικότητα δομής ABAB (A=κύκλος μεγάλος, B=κύκλος μικρός) που είχε δοθεί στα παιδιά σε κάποια δραστηριότητα, κατασκεύασε μία κανονικότητα με δομή ABBB (A κύκλος μεγάλος, B=κύκλος μικρός) εξηγώντας: «Να, έκανα όπως με τις μαύρες μπάλες, έ! όχι τα ίδια ακριβώς, με άλλη σειρά, κοίτα! Μπάλα μεγάλη, μπάλα μικρή, ξανά μικρή και ξανά μικρή».

*Η χρήση του υλικού που υποστήριξε τη διδακτική μεθοδολογία:* Το υλικό βοήθησε στη διεξαγωγή συζητήσεων, καθώς τα παιδιά εστιάζοντας στο υλικό ανέφεραν τι τους δυσκόλεψε, τι έπρεπε να προσέχουν κάθε φορά, είδαν τα λάθη τους. Σε αρκετές περιπτώσεις παιδιά που κατάφεραν να απομονώσουν τον κανόνα, τον έδειξαν στα άλλα παιδιά τοποθετώντας την παλάμη τους κάθετα στο τέλος του κανόνα και απομονώνοντάς τον από το υπόλοιπο σχέδιο, βοηθώντας και άλλα παιδιά στην κατανόηση του κανόνα, όπως για παράδειγμα κάποιο παιδί που είπε: «Τώρα κατάλαβα πώς γίνεται! Κόβεται και ξανασυνεχίζει!», γεγονός που αποτυπώθηκε και στο συμπέρασμα που κατέληξαν, «κόβοντας με μία κάθετη γραμμή, στο σημείο της επανάληψής του (εικόνα 1).

*Η χρήση του υλικού που υποστήριξε την ανάλυση της γενίκευσης και τις ερωτήσεις γενίκευσης:* το υλικό υποστήριξε την ανάλυση της γενίκευσης, καθώς τα παιδιά εστίαζαν κάθε φορά στο υλικό για να αναλύσουν τα στοιχεία της κανονικότητας που είχαν να αντιμετωπίσουν, να κατανοήσουν τις μεταξύ τους σχέσεις και την ύπαρξη ενός κανόνα που οργανώνει τα στοιχεία της και επαναλαμβάνεται. Επίσης, υποστήριξε και τις ερωτήσεις γενίκευσης, που στόχευαν στην εστίαση στη δομή και στην κατάληξη συμπερασμάτων, καθώς τα παιδιά κατέληξαν σε συμπεράσματα, σε πρώτη φάση κατά την τοπική γενίκευση με βάση το υλικό που είχαν μπροστά τους και σε δεύτερη φάση κατά τη γενικότερη γενίκευση, μέσα από δυνατές αναπαραστάσεις που ανέπτυξαν από την προηγούμενη φάση, καθώς σε αυτή τη φάση δεν είχαν το υλικό μπροστά τους.

Τέλος, η *συστηματική καταγραφή συμπερασμάτων*, η ανάρτησή τους, καθώς τα παιδιά τα χρησιμοποιούσαν όταν τα χρειαζόνταν για να λύσουν κάποια μαθηματική κατάσταση (εικόνα 1).

**Εικόνα 1.** Το συμπέρασμα της 3<sup>ης</sup> διδασκαλίας που χρησιμοποίησαν τα παιδιά στην 4<sup>η</sup> διδασκαλία για να λύσουν τη μαθηματική κατάσταση που είχαν να αντιμετωπίσουν: «Δε χρειάζεται να ξέρουμε ένα μεγάλο σχέδιο, χρειάζεται να βρούμε το μικρό του κομμάτι που επαναλαμβάνεται».



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της εξέτασης της γενίκευσης στο post test, τα παιδιά βελτίωσαν την κατανόησή τους για τη δομή της κανονικότητας. Φαίνεται ότι αυτή την κατανόηση την επηρεάζει:

Α) Το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιείται κατά την εκπαιδευτική διαδικασία. Η χρήση ποικιλίας οπτικού υλικού το οποίο επιλέχθηκε για να υποστηρίξει τις κατηγοριοποιήσεις της κανονικότητας, φαίνεται ότι βοήθησε το παιδί να κατανοήσει τις σχέσεις των στοιχείων που δομούν τον κανόνα, καθώς παρείχε στα παιδιά τη δυνατότητα μιας σφαιρικής αντίληψης της έννοιας, γεγονός που συμφωνεί με άλλα ευρήματα (Jacobs & Kusiak, 2006). Μάλιστα, όσο αφορά στο χειραπτικό υλικό, υποστηρίζεται ότι η χρήση του στη δημιουργία προτύπων, βοηθάει στην ανάπτυξη της ικανότητας γενίκευσης (Blanton & Kaput, 2004).

Β) Το γεγονός ότι η χρήση του υλικού υποστήριξε (α) την ανάλυση της γενίκευσης της κανονικότητας, μέσα από ποικιλία υλικού το οποίο αναδείκνυε την επανάληψη της δομής, βοηθώντας το παιδί να εστιάσει στις σχέσεις των στοιχείων της κανονικότητας, (β) τη διδακτική μεθοδολογία, παρέχοντας τη δυνατότητα στα παιδιά να σκεφτούν και να στοχαστούν πάνω στη δράση τους, να τεκμηριώσουν, να εξετάσουν αυτά που λένε οι άλλοι, να περιγράψουν και (γ) τις ερωτήσεις γενίκευσης τοπικού και γενικού επιπέδου, που βοήθησαν τα παιδιά να αναπτύξουν βαθύτερη κατανόηση των σχέσεων που δομούν τον κανόνα, καταλήγοντας σε συμπεράσματα από το συγκεκριμένο υλικό που είχαν μπροστά τους, σε γενικότερα τα οποία και κατέγραψαν, γεγονός που συνάδει με άλλα ευρήματα και όσο αφορά τη σημαντικότητα των ερωτήσεων στην ανάπτυξη της γενίκευσης (Blanton & Kaput, 2004), αλλά και αναφορικά με τη σημαντικότητα της καταγραφής των συμπερασμάτων (Τζεκάκη, 2010).

Παρατηρείται ότι, οι υποστηρικτικές διαδικασίες που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων, βοήθησαν τα παιδιά να κατασκευάσουν δικό τους εποπτικό υλικό, το υλικό των συμπερασμάτων, το οποίο τα παιδιά το χρησιμοποιούσαν όταν δυσκολεύονταν ή όταν ήθελαν να αναπτύξουν κάποια στρατηγική για την επίλυση μίας μαθηματικής κατάστασης στις κανονικότητες.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Blanton, M., & Kaput, J. (2004). Elementary grades student's capacity for functional thinking. Στο M. Hoines, & A. Fuglestad (Επιμ.), *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. 2, σσ. 135-142. Bergen, Norway: Bergen University College.
- Carraher, D., Martinez, M., & Schliemann, A. (2008, 1). Early algebra and mathematical generalization. *ZDM-The International Journal on Mathematics Education*, 40, 3-22.
- Clarke, D. M. (1997, 3). The Changing Role of the Mathematics Teacher. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 278-308.
- Clements, D., & McMillen, S. (1996). Rethinking "Concrete" Manipulatives. *Teaching Children Mathematics*, 2, 270-279.
- Jacobs, R., & Kusiak, J. (2006, 9). Got tools? Exploring children's use of mathematics tools during problem solving. *Teaching Children Mathematics*, 12(9), 470-477.
- Kaput, J. (1999). Teaching and learning a new algebra. Στο T. Romberg, & E. Fennema (Επιμ.), *Mathematics classroom that promotes understanding* (σσ. 133-155). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Καρούση, Σ., & Σκουμπορδή, Χ. (2008). *Τα μαθηματικά των παιδιών 4-6 ετών. Αριθμοί και χώρος*. Αθήνα: Πατάκη.

- Lannin, J., Townsend, B., & Barker, D. (2006, November). The reflective cycle of student error analysis. *For the Learning of Mathematics*, 26(3).
- Mason, J. (1996). Expressing generality and roots of algebra. Στο N. Bednarz, C. Kieran, & L. Lee (Επιμ.), *Approaches to algebra: Perspectives for research and teaching* (σσ. 65–86). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- Mulligan, J., Mitchelmore, M., & Prescott, A. (2005). Case studies of children's development of structure in early mathematics: A two-year longitudinal study. In H. Chick, & J. Vincent (Ed.), *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. 4, pp. 1-8. Melbourne: PME.
- Mulligan, J., Prescott, A., Papic, M., & Mitchelmore, M. (2006). Improving early numeracy through a Pattern and Structure Mathematics Awareness Programm (PASMAPP). In P. Grootenboer, R. Zevenbergen, & M. Chinnappan (Ed.), *Proceedings of the 29th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia*. 2, pp. 376-383. Canberra: MERGA.
- Pappas, S., Ginsburg, H. P., & Jiang, M. (2003). SES differences in young children's metacognition in the context of mathematical problem solving. *Cognitive Development*, 18, σσ. 431-450.
- Παπαδοπούλου, Ε. (2017). *Διδακτικές παρεμβάσεις για μαθηματική γενίκευση σε παιδιά ηλικίας 5-7 χρόνων*. (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης/Τ.Ε.Π.Α.Ε.
- Παπαδοπούλου, Ε. (2012). Μία διδακτική παρέμβαση για την ανάπτυξη ικανοτήτων αναγνώρισης κανονικοτήτων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 53, σελ. 123-137.
- Radford, L. (2006). Algebraic thinking and the generalization of patterns: a semiotic perspective. *Proceedings of the 28th annual meeting of the North American chapter of the international group for the psychology of mathematics education*. 2, σσ. 95-101. Me'rida: Universidad Pedagógica Nacional.
- Σκουμός, Μ., & Σκουμπουρδή, Χ. (2015). Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες. Στο Χ. Σκουμπουρδή, & Σ. Μ (Επιμ.), *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες*, (σελ. 14-37). Ρόδος.
- Szendrei, J. (1996). Concrete materials in the classroom. Στο *International Handbook of Mathematics Education* (Τόμ. 1, σσ. 411-434). Dordrecht: Kluwer.
- Τζεκάκη, Μ. (2010). *Μαθηματική εκπαίδευση για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία*. Θεσσαλονίκη: Ζυγός.
- Warren, E. (2004). Generalising arithmetic: supporting the process in the early years. (M. Hoines, & A. Fuglestad, Eds.) *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 4, pp. 417-427.
- Zazkis, R., & Liljedahl, P. (2002). Arithmetic sequence as a bridge between conceptual fields. *Canadian Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(1), σσ. 93-120.

# Δημιουργική χρήση υλικού στη μαθηματική εκπαίδευση: ο ρόλος της γενίκευσης

Μαριάννα Τζεκάκη

Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Τα παιδιά της προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας ενθαρρύνονται να εμπλακούν σε έργα και να χρησιμοποιήσουν εκπαιδευτικό υλικό ή άλλα παιχνίδια με μαθηματικό περιεχόμενο, για παράδειγμα να μετρήσουν ένα πλήθος αντικειμένων ή να κάνουν σχηματισμούς με σχήματα ή να συνεχίσουν ένα μοτίβο από κύβους, να χρησιμοποιήσουν δηλαδή υλικό για να προσεγγίσουν μαθηματικές ιδέες. Παραμένει όμως υπό εξέταση αν με την ενασχόληση αυτή αναπτύσσουν τις μαθηματικές έννοιες που επιδιώκουμε. Σκοπός της παρουσίασης αυτής είναι να εξετάσει τη χρήση υλικού στις μαθηματικές δραστηριότητες υπό το πρίσμα της σύνδεσής της με διαδικασίες γενίκευσης και ανάπτυξης μαθηματικών ιδεών στις μικρές ηλικίες.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** μαθηματική δραστηριότητα, εκπαιδευτικό υλικό για τα μαθηματικά, μαθηματική γενίκευση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μαθηματική εκπαίδευση στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία έχει προ πολλού κατοχυρώσει την αναντίρρητη αξία της. Τα μικρά παιδιά εμπλέκονται στην καθημερινότητά τους με μεγάλο αριθμό μαθηματικών στοιχείων και σχετικών υλικών, έρχονται στο σχολείο με πολλές ενδιαφέρουσες μαθηματικές ιδέες, αναπτύσσεται μεγάλος αριθμός προτάσεων στα προγράμματα σπουδών (στην Ελλάδα και διεθνώς) για δραστηριότητες και σχετικό εκπαιδευτικό υλικό με προβλήματα, παιχνίδια, κατασκευές και αναφορά σε πολλές έννοιες, όπως πχ. σχήματα και αριθμούς αλλά και χωρικές δράσεις, μετρήσεις, κανονικότητες, πιθανότητες κ.ά. Σε όλες αυτές τις προσεγγίσεις τα παιδιά ασχολούνται με καταστάσεις ή προβλήματα όπου μετρούν, εξετάζουν σχήματα, συγκρίνουν μεγέθη, αναπαράγουν ή συνεχίζουν κανονικότητες και μοτίβα, λύνουν προβλήματα χρησιμοποιώντας υλικό και τεχνολογία και με την έννοια αυτή βρίσκονται στο επίκεντρο μιας πλούσιας, σε περιεχόμενο και υλικό, μαθηματικής παιδείας.

Ωστόσο για όλες αυτές τις εφαρμογές και τη χρήση του σχετικού υλικού αναδεικνύεται ένα ιδιαίτερα σημαντικό ερώτημα που αφορά το κατά πόσο οδηγούν τα παιδιά στην ανάπτυξη μαθηματικών ιδεών και στη συνέχεια στην ανάπτυξη των σχετικών μαθηματικών εννοιών. Πολλές από αυτές προέρχονται ή εμπλέκονται στην καθημερινότητα ή



στις διδακτικές προσεγγίσεις με διάφορα μαθηματικά αντικείμενα, όπως αριθμούς ή σχήματα, και έτσι αναγνωρίζονται από όλους ως μαθηματικές. Γενικά, βέβαια, επισημαίνεται ότι τα παιδιά δεν μπορούν 'αυτόματα' να συνδέσουν τις εφαρμογές με τις αντίστοιχες έννοιες (Nunes & Bryant, 1996) ή με την αντίστοιχη μαθηματική γνώση (Van Oers, 2013). Κατά συνέπεια, και η χρήση του εκπαιδευτικού υλικού και της τεχνολογίας προς την κατεύθυνση της πραγματικής μαθηματικής ανάπτυξης συχνά αποδεικνύεται μη αποτελεσματική και απαιτεί ουσιαστικότερη εξέταση.

Στην παρουσίαση αυτή, πρώτα θα αναλύσουμε το ρόλο της χρήσης του υλικού στην μαθηματική ανάπτυξη, στο πλαίσιο αυθεντικών μαθηματικών δραστηριοτήτων (Τζεκάκη, 2015; 2016) και στη συνέχεια θα συνδέσουμε την ανάπτυξη αυτή με τη μαθηματική γενίκευση (Papadopoulou & Tzekaki, 2017) ως απαραίτητο στοιχείο της μαθηματικής εκπαίδευσης και στις μικρές ηλικίες.

## **ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΗΛΙΚΙΕΣ**

Σε προηγούμενες παρουσιάσεις εξετάσαμε το θέμα της μαθηματικής δραστηριότητας στις μικρές ηλικίες (Τζεκάκη, 2015) συνθέτοντας όμοιες και συμπληρωματικές απόψεις και δείχνοντας την πολλαπλότητα αλλά και την πολυπλοκότητα του σχετικού θέματος. Σύμφωνα με τις απόψεις αυτές, μια αυθεντική μαθηματική δραστηριότητα προϋποθέτει ειδική μορφή δράσης σε προβλήματα ή προβληματικές καταστάσεις, με δημιουργικό και εξελισσόμενο συλλογισμό, επιχειρήματα και τεκμηρίωση, αναστοχασμό και γενίκευση. Αυτές οι δράσεις μπορεί να είναι *μοντελοποιήσεις πραγματικών καταστάσεων* (Freudenthal, 1983), *λύσεις σε καταστάσεις προβλήματα* (Brousseau, 1997), *σύνδεση καταστάσεων και συμβόλων με έννοιες* (επιστημολογικό τρίγωνο, Steinbring, 2005), ή *συνδέσεις ανάμεσα σε καταστάσεις με διαφορετικό περιεχόμενο* (Noss, Healy & Hoyles, 1997), *διαδικασίες συμβολοποίησης* (Ernest, 2006) ή *πέρασμα από ένα ειδικό σε ένα πιο γενικό πλαίσιο* (objectification, Radford, 2006). Γενικά, η ίδια η φύση των Μαθηματικών προϋποθέτει μια μακροπρόθεσμη ανάπτυξη για κάθε κομμάτι γνώσης σύμφωνα με ένα σχέδιο (Brousseau, 1996) που περιλαμβάνει συστηματικές εμπειρίες και έργα στη διάρκεια των οποίων χρειάζεται να “... παρακολουθούμε όχι μόνο την ανάπτυξη της σκέψης των παιδιών αλλά επίσης την ανάπτυξη της ίδιας της γνώσης για αυτό το επίπεδο σκέψης...” (Tzekaki, 2014).

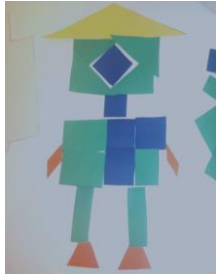
Τα μικρά παιδιά ξεκινούν με αυθόρμητες ιδέες για τις ποσότητες και αριθμούς, σχήματα και χωρικές καταστάσεις, κανονικότητες και μετρήσεις καθώς χρησιμοποιούν διαθέσιμο υλικό και σχετικά λογισμικά (Sarama & Clements, 2009). Αναμφίβολα αυτή η αρχική 'γνώση' και χρήση μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη μαθηματικών ιδεών, αλλά υπάρχουν πολλές ερωτήσεις αναφορικά με τη ουσιαστική φύση τους. Η γνώση που προκύπτει από τις δράσεις πάνω στο υλικό είναι πραγματικά μαθηματική, ή είναι απλή, καθημερινή, κοινωνική, αντιληπτική, κιναισθητική, σε σύνδεση με την ειδική εμπειρία ή τις ανάγκες αλλά όχι σε αντιστοιχία με τις μαθηματικές έννοιες που αφορά; Είναι μία δράση που ανταποκρίνεται σε κάποια από τις προηγούμενες προσεγγίσεις για τη μαθηματική δραστηριότητα που αναφέρθηκαν πιο πάνω, για παράδειγμα μοντελοποιεί,

λύνει πρόβλημα, συμβολίζει, συνδέει, μπορεί να μεταφερθεί από το ειδικό σε πιο γενικό επίπεδο ή να γενικευθεί;

Τα παραδείγματα που ακολουθούν δείχνουν ενδιαφέρουσες δράσεις με χρήση υλικών αλλά ίσως προβληματική μαθηματική ανάπτυξη.

### Ένα παράδειγμα με γεωμετρικά σχήματα

Στα παιδιά δίνεται μία ποικιλία σχημάτων σε διαφορετικές μορφές και μεγέθη και τους προτείνεται να ‘γεμίσουν’ ένα περίγραμμα με τη χρήση αυτών των σχημάτων. Η επικάλυψη ενός περιγράμματος με ένα σύνολο σχημάτων είναι μια ενδιαφέρουσα για τα παιδιά δραστηριότητα που τους οδηγεί στην ανά-



κληση των σχημάτων, ανάλυση και σύνθεσή τους, σύγκριση των ιδιοτήτων τους, μεγεθών και άλλων, οδηγεί επίσης σε στροφές και άλλους μετασχηματισμούς και γενικά αποτελεί μια προσέγγιση των σχημάτων σε ένα πιο γενικό, από την απλή αναγνώριση, επίπεδο. Το προτεινόμενο υλικό υποστηρίζει όλες αυτές τις δυνατότητες. Ωστόσο αν τα παιδιά ολοκληρώσουν αυτή τη δράση ‘γεμίζοντας’ με σχήματα (που απλά δοκιμάζουν) χωρίς να αναστοχαστούν και να συζητήσουν πάνω σε ό,τι έκαναν και σε όσα στοιχεία τους οδήγη-

σαν σε αυτό το αποτέλεσμα, δεν θα έχουν την ευκαιρία να αξιοποιήσουν τις ιδέες που προσέγγισαν προς την κατεύθυνση της κατανόησης των σχημάτων σε ένα πιο γενικευμένο επίπεδο (Sarama & Clements, 2009).

### Ένα παράδειγμα με κανονικότητες

Τα παιδιά αντιγράφουν ή συνεχίζουν μια επαναλαμβανόμενη κανονικότητα τύπου ΑΒΓ



με χρήση μπλοκ. Η ενασχόληση των μικρών παιδιών με τους επαναλαμβανόμενους σχηματισμούς και η αναγνώριση κοινών στοιχείων και δομών βρίσκεται στο πυρήνα της μαθηματικής ανάπτυξης καθώς υποστηρίζει την αναγνώριση ιδιοτήτων και σχέσεων σε διαφορετικές καταστάσεις (Papic, et al., 2013). Ωστόσο, σε αυτά τα έργα οι μαθητές συχνά απλά αντιστοιχούν ένα προς ένα τα κομμάτια, χωρίς να ‘βλέπουν’ ή να επικεντρώνονται στο σχέδιο που τα συνθέτει ή να δοκιμάζουν να εντοπίσουν την μονάδα επανάληψης που

είναι το σημαντικό ζητούμενο σε αυτές τις δράσεις. Χωρίς συστηματικό προβληματισμό στον τρόπο με τον οποίο τοποθέτησαν τα υλικά, χωρίς εντοπισμό του σχεδίου της κανονικότητας ή ακόμα τη μεταφορά του σε άλλο υλικό, τα παιδιά περιορίζονται σε μια απλή κατασκευή και όχι σε ένα υψηλότερο επίπεδο επεξεργασίας που υπονοεί η ενασχόληση με τις κανονικότητες.

### Ένα παράδειγμα με αριθμούς

Σε μια σειρά από αριθμητικές δραστηριότητες τα παιδιά απαγγέλλουν την αριθμητική ακολουθία καταμετρώντας ποσότητες που τους δίνονται με υλικά ή με εικόνες. Η ενασχόληση των μικρών παιδιών με τους αριθμούς είναι η πιο αναγνωρίσιμη ‘μαθηματική δράση’ στην ηλικία αυτή, αλλά η απλή χρήση αντικειμένων που μετρούν (κομμάτι ακόμα και της καθημερινής τους ζωής) δεν τους εισάγει στην έννοια του αριθμού και τις αριθμητικές σχέσεις. Ένα απλό έργο έδειξε στους Nicol, Kelleher και Saundry (2004) πώς το παιδιά που ήξεραν να μετρούν και να καταμετρούν αντικείμενα ή εικόνες είχαν σημαντικές δυσκολίες σε ένα έργο αλλαγής, πχ. «να αλλάξουν το 8 σε 4», γεγονός που καταδεικνύει την περιπλοκότητα της εννοιολόγησης του αριθμού.

Τα παραπάνω παραδείγματα αναδεικνύουν το γεγονός ότι η ενασχόληση των παιδιών με τη χρήση υλικών σε δράσεις, παιχνίδια ή κατασκευές που σχετίζονται με μαθηματικές ιδέες ή εμπλέκουν μαθηματικά στοιχεία (όπως αριθμούς ή σχήματα) δεν οδηγεί αυτονόητα και αυτόματα στην ανάπτυξη μαθηματικών εννοιών. Τα παιδιά περιορίζονται στη δράση ή το αποτέλεσμα, επικεντρώνονται στην κατάσταση ή το υλικό και δεν προσπαθούν να σκεφθούν παραπάνω ή να οδηγηθούν σε μια περαιτέρω εξήγηση ή κατανόηση.

Σε ερωτήσεις, για παράδειγμα, του τύπου «έχεις ξανακάνει κάτι παρόμοιο;» που έγιναν σε παιδιά, για ένα χωρικό μοτίβο αυτά απαντούν: “Ναι, είναι ένα κάστρο. Το έκανα πολλές φορές” ή “Είναι ένα τρένο, πρέπει να κάνω το ίδιο” δείχνοντας έτσι τη σύνδεσή τους με μια εμπειρία ή καθημερινή δράση και όχι με μια πιο γενικευμένη μαθηματική ιδέα. Αντίστοιχα σε μια δραστηριότητα όπου τα παιδιά συνδυάζουν 4 τετράγωνα σχήματα για να φτιάξουν όσους περισσότερους συνδυασμούς μπορούνε, εξηγούν μετά τη δράση «φτιάξαμε πολλά σπίτια» ή «φτιάξαμε σπίτια με πολλά δωμάτια», χωρίς να αναφέρουν μια πιο γενική ιδέα όπως πχ. «ενώσαμε διάφορα σχήματα προσπαθώντας να κάνουμε διαφορετικά σχέδια...» που αναδεικνύει μια πιο γενικευμένη προσέγγιση και αποτελεί απάντηση πολύ λίγων νηπίων.

Συνοψίζοντας, στα προγράμματα των Μαθηματικών για τις μικρές ηλικίες στα οποία τα έργα, τα υλικά, οι καταστάσεις και οι δράσεις δεν είναι αυτονόητα ‘Μαθηματικά’ όπως είναι μια εξίσωση ή αλγεβρική παράσταση, οι δάσκαλοι προτείνουν οικεία στα παιδιά υλικά και δράσεις και μένουν ευχαριστημένοι αν αυτά κατάφεραν να ολοκληρώσουν τη δράση αυτή. Ωστόσο αν επιδιώκουμε δράσεις και χρήσεις υλικών που οδηγούν σε πραγματική μαθηματική ανάπτυξη με την αρχή της δημιουργίας μιας μαθηματικής ιδέας, τότε πρέπει να μελετήσουμε πολύ προσεκτικά πάνω τη δράση των παιδιών και τη χρήση των υλικών που εμπλέκονται για να εντοπίσουμε το συνολικό μαθησιακό αποτέλεσμα.

### ΑΝΑΝΤΥΞΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΗ ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ

Όπως αναφέραμε ήδη στη βιβλιογραφία, σχετικά με την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία υπάρχει ένα σημαντικός αριθμός προτάσεων για δραστηριότητες και υλικό με σημαντική παιδαγωγική και εκπαιδευτική αξία. Τα παιδιά προσχολικής ηλικίας ενθαρρύνονται να συμμετέχουν σε έργα με υλικά, λογισμικά ή παιχνίδια με μαθηματικά αντικείμενα

ή περιεχόμενο (κυρίως βέβαια μαθαίνουν να μετρούν αντικείμενα ή να αναγνωρίζουν σχήματα) αλλά υπάρχουν προτάσεις και εκπαιδευτικά υλικά που μπορούν να τους δώσουν την ευκαιρία να αναπτύξουν σημαντικές μαθηματικές ιδέες (βλ. Sarama & Clements, 2009, Papic, Mulligan & Mitchelmore, 2013). Ωστόσο τα παιδιά συχνά παίζουν ένα παιχνίδι ή ολοκληρώνουν μια δράση χωρίς να εντοπίζουν κάτι ξεχωριστό ή να οδηγούνται σε μία πιο γενική ιδέα.

Παρά το μεγάλο αριθμό ερευνών που σχετίζονται με την μαθηματική εκπαίδευση στις μικρές ηλικίες, υπάρχει λιγότερη προσοχή στην εξέταση των μαθηματικών εννοιών που αναπτύσσονται από τα παιδιά ή, με αυτή την έννοια, στις ικανότητές τους να γενικεύουν από τις εμπειρίες τους ως αναπόσπαστο μέρος της μαθηματικής τους ανάπτυξης. Ο ίδιος ο Freudenthal (1983) υποστηρίζει ότι οι μαθητές χρειάζονται να χειριστούν και να μελετήσουν καταστάσεις και υλικό με καθημερινό περιεχόμενο, αλλά η μελέτη αυτή, αν και προκύπτει από πρακτικούς χειρισμούς, θα πρέπει να τους οδηγεί να *μετασχηματίζουν τα πραγματικά σε νοερά αντικείμενα* και να τα αντιληφθούν σε ένα ανώτερο επίπεδο.

Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε το παράδειγμα του 'κύβου', μιας δράσης στην οποία τα παιδιά έχουν ένα κύβο και έξι τετράγωνα που αντιστοιχούν στις έδρες του και δοκιμάζουν να φτιάξουν ένα κοστουμί για τον κ. Κύβο (Henzy & Jirotkova, 2006). Το έργο κινεί το ενδιαφέρον των παιδιών και είναι αξιόλογο γιατί τα μικρά παιδιά με αυτή τη δράση έρχονται σε επαφή με την ιδέα του αναπτύγματος του κύβου, δηλαδή προσεγγίζουν μια σημαντική μαθηματική ιδέα. Παράλληλα, κάνοντας διαφορετικές κατασκευές ('κοστουμιά') έχουν στα χέρια τους διαφορετικά αναπτύγματα που μπορούν να συγκρίνουν. Ωστόσο, ολοκληρώνοντας την δράση αυτή και χωρίς άλλες κατασκευές ή μεταγενέστερα έργα που να τους οδηγούν σε μια πιο γενική ιδέα που δίνει ένα νόημα σε ότι έκαναν, η ενδιαφέρουσα αυτή δραστηριότητα με το τρισδιάστατο υλικό παραμένει χωρίς σημαντικά οφέλη και εξέλιξη σε ένα επόμενο στάδιο ανάπτυξης.

Ο Vergnaud (1996) είχε ονομάσει *ενοσιολογικό πεδίο μιας έννοιας* το σύνολο των καταστάσεων και των προβλημάτων μέσα στα οποία η έννοια παίρνει το νόημά της. Στο ενοσιολογικό πεδίο μιας έννοιας χρειάζεται να εντάσσεται και το αντίστοιχο εκπαιδευτικό υλικό με τις απαιτήσεις που αναπτύχθηκαν σε παλαιότερες παρουσιάσεις (Τζεκάκη, 2016). Η δημιουργία του συνόλου αυτών των καταστάσεων και του απαραίτητου για αυτό υλικού χρειάζεται ένα συστηματικό σχεδιασμό.

Συνοψίζοντας, ο αναστοχασμός και η γενίκευση αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της μαθηματικής δραστηριότητας ήδη από την προσχολική ηλικία, καθώς τα Μαθηματικά είναι το προϊόν της *σκέψης πάνω στις δράσεις* (και όχι της απλής δράσης) και κατά συνέπεια οι εκπαιδευτικές προτάσεις που στοχεύουν στην ανάπτυξη μαθηματικών εννοιών θα πρέπει να δώσουν στους μαθητές ευκαιρίες για γενικεύσεις (Mason et al., 2007). Σύμφωνα με σχετικά ερευνητικά ευρήματα τα μικρά παιδιά έχουν τη δυναμική να σκεφτούν πάνω στη δράση τους και να κινηθούν από ένα τοπικό σε ένα πιο γενικό επίπεδο, ακόμα και να εκφράσουν πιο γενικευμένες δηλώσεις (Papadopoulou & Tzekaki, 2017). Ωστόσο η ανάπτυξη αυτή απαιτεί ένα πρόγραμμα μεγάλης διάρκειας και κατάλληλη διαχείριση από το διδάσκοντα.

## ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΛΙΚΟΥ ΠΟΥ ΕΝΘΑΡΡΥΝΟΥΝ ΤΗΝ ΓΕΝΙΚΕΥΣΗ

Αναφέραμε ήδη την ανάγκη ενθάρρυνσης μιας διδακτικής προσέγγισης όπου τα παιδιά ασχολούνται με υλικό ή καταστάσεις που σχετίζονται με την σκέψη και τις ανάγκες τους ή τα ενδιαφέροντα τους αλλά η ενασχόληση αυτή τους οδηγεί σε πιο γενικευμένες ιδέες, καθώς η μαθηματική ανάπτυξη δεν μπορεί να περιοριστεί στην δραστηριότητες και τις δράσεις, αλλά απαιτεί σκέψη πάνω στη δράση. Ο Duval (2000) αναφέρει ότι «... η εκμάθηση των Μαθηματικών δεν είναι μόνο η απόκτηση μιας πρακτικής με μια συγκεκριμένη έννοια / αντικείμενο ή η εφαρμογή αλγορίθμων, είναι επίσης η ανάπτυξη διαδικασιών σκέψης που επιτρέπουν σε έναν μαθητή να κατανοήσει τις έννοιες και τις εφαρμογές τους...» (σ. 56). Είναι λοιπόν στην ευθύνη του εκπαιδευτικού να αναπτύξει μια κοινότητα που συζητά, εξηγεί και τεκμηριώνει όπως και αναστοχάζεται πάνω στη δράση της, και καταλήγει σε πιο γενικευμένες ιδέες. Δηλαδή με άλλα λόγια, στη διάρκεια αλλά και στο κλείσιμο κάθε δραστηριότητας με τη χρήση κάποιου υλικού (ή μιας ποικιλίας υλικών) ο εκπαιδευτικός καλείται να ενθαρρύνει τα παιδιά να σκεφτούν συστηματικά πάνω στις πράξεις τους, να συγκρίνουν τα υλικά, να βρουν τα κοινά στοιχεία της χρήσης τους και να συζητήσουν τους τρόπους δράσης ή τις μεθόδους, εξηγώντας τις αποφάσεις τους και καταλήγοντας σε κάποιο είδος συμπέρασμα (Dougherty et al., 2015).

Αυτές οι συζητήσεις μπορούν βαθμιαία να αρχίσουν από ένα *πρώτο επίπεδο γενίκευσης* (1) ξεκινώντας από συμπεράσματα των παιδιών πάνω στο ειδικό έργο ή τη χρήση υλικού (π.χ. τρόπους δράσης ή χρήσης) που σχετίζονται με αναγνώριση χαρακτηριστικών και σχέσεων που αφορούν το ειδικό περιεχόμενο ή υλικό (π.χ. αυτό το τρίγωνο έχει 3 πλευρές). Έτσι οι ερωτήσεις του εκπαιδευτικού όπως π.χ. «*πώς βρήκες ότι αυτό το σχήμα είναι ορθογώνιο...*», «*τι παρατηρείς σε αυτό το μοτίβο, ποιο είναι το σχέδιό του...*», «*τι σκέφτηκες για να βάλεις αυτά τα σχήματα σε αυτό το περίγραμμα...*», «*πώς συγκρίνεις αυτές τις δύο διαδρομές στο παιχνίδι...*», κ.ά., ενθαρρύνουν τα παιδιά να σκεφτούν πάνω στις δράσεις τους και να συζητήσουν τους τρόπους που χρησιμοποίησαν το υλικό (Παπαδοπούλου, 2017).

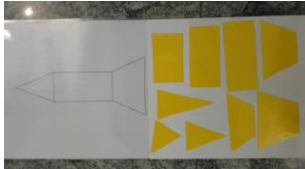
Σε ένα *επόμενο επίπεδο* (2) ο εκπαιδευτικός ενθαρρύνει εκφράσεις δηλώσεων για μαθηματικές ιδέες που επίσης αφορούν χαρακτηριστικά και σχέσεις αλλά επίσης και κανόνες με ευρύτερη εφαρμογή όπως για παράδειγμα, «*πώς αναγνωρίζουμε ότι ένα σχήμα είναι τετράγωνο;*», «*τι παρατηρείς για να βρεις το σχέδιο σε μία κατασκευή/μοτίβο;*», «*πώς εξετάζουμε αν δύο αποστάσεις ζιγκ-ζαγκ (τεθλασμένες) που αρχίζουν και τελειώνουν μαζί είναι ίσες;*», «*τι έκανες με αυτό το υλικό και τι με το προηγούμενο.., ποια κοινά πράγματα σκέφθηκες..*»

Τέλος, σε ένα *υψηλότερο επίπεδο* (3) ο εκπαιδευτικός ενθαρρύνει διατυπώσεις κανόνων και προτάσεων που αφορούν σχετικές μαθηματικές έννοιες, που τελικά τα μικρά παιδιά καταφέρνουν να παρουσιάσουν μετά από συστηματική ενασχόληση με δραστηριότητες γενίκευσης. Καταφέρνουν π.χ. (Παπαδοπούλου, 2017) να πουν για το ορθογώνιο «*...έχει όρθιες γωνίες και οι 2 πλευρές που είναι μικρές και οι άλλες 2 μεγάλες, αυτές ίδιες και αυτές ίδιες*», παρουσιάζοντας μια πρόταση με ιδιότητες, με το δικό τους βέβαια απλό λόγο. Όμοια καταλήγουν σε προτάσεις όπως «*βλέπουμε όλο το σχέδιο, πού αρχίζει πού*

τελειώνει και τι κομμάτια έχει...». Η για τη μέτρηση «ξεκινάμε από την αρχή, όχι από αλλού...» και «... και δεν τα βάζουμε όπως να ' ναι, αλλά σε μία σειρά το ένα ζυλάκι μετά το άλλο...»

Τα παρακάτω παραδείγματα από την οκτάμηνη έρευνα με σχετική διδακτική παρέμβαση (παραδείγματα και διάλογοι, Παπαδοπούλου, 2017), αναδεικνύουν τη σχετική εικόνα για την αξιοποίηση της γενίκευσης στην ανάπτυξη μαθηματικών ιδεών.

*Συνδυάζοντας σχήματα:* Τα παιδιά χρησιμοποιούν μια ποικιλία σχημάτων και τα συνδυάζουν για να δημιουργήσουν διάφορους σχηματισμούς που δίνονται από το περιγράμματά τους. Αναφέραμε ήδη στο αντίστοιχο προηγούμενο παράδειγμα ότι το έργο αυτό είναι σημαντικό γιατί βάζει τα παιδιά τα συγκρίνουν ιδιότητες και τους οδηγεί επίσης σε στροφές και άλλους μετασχηματισμούς. Τα παιδιά του παραδείγματος έχουν δουλέψει με



τα σχήματα και κατέληξαν σε μια γενικευμένα στοιχεία όπως ότι «...μετράμε γωνίες και πλευρές για να βρούμε το κάθε σχήμα» (στην ιδέα του ορισμού του τριγώνου). Έτσι και στη δραστηριότητα αυτή αξιοποιούν ιδιότητες και σχέσεις που είχαν εντοπίσει από προηγούμενες δράσεις τους στα σχήματα. Τα συμπεράσματα που καταλήγουν να πα-

ρουσιάζουν αναδεικνύουν αρχικά στοιχεία της συγκεκριμένης δράσης τους όπως «...τα βάζω μαζί εδώ που ταιριάζουν (δείχνοντας τις πλευρές)...» και μετά αναδεικνύουν πιο γενικευμένα στοιχεία (εδώ στην ιδέα της στροφής) «.. όπως και να τα γυρίσω το σχήμα δεν αλλάζει καθόλου, είναι πάντα το ίδιο σχήμα». Έτσι με τη συζήτηση και τα πιο γενικευμένα συμπεράσματα καταλήγουν να προσεγγίσουν σημαντικές ιδέες για το γεωμετρικά σχήματα στο επίπεδο σκέψης που αντιτοίχει.

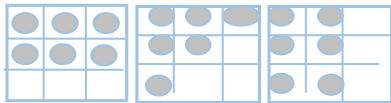
*Μοτίβα:* Οι μαθητές προσπαθούν να βρουν ένα στοιχείο που λείπει σε μια κανονικότητα της μορφής ΑΑΒΓ. Σε αντίθεση με την προηγούμενη δραστηριότητα που παρουσιάσαμε όπου τα παιδιά ακολουθούν τη στρατηγική της αντιστοίχισης ένα προς ένα κι



έχοντας ήδη δουλέψει με πολλές κανονικότητες και μια ποικιλία υλικών, στο παράδειγμα αυτό επικεντρώνονται στο σχέδιο. Ένα παιδί λέει «... κύκλος, κύκλος, τρίγωνο, τετράγωνο και ξαναρχίζει...».

Κι ένα άλλο εξηγεί «... το βρήκα τι λείπει γιατί είναι κύκλος, κύκλος, τρίγωνο, τετράγωνο (για την 1η επανάληψη, όπου εδώ ουσιαστικά διατυπώνει τον κανόνα) και εδώ (για το 1ο στοιχείο της 2ης επανάληψης) έπρεπε να βάλω τον κύκλο που λείπει ...». Αργότερα τα ίδια παιδιά θα γενικεύσουν περισσότερο την ιδέα της κανονικότητας «... προσέχουμε με ποια σειρά είναι το ένα (εννοώντας το σχέδιο) και βάζουμε με την ίδια σειρά το άλλο (μεταφέροντας τον κανόνα)...».

*Αριθμητικές δραστηριότητες.* Τα παιδιά έχουν κουμπιά και βάσεις των 9 θέσεων. Ο



εκπαιδευτικός λέει τον αριθμό 6 και τα παιδιά πρέπει ατομικά να δημιουργήσουν πιθανούς σχηματισμούς. Στο τέλος της δραστηριότητας η τάξη συζητάει τους σχηματισμούς που

δημιούργησε και αποφασίζει αν υπάρχουν άλλοι. Σε σχετική εφαρμογή, τα παιδιά έδωσαν

μια σημαντική ποικιλία σχηματισμών, μετακινούσαν τα κουμπιά κι έφτιαχναν κι άλλους, εξηγώντας τις στρατηγικές τους. «Κάνουμε ομάδες, κρατάμε τη μία και βάζουμε και την άλλη...». Κι ένα άλλο εξηγεί τους συνδυασμούς «να, ...  $3+2+1$ ,  $2+2+2$ , ... το  $3+3$ , ποιος δεν το ξέρει...;».

Η διαδικασία κατά την οποία τα παιδιά γενικεύουν και επισημοποιούν τα συμπεράσματά τους είναι αρκετά πολύπλοκη και απαιτεί σημαντική εξάσκηση ώστε οι μαθητές να μπορούν να συνδυάζουν τις πράξεις και τις σκέψεις τους και να τις αντιλαμβάνονται σε ένα ανώτερο επίπεδο. Τα παιδιά μπορεί να ασκηθούν αρκεί να δημιουργείται ένα κίνητρο για αυτό.

## ΚΛΕΙΝΟΝΤΑΣ

Ένας αριθμός από μελέτες σχετικά με την προσχολική μαθηματική εκπαίδευση (Papadopoulou & Tzekaki, 2017; Papic, Mulligan & Mitchelmore, 2013; Levenson & Tirosch, 2011) υποδεικνύουν ότι συστηματικά και μεγάλης διάρκειας προγράμματα που ενθαρρύνουν τα μικρά παιδιά να βγάζουν συμπεράσματα πάνω στις δράσεις τους στη συνέχεια να καταλήγουν σε κάποια πιο γενικά στοιχεία από ένα σύνολο καταστάσεων και υλικών ενισχύει τη δυναμική τους για γενίκευση. Πολύ σημαντικός είναι ο ρόλος του εκπαιδευτικού που ενθαρρύνει τα παιδιά να επικεντρωθούν στα σχεσιακά και δομικά στοιχεία των αντικειμένων, του υλικού ή των καταστάσεων και να τα αντιληφθούν σε ένα ευρύτερο και πιο γενικευμένο επίπεδο. Συχνά, μια σημειωτική δραστηριότητα κατά την οποία τα παιδιά αποτυπώνουν, παρουσιάζουν και στη συνέχεια αξιοποιούν τα “συμπεράσματα” τους αλλά επίσης να τα διορθώνουν ή να τα διευρύνουν μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερα αποτελεσματική. Οι ζωγραφιές των παιδιών που ακολουθούν παρουσιάζουν τα συμπεράσματα τους αναφορικά με τα σχήματα, μετρήσεις και τους αριθμούς.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics*. Netherlands: Kluwer.
- Duval, R. (2000). Basic Issues for Research in Mathematics Education. In T. Nakahara et al. (Eds.), *Proceedings of the 24th Conference of PME, Vol. 1* (pp. 55-69). Hiroshima University.
- Ernest, P. (2006). A semiotic perspective of mathematical activity: The case of number. *ESM*, 61, 67-101.
- Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structures*. Dordrecht: Kluwer.
- Hejny, M., & Jirotkova, D. (2006). 3D Geometry – Solids. In IIATM Group (Eds.). *Creative Teaching in Mathematics* (pp. 99 – 158). Charles University, Prague.
- Mason, J., Drury, H. & Liz Bills, L. (2007). Studies in the Zone of Proximal Awareness. In J. Watson & K. Beswick (Eds.), *Proceedings of the 30th annual conference of MERGA* (pp.42-60). MERGA
- Levenson, E., Tirosh, D. & Tsamir, P. (2013). *Preschool Geometry. Research and Practical Perspectives*. Sense.
- Nicol, C., Kelleher, H., & Saundry, C. (2004).). What a Simple Task Can Show: Teachers Explore the Complexity of Children's Thinking. In M. J. Hoines & A.B. Fuglestad (eds), *Proceedings of 28th Conference of PME, Vol 3* (pp 145–152). Bergen University College.
- Noss, R., Healy, L, & Hoyles, C. (1997). The construction of mathematical meanings: Connecting the visual with the symbolic. *ESM*, 33, 203-233.
- Nunes, T., & Bryant, P. (1996). *Learning and teaching mathematics: An international perspective* (pp. 29- 44). UK: Psychology Press.
- Papic, M., Mulligan, J., & Mitchelmore, M. (2013). Assessing the development of preschoolers' mathematical patterning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 42, 237-269.
- Radford, L. (2006). Elements of a cultural theory of objectification. *Special Issue on Semiotics, Culture and Mathematical Thinking*, 103-129.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: The learning trajectories for young children*. Routledge.
- Steinbring, H. (2005). *The construction of new mathematical knowledge in classroom interaction: An epistemological perspective*. Springer.
- Παπαδοπούλου, Ε.. (2017). *Διδακτική παρέμβαση για τη μαθηματική γενίκευση*. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Tzekaki, M., & Papadopoulou, E. (2017). Teaching intervention for developing generalization in early childhood: the case of measurement. *Proceedings of the 10th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. University of Dublin.
- Τζεκάκη, Μ. (2016). Εκπαιδευτικό υλικό ως στοιχείο της μαθηματικής δραστηριότητας. Στο Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (επιμ.), *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου*



- με Διεθνή Συμμετοχή «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;» (σσ. 380-390). Πανεπιστήμιο Ρόδου.
- Τζεκάκη, Μ. (2015). Μαθηματική δραστηριότητα μέσα στο παιχνίδι και το εκπαιδευτικό υλικό (κεντρική ομιλία). Στο Χ. Σκουμπορδή & Μ. Σκουμιός (επιμ.), *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και Φυσικές Επιστήμες»* (σσ. 60-71). Πανεπιστήμιο Ρόδου.
- Tzekaki, M. (2014). Mathematics Activity in Early Childhood. Is it so simple? In Liljedahl, P., Nicol, C., Oesterle, S., & Allan, D. (eds.), *Proceedings of the 38th Conference of PME and the 36th Conference of PME-NA. Vol. 5* (pp. 289- 296). Vancouver, Canada: PME
- 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. 183-203). Springer.
- Vergnaud, G. (1996). The nature of mathematical concepts. In Nunes, T. & Bryant, P. (Eds.). *Learning and Teaching Mathematics, an International Perspective* (p. 5-28). UK: Psychology Press.

# Το Αναλυτικό Πρόγραμμα ως Εκπαιδευτικό Υλικό: το Παράδειγμα του Πολλαπλασιαστικού Εννοιολογικού Πεδίου

Ξένια Βαμβακούση<sup>1</sup> και Μαρία Καλδρυμίδου<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Π.Τ.Ν, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, [xvamvak@cc.uoi.gr](mailto:xvamvak@cc.uoi.gr)

<sup>2</sup> Π.Τ.Ν, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, [mkaldrim@uoi.gr](mailto:mkaldrim@uoi.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία αυτή αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια κριτικής και συνδυαστικής εξέτασης ενός αναλυτικού προγράμματος ως προς τη πραγμάτευση ενός σύνθετου δικτύου μαθηματικών ιδεών και, συγκεκριμένα, του πολλαπλασιαστικού εννοιολογικού πεδίου στο πιλοτικό Αναλυτικό Πρόγραμμα του 2011, για το Νηπιαγωγείο, την Α' και τη Β' Δημοτικού. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται α) πού και με ποιο τρόπο εμφανίζονται ρητές αναφορές σε συστατικά στοιχεία του Πολλαπλασιαστικού Εννοιολογικού Πεδίου και β) πού υπάρχουν δυνατότητες αξιοποίησης του υπάρχοντος περιεχομένου του αναλυτικού για την ανάπτυξη της πολλαπλασιαστικής σκέψης. Τέλος, επισημαίνονται σημεία που χρήζουν προσοχής: Σημεία στα οποία εμφανίζονται ασυνέπειες, ή σημεία στα οποία απαιτείται περισσότερη επεξεργασία, προκειμένου να μπορούν να αξιοποιηθούν στη διδακτική πράξη.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** πολλαπλασιαστικό εννοιολογικό πεδίο, αναλυτικό πρόγραμμα

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος «αναλυτικό πρόγραμμα» (εφεξής, ΑΠ) έχει πολλαπλές ερμηνείες (Clements, 2007). Στην εργασία αυτή αναφερόμαστε στο διαθέσιμο αναλυτικό πρόγραμμα, ένα έγγραφο που περιγράφει τη διάρθρωση του περιεχομένου και τους μαθησιακούς στόχους, με συνοδευτικό υλικό υπό τη μορφή προτεινόμενων δραστηριοτήτων, τα οποία μαζί υποστηρίζουν τους εκπαιδευτικούς στην οργάνωση της διδασκαλίας των μαθηματικών (ibid.). Αν και η εκπαιδευτική διαδικασία είναι ένα πολυσύνθετο φαινόμενο που δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί πλήρως από το ΑΠ, παραμένει γεγονός ότι επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από αυτό, είτε μέσω της παραγωγής εκπαιδευτικού υλικού προσαρμοσμένου στο ΑΠ (π.χ. σχολικά εγχειρίδια), είτε από την απευθείας διάδραση των εκπαιδευτικών με το πρόγραμμα, ώστε οι ίδιοι να παράξουν εκπαιδευτικό υλικό για την τάξη τους. Ως εκ τούτου, το ΑΠ αποτελεί βασικό εκπαιδευτικό υλικό.

Το διαθέσιμο ΑΠ είναι ένα κείμενο. Ως τέτοιο έχει μια γραμμική δομή που καθιστά δύσκολη τη πραγμάτευση σύνθετων δικτύων μαθηματικών ιδεών που διαχέονται σε

διαφορετικές θεματικές ενότητες περιεχομένου. Ένα τέτοιο παράδειγμα, στο οποίο επικεντρωνόμαστε στην εργασία αυτή, είναι το πολλαπλασιαστικό εννοιολογικό πεδίο. Επιχειρούμε να εντοπίσουμε πώς αυτό το εννοιολογικό πεδίο αναπτύσσεται και διαρθρώνεται για την πρωτοσχολική ηλικία (από το Νηπιαγωγείο ως τη Β΄ Δημοτικού) στο πιλοτικό Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011), εφεξής ΑΠ (2011). Στόχος μας είναι να αναδειχθούν οι δυνατότητες που, ρητά ή άρρητα, παρέχει το ΑΠ αυτό, καθώς και ορισμένα σημεία που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής προκειμένου να υποστηριχτεί η αποτελεσματική αξιοποίησή του από τους εκπαιδευτικούς για την ανάπτυξη της πολλαπλασιαστικής σκέψης. Σημειώνουμε ότι το ΑΠ (2011) είναι το πιο πρόσφατο ελληνικό ΑΠ και είναι συμβατό ως προς τις αρχές οργάνωσης και το περιεχόμενο με σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα διεθνώς. Επιπλέον, το ΑΠ αυτό «απευθύνεται άμεσα στον εκπαιδευτικό, θεωρώντας τον ως επιστήμονα που σχεδιάζει τη διδασκαλία του, κάνει επιλογές τεκμηριωμένες και έχει μια συνολική εικόνα της μαθησιακής πορείας των μαθητών του» (ΑΠ 2011, σελ. 1). Παρά το γεγονός ότι το ΑΠ (2011) δεν έχει ενταχθεί πλήρως στη σχολική πραγματικότητα, η ανάδειξη των δυνατοτήτων του και των περιορισμών του είναι χρήσιμη, τόσο για τους εκπαιδευτικούς που το συμβουλευούνται, όσο και για ενδεχόμενο σχεδιασμό μελλοντικού αναλυτικού.

## **ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟ ΠΕΔΙΟ**

Ο Vergnaud (1983) όρισε το εννοιολογικό πεδίο ως ένα σύνολο εννοιών και ένα σύνολο καταστάσεων στενά συνδεδεμένων μεταξύ τους, υπό την έννοια ότι μια έννοια νοηματοδοτείται στο πλαίσιο πολλών διαφορετικών καταστάσεων και, ταυτόχρονα, παραπάνω από μία έννοιες απαιτούνται για την ανάλυση μιας κατάστασης. Δύο παραδειγματικά εννοιολογικά πεδία έχουν μελετηθεί στη βιβλιογραφία, το προσθετικό και το πολλαπλασιαστικό πεδίο (εφεξής, ΠΕΠ).

Το προσθετικό πεδίο περιλαμβάνει έννοιες και καταστάσεις που σχετίζονται με την πρόσθεση και, μαζί, τις σχέσεις, τις ενέργειες και τις διαδικασίες που σχετίζονται με αυτές. Για παράδειγμα, οι φυσικοί αριθμοί, τα προβλήματα προσθετικής δομής, οι προσθετικές σχέσεις, η προσθετική ανάλυση/σύνθεση ποσοτήτων και αριθμών, η πρόσθεση/αφαίρεση εντάσσονται στο προσθετικό εννοιολογικό πεδίο. Θεμελιώδες στοιχείο του προσθετικού πεδίου είναι η καταμέτρηση (για την ποσοτικοποίηση του πλήθους).

Το ΠΕΠ περιλαμβάνει έννοιες και καταστάσεις που συνδέονται με τον πολλαπλασιασμό. Για παράδειγμα, οι ρητοί αριθμοί, τα προβλήματα πολλαπλασιαστικής δομής, οι πολλαπλασιαστικές σχέσεις, η πολλαπλασιαστική σύνθεση/ανάλυση ποσοτήτων και αριθμών, ο πολλαπλασιασμός/διαίρεση, εντάσσονται στο πολλαπλασιαστικό εννοιολογικό πεδίο. Η καταγραφή αυτή δεν είναι, φυσικά, εξαντλητική. Μεταξύ άλλων, ουσιώδη συστατικά του ΠΕΠ, σύμφωνα με το Vergnaud (1983) είναι ο λόγος, η αναλογία, η γραμμική απεικόνιση, οι γραμμικές συναρτήσεις μιας ή περισσότερων μεταβλητών και η διαστατική ανάλυση (π.χ., η κατασκευή  $n$ -διάστατων χώρων και των αντίστοιχων μεγεθών τους από χώρους μικρότερης διάστασης, όπως το επίπεδο από τις γραμμές και, αντίστοιχα, το εμβαδόν ως γινόμενο μηκών). Το ΠΕΠ,

δηλαδή, εκτείνεται από τα στοιχειώδη έως και τα ανώτερα μαθηματικά και διαχέεται σε διαφορετικές θεματικές περιοχές (άλγεβρα, ανάλυση, γεωμετρία κλπ). Επιπλέον, το ΠΕΠ συνδέεται στενά με τη μέτρηση. Πράγματι, η μέτρηση συνεχών μεγεθών αποτελεί προνομιακό πεδίο προετοιμασίας για το πέρασμα από τους φυσικούς στους μη φυσικούς αριθμούς, καθώς συνήθως η επιλεγμένη μονάδα μέτρησης δεν εξασφαλίζει αποδεκτή ακρίβεια στο αποτέλεσμα. Επιπλέον, η μονάδα μέτρησης με την υπό μέτρηση ποσότητα βρίσκονται σε πολλαπλασιαστική σχέση ( $P=k \cdot M$ ).

Η διδακτική διαχείριση του ΠΕΠ συνεχίζει να αποτελεί μια πρόκληση, όχι μόνο στο πλαίσιο της τάξης, αλλά και όσον αφορά τη μακροπρόθεσμη οργάνωση και διάρθρωση του σχετικού περιεχομένου (Lamon, 2008). Σε μια παραδοσιακή οργάνωση αναλυτικού προγράμματος, το προσθετικό πεδίο προηγείται του πολλαπλασιαστικού. Πιο συγκεκριμένα, στην πρωτοσχολική εκπαίδευση δίνεται έμφαση στην ποσοτικοποίηση του πλήθους, με εργαλείο τους φυσικούς αριθμούς και κεντρική διαδικασία την καταμέτρηση με απλή μονάδα. Οι πολλαπλασιαστικές σχέσεις εισάγονται μετά τις προσθετικές, καθώς θεωρούνται πιο απαιτητικές. Τέλος, οι μη φυσικοί αριθμοί (συγκεκριμένα, οι θετικοί ρητοί) εισάγονται πολύ αργότερα από τους φυσικούς (τυπικά, στην Γ' Δημοτικού, ή και αργότερα). Ας σημειωθεί, επιπλέον, ότι το προσθετικό πεδίο χρησιμοποιείται ως βάση για την κατασκευή ιδεών του πολλαπλασιαστικού πεδίου. Για παράδειγμα, ο πολλαπλασιασμός εισάγεται ως επαναλαμβανόμενη πρόσθεση. Τα κλάσματα τυπικά εισάγονται μέσω της ιδέα του μέρους-όλου που δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν η καταμέτρηση με απλή μονάδα και οι προσθετικές σχέσεις (Moss, 2005). Η μέτρηση συνεχών μεγεθών συνήθως ανάγεται στην καταμέτρηση με απλή μονάδα, καθώς, ρητά ή άρητα, το αριθμητικό αποτέλεσμα αναμένεται να βρίσκεται στο εύρος των αριθμών που γνωρίζουν τα παιδιά και η διαδικασία συνήθως είναι η επικάλυψη του μεγέθους με πολλές μονάδες και όχι η επανάληψη της μονάδας (Clements & Sarama, 2009).

Το ΠΕΠ είναι απαιτητικό πεδίο μάθησης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα λαθών και παρανοήσεων των παιδιών που έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία περιλαμβάνουν τα εξής α) Μαθητές διαφόρων ηλικιών αλλά και ενήλικες θεωρούν ότι ο «πολλαπλασιασμός μεγαλώνει πάντα τους αριθμούς» (Fischbein et al., 1985), β) Παιδιά Δημοτικού θεωρούν ότι το  $3/4$  και το  $2/3$  «είναι ίσα επειδή και τα δύο χρειάζονται ένα κομμάτι για να γίνουν ολόκληρα» (Moss, 2005), γ) Μαθητές Γυμνασίου απαντούν ότι αν τα 6κ. φράουλες χρειάζονται 3κ. ζάχαρη για να γίνουν μαρμελάδα, τότε τα 18κ. φράουλες χρειάζονται 15κ. (VanDooren et al., 2009), δ) Μικρά παιδιά, αφού εκτεθούν στην καταμέτρηση, θεωρούν ότι μια μοιρασιά είναι δίκαιη αν τα μερίδια είναι ισοπληθή, ανεξάρτητα από το μέγεθος των στοιχείων τους (Sophian, 2004) και ε) Σε καταστάσεις μέτρησης, για παράδειγμα μήκους, όπου έχουν χρησιμοποιηθεί δύο διαφορετικών μεγεθών ξυλάκια (π.χ. 3 μικρά και 3 μεγάλα), το 6 θεωρείται δεκτό ως αποτέλεσμα της μέτρησης (Clements & Sarama, 2009).

Τέτοιου είδους δυσκολίες μπορούν, σε μεγάλο βαθμό, να αποδοθούν στην εκπαίδευση και, πιο συγκεκριμένα, στον τρόπο με τον οποίο οργανώνεται η διδασκαλία με βάση την «παραδοσιακή» διάρθρωση του αναλυτικού προγράμματος. Τα παραπάνω παραδείγματα αυτά υποδεικνύουν ότι η ασυμμετρία στα πρωτοσχολικά χρόνια υπέρ του

προσθετικού πεδίου έχει συνέπειες για τον τρόπο που τα παιδιά κατασκευάζουν ιδέες σχετικές με το ΠΕΠ (Vamvakoussi, Christou, & Vosniadou, 2018). Τα δύο τελευταία παραδείγματα δείχνουν επίσης ότι υπάρχουν περιορισμοί στον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζεται η καταμέτρηση στην πρωτοσχολική εκπαίδευση. Όπως επισημαίνει η Sophian (2004), η καταμέτρηση συνδέεται σχεδόν αποκλειστικά με καταστάσεις στις οποίες ζητείται το πλήθος των φυσικών αντικειμένων μιας συλλογής. Το γεγονός οδηγεί τα παιδιά να επικεντρώνονται στο πλήθος των φυσικών αντικειμένων σε καταστάσεις όπου αυτό δεν ενδείκνυται, παραμελώντας ουσιώδη στοιχεία, όπως ποιο είναι το υπό μέτρηση μέγεθος και ποια είναι η μονάδα μέτρησης. Η Sophian επισημαίνει την σημασία της έκθεσης των παιδιών σε μονάδες διαφορετικού τύπου (π.χ., σύνθετες μονάδες όπως 1 ζευγάρι παπούτσια).

Η τελευταία επισήμανση φέρνει στο προσκήνιο το σημαντικό ρόλο της μονάδας για το ΠΕΠ. Καταρχήν, αξ σημειωθεί ότι σε οποιαδήποτε κατάσταση καταμέτρησης (είτε με απλή μονάδα-- π.χ. 1 παπούτσι-- είτε με σύνθετη μονάδα--π.χ. 1 ζευγάρι--) ή μέτρησης, η υπό (κατα)μέτρηση ποσότητα και η μονάδα βρίσκονται σε πολλαπλασιαστική σχέση. Επιπλέον, διαφορετικού τύπου μονάδες ενυπάρχουν σε μια πληθώρα πολλαπλασιαστικών καταστάσεων πέραν της συνήθους μέτρησης. Ας πάρουμε ως παράδειγμα μια συνθήκη στην οποία 20 αντικείμενα μοιράζονται δίκαια σε 5 άτομα και το κάθε άτομο παίρνει από 4 αντικείμενα (βλ. Confrey, 2008, για μια παρόμοια ανάλυση). Ανάλογα με το ζητούμενο, από τη συνθήκη αυτή μπορεί να προκύψουν 3 προβλήματα πολλαπλασιαστικής δομής. Αν το ζητούμενο είναι το μερίδιο, τότε απαιτείται **ισομερισμός** της διακριτής ποσότητας και το 1 μερίδιο αντιστοιχεί σε μια σύνθετη μονάδα (τα πολλά θεωρούνται ως ένα). Αν το ζητούμενο είναι το πλήθος των ατόμων, τότε απαιτείται **ομαδοποίηση** της ποσότητας σε 4-άδες (στην ουσία, **μέτρηση** της ποσότητας με σύνθετη μονάδα). Τέλος, αν το ζητούμενο είναι το σύνολο των αντικειμένων, τότε απαιτείται **επανάληψη** μιας ποσότητας (στην ουσία, επανάληψη της σύνθετης μονάδας).

Αξίζει να επισημανθεί ότι η παραπάνω ανάλυση δεν περιορίζεται στις διακριτές ποσότητες, αλλά συνεχίζει να ισχύει και στην περίπτωση των συνεχών. Ας πάρουμε σαν παράδειγμα μια συνθήκη στην οποία μια σοκολάτα μοιράζεται δίκαια σε 4 άτομα και καθένα παίρνει το κομμάτι που αντιστοιχεί στο 1/4 της σοκολάτας. Αν το ζητούμενο είναι το μερίδιο, τότε απαιτείται **ισομερισμός** της ποσότητας και το 1 μερίδιο αντιστοιχεί σε μια κλασματική μονάδα. Αν το ζητούμενο είναι το πλήθος των ατόμων, τότε απαιτείται **μέτρηση** της ποσότητας με την κλασματική μονάδα. Τέλος, αν το ζητούμενο είναι η συνολική ποσότητα, τότε απαιτείται **επανάληψη** της κλασματικής μονάδας. Οι συγκεκριμένες ενέργειες, δηλαδή, ο ισομερισμός, η μέτρηση με μονάδες διαφορετικού τύπου και η επανάληψη της ποσότητας, αποτελούν θεμελιώδη συστατικά του ΠΕΠ, και βάσεις της πολλαπλασιαστικής σκέψης (Hackenberg, 2010).

Η έρευνα στην περιοχή του ΠΕΠ, τόσο στο χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης, όσο και στο χώρο της ανάπτυξης της μαθηματικής σκέψης των μικρών παιδιών, ανέδειξε σημαντικές πτυχές της πολλαπλασιαστικής σκέψης που είναι δυνατόν να υποστηριχθούν ήδη στην πρωτοσχολική εκπαίδευση (Clements & Sarama, 2009). Αυτό απαιτεί αναδιάρθρωση των αναλυτικών προγραμμάτων. Επιδράσεις αυτής της οπτικής

αντανακλώνται στα αναλυτικά προγράμματος διεθνώς και είναι εμφανείς και στο ΑΠ (2011) για τις τάξεις που αντιστοιχούν στον Α΄ ηλικιακό κύκλο (Νηπιαγωγείο, Α΄, Β΄), τις οποίες μελετούμε. Εξετάζουμε α) πού και με ποιο τρόπο εμφανίζονται ρητές αναφορές σε συστατικά στοιχεία του ΠΕΠ και β) πού υπάρχουν δυνατότητες αξιοποίησης του υπάρχοντος περιεχομένου του αναλυτικού για την ανάπτυξη της πολλαπλασιαστικής σκέψης. Τέλος, επισημαίνουμε σημεία που χρήζουν βαθύτερης επεξεργασίας, προκειμένου να μπορούν να αξιοποιηθούν στη διδακτική πράξη.

## **ΡΗΤΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ ΣΤΟ ΠΕΠ**

Τα κεντρικά στοιχεία του ΠΕΠ αναφέρονται ρητά στο περιεχόμενο και τους μαθησιακούς στόχους της θεματικής ενότητας Αριθμοί, Πράξεις & Άλγεβρα (Ν΄) ή Αριθμοί (για την Α΄ και Β΄), η οποία διαχωρίζεται στις υποθεματικές Φυσικοί Αριθμοί (Α΄, Β΄:50 ώρες) και Κλασματικοί Αριθμοί (Α΄: 10 ώρες, Β΄:5 ώρες). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά το περιεχόμενο, οι στόχοι και η οργάνωσή τους ανά τάξη. Οι τίτλοι του περιεχομένου (1<sup>η</sup> στήλη) αντιστοιχούν στους τίτλους του ΑΠ (2011). Οι κωδικοί των στόχων που παρουσιάζονται στις στήλες 3-5 είναι οι αντίστοιχοι κωδικοί του ΑΠ (2011, σελ. 34-99). Όπου απαιτείται, το περιεχόμενο των στόχων (2<sup>η</sup> στήλη) διατυπώνεται σε γενική μορφή με τη χρήση του «ν» που αναφέρεται στο πεδίο των αριθμών που αντιστοιχούν σε κάθε τάξη και εξειδικεύεται στις στήλες 3-5. Το Χ σημαίνει την απουσία του αντίστοιχου στόχου σε κάποιες από τις τάξεις.

## **Βάσεις της πολλαπλασιαστικής σκέψης**

Οι ενέργειες του ισομερισμού, της μέτρησης με μονάδες διαφορετικού τύπου και η επανάληψη ποσότητας εμφανίζονται ήδη από το Νηπιαγωγείο και συναντώνται και στην Α΄ και Β΄ τάξη. Ωστόσο, ο ισομερισμός, στο πλαίσιο των προβλημάτων πολλαπλασιαστικής δομής αναφέρεται ως «μοιρασιά» και περιορίζεται στις διακριτές ποσότητες (Ν΄:Αρ9, Α΄:Αρ13). Αντίθετα, στο πλαίσιο των κλασματικών αριθμών, ο ισομερισμός αναφέρεται ως «χωρισμός σε ίσα μέρη» (Α΄:Αρ15, Β΄:Αρ16) και αφορά και συνεχείς ποσότητες. Η διαφοροποίηση αυτή συσκοτίζει το γεγονός ότι στην ουσία πρόκειται για την ίδια μαθηματική ενέργεια και, ταυτόχρονα, αποκλείει από τις καταστάσεις μοιρασιάς τις συνεχείς ποσότητες, ιδιαίτερα στο Νηπιαγωγείο.

Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι η μοιρασιά και η ομαδοποίηση αντιμετωπίζονται διαφορετικά ως προς το εύρος των αριθμών που εμπλέκονται. Για παράδειγμα, στο Νηπιαγωγείο η ομαδοποίηση γίνεται μέχρι και σε 5-άδες, ενώ η μοιρασιά περιορίζεται στα 2-3 μερίδια. Το ίδιο παρατηρείται και στην Α΄ Δημοτικού. Δεν είναι ξεκάθαρο ποιο είναι το σκεπτικό πίσω από αυτή την επιλογή.

Στη Β΄ Δημοτικού η ομαδοποίηση σε ν-άδες δεν αναφέρεται πια ρητά στους στόχους, αν και υπάρχουν νύξεις στις προτεινόμενες δραστηριότητες (ΑρΔ8, σελ. 93-94). Η επισήμανση αυτή συνδέεται με τον τρόπο με τον οποίο αναφέρεται ο όρος «πολλαπλασιαστικές καταστάσεις» στο ΑΠ που θα συζητηθεί παρακάτω.

**Πίνακας 1:** Περιεχόμενο και μαθησιακοί στόχοι πολλαπλασιαστικού εννοιολογικού πεδίου

| Περιεχόμενο                  | Μαθησιακοί Στόχοι   | N´                               | A´  | B´  |
|------------------------------|---|----------------------------------|---|---|
| Φυσικοί αριθμοί: Πολ/σμός    | -Ομαδοποίηση σε $n$ -άδες και καταμέτρηση (πλήθος ομάδων, συνολικό πλήθος αντικειμένων)   | $n=2,3,4, 5$<br>Αρ8              | $n=2,5,10$<br>Αρ12                            | X   |
| Διαίρεση Πολ/κές καταστάσεις | -Μοιρασιά σε $n$ -άδες και καταμέτρηση (πλήθος μεριδίου)<br>-Εύρεση $n$ -πλάσιου και $1/n$ αριθμού<br><br>-Τέλεια Διαίρεση: Εύρεση πηλίκου φυσικών αριθμών με $n$ | $n=2,3$<br>Αρ9<br><br>X<br><br>X | $n=2,3$<br>Αρ13<br><br>$n=2$<br>Αρ12<br><br>X | X<br><br>$n=2,4,5, 10$<br>Αρ11<br>$n=2,4,5, 10$<br>Αρ12<br>Αρ14 |
| <b>Κλασματικοί αριθμοί</b>   | Διερεύνηση πολλαπλασιαστικών καταστάσεων  | X                                | X   | Αρ14  |
|                              | Σύγκριση ποσοτήτων με σχέση $1:n$ και λεκτική έκφραση (πολλαπλάσιο/υποπολλαπλάσιο)  | X                                | $n=2, 4$<br>Αρ14                              | $n=3,6/ 5,10$<br>Αρ17   |
|                              | Σύγκριση ποσοτήτων με σχέση $1:n$ και συμβολική έκφραση (συμβολικά: υποπολλαπλάσιο)   | X                                | X   | $n=3,6/ 5,10$<br>Αρ17   |
|                              | Χωρισμός εμπράγματων, διακριτών και συνεχών ποσοτήτων σε $n$ ίσα μέρη   | X                                | $n=2,4,8/ 3,6/ 5, 10$<br>Αρ15                 | $n=3,6,5, 10$<br>Αρ16   |
|                              | Διαισθητική προσέγγιση με εμπράγματα και εικονικές αναπαραστάσεις κλασμάτων (πέραν των κλασματικών μονάδων)   | X                                | X   | $2/4, 3/4, 2/3$<br>Αρ18   |

**Πολλαπλασιαστικές σχέσεις**

Η πιο ξεκάθαρη πραγμάτευση πολλαπλασιαστικών σχέσεων γίνεται στη θεματική των κλασματικών αριθμών. Εισάγονται μέσω σύγκρισης ποσοτήτων σε σχέση  $1:2, 1:4$  στην Α´ Δημοτικού. Στη Β´ Δημοτικού γίνεται επέκταση και σε άλλες σχέσεις, ενώ εισάγονται και συμβολικά εργαλεία (λεκτικά και αριθμητικά). Στη Β´ τάξη εισάγονται, επιπλέον, τα πολλαπλάσια αριθμών. Ωστόσο δεν είναι σαφές αν αυτό γίνεται με τρόπο που αναδεικνύει την πολλαπλασιαστική σχέση (π.χ., με τα αριθμητικά και λεκτικά εργαλεία που προτείνονται στη θεματική ενότητα των κλασματικών), ή αυτό γίνεται μέσω της

απαγγελίας της αριθμητικής ακολουθίας με βήμα  $>1$ . ή με επαναλαμβανόμενη πρόσθεση (π.χ.  $5+5+5$ ).

### **Πολλαπλασιαστικές καταστάσεις**

Ο όρος «πολλαπλασιαστικές καταστάσεις» αναφέρεται ρητά στο περιεχόμενο της Α΄ και της Β΄ Δημοτικού. Ενώ γίνεται σαφές ότι θεωρείται σημαντικό τα παιδιά να εκτεθούν σε διαφόρων ειδών πολλαπλασιαστικές καταστάσεις, δεν είναι ξεκάθαρο σε τι αναφέρεται ο όρος αυτός και σε ποιους μαθησιακούς στόχους αντιστοιχεί. Στην Α΄ Δημοτικού (αλλά όχι στη Β΄) αναφέρονται τα προβλήματα του τύπου «επαναλαμβανόμενη πράξη», «συμμεταβολή ποσοτήτων», «δημιουργία νέου μεγέθους» (σελ. 67). Γίνεται παραπομπή σε προτεινόμενες δραστηριότητες (ΑρΔ6, ΑρΔ8, σελ. 76), οι οποίες, όμως, δεν καλύπτουν τους τύπους αυτούς.

### **Ρητοί αριθμοί**

Οι κλασματικοί αριθμοί εισάγονται ήδη από την Α΄ Δημοτικού, μέσω της πολλαπλασιαστικής σύγκρισης ποσοτήτων και ως μέρος του όλου, μέσω του ισομερισμού συνεχών, κυρίως, ποσοτήτων.

## **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΕΠ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, μια ιδιαίτερα σημαντική για το ΠΕΠ θεματική ενότητα είναι οι μετρήσεις συνεχών μεγεθών. Στο ΑΠ (2011) αναφέρονται δύο τρόποι μέτρησης: Με επικαλύψεις (που παραπέμπει σε προσθετική δομή: Πόσες μονάδες είναι;) και με επανάληψη της μονάδας (που παραπέμπει σε πολλαπλασιαστική δομή: Πόσες φορές «χωράει» η μονάδα στην ποσότητα;). Ωστόσο, η μέτρηση με επανάληψη της μονάδας εμφανίζεται μόνο για το μήκος και τη χωρητικότητα στο Νηπιαγωγείο, μόνο για το μήκος στην Α΄ Δημοτικού και καθόλου στη Β΄ Δημοτικού. Μια πιο συστηματική και συνεπής αντιμετώπιση των μετρήσεων όλων των μεγεθών με επανάληψη της μονάδας ενδεχομένως θα αναδείκνυε τον πολλαπλασιαστικό χαρακτήρα της μέτρησης.

Η πολλαπλασιαστική σχέση της υπό μέτρηση ποσότητας με τη μονάδα --  $\Pi(\text{οσότητα}) = \kappa \cdot \mathbf{M}(\text{ονάδα})$  -- είναι η βάση της αντισταθμιστικής αρχής (Clements & Sarama, 2009): «Μεγαλύτερη» μονάδα, μικρότερο αριθμητικό αποτέλεσμα στη μέτρηση». Νύξεις για την αντισταθμιστική αρχή γίνονται στο ΑΠ (2011). Για παράδειγμα, στις επεξηγήσεις για το στόχο Ν΄: Μ3 προτείνεται να συζητηθεί από τα παιδιά το γεγονός ότι η μέτρηση του ίδιου μήκους με διαφορετικές μονάδες δίνει διαφορετικά αριθμητικά αποτελέσματα (ΑΠ, 2011, σελ 181-182). Ωστόσο, σε καμία τάξη δεν προτείνεται εμβάθυνση σε αυτή την αρχή. Κάτι τέτοιο θα ήταν, όμως θα ήταν απολύτως συμβατό με το στόχο της θεματικής ενότητας «Άλγεβρα» που αναφέρεται στη διερεύνηση σχέσεων μεταξύ συμμεταβαλλόμενων μεγεθών (Ν΄: Α3, Α΄: Α6 και Β΄: Α6).

Επιπλέον, ένα σημείο που πρέπει να τονιστεί είναι η απουσία ποικιλίας προβλημάτων πολλαπλασιαστικής δομής στο πλαίσιο της μέτρησης. Πιο συγκεκριμένα, στις καταστάσεις μέτρησης που αναφέρονται ρητά στο ΑΠ(2011), ζητούμενο πάντα είναι το αποτέλεσμα της μέτρησης (Ν΄: Μ4, Μ9, Μ14, Α΄: Μ6, Μ13, Μ18, Β΄: Μ4, Μ10, Μ15).



Δηλαδή, με δεδομένο το μοντέλο της κατάστασης  $\mathbf{\Pi}=\kappa.\mathbf{M}$ , πάντα ζητείται το  $\kappa$ . Είναι όμως απολύτως εφικτό να κατασκευαστούν προβλήματα στα οποία το ζητούμενο να είναι το  $\mathbf{\Pi}$  ή το  $\mathbf{M}$ . Μια τέτοια προσέγγιση είναι συμβατή με την προσέγγιση παρόμοιων πολλαπλασιαστικών καταστάσεων στο πλαίσιο των διακριτών ποσοτήτων που υπάρχουν στο ΑΠ (2011).

Να σημειώσουμε, επίσης, ότι στο ΑΠ (2011) δεν εντοπίστηκε ρητή αναφορά σε καταστάσεις μέτρησης όπου δεν επαρκεί η ολόκληρη μονάδα  $\Theta$  ήταν χρήσιμη μια τέτοια αναφορά και ενδεχομένως, προτάσεις για την έκφραση αποτελεσμάτων τέτοιων μετρήσεων (π.χ. «λίγο περισσότερο από 5 μονάδες», «5 μονάδες και μισή μονάδα»).

Όπως έχει αναφερθεί, στο ΠΕΠ εντάσσεται και η διαστατική ανάλυση που, στην πιο απλή της μορφή, είναι η οργάνωση και η δόμηση του 2-διάστατου χώρου (επίπεδο). Έτσι λοιπόν, η θεματική ενότητα «Χώρος και Γεωμετρία» απαιτεί το και συμβάλλει στο ΠΕΠ. Στο ΑΠ (2011), ήδη από το Νηπιαγωγείο, αναφέρεται η δόμηση του χώρου με χρήση υλικών όπως η σκακιέρα και το τετραγωνισμένο χαρτί (N: Γ3) και οι επικαλύψεις επίπεδων σχημάτων με άλλα σχήματα. Από την Α΄ Δημοτικού υπάρχουν αναφορές στη δόμηση επίπεδων χωρίων σε γραμμές και στήλες (ΜΔ3, σελ. 79), Άλλοι στόχοι και περιεχόμενο στη θεματική της Γεωμετρίας, που συνδέονται στενά με το ΠΕΠ είναι η ανάλυση/σύνθεση σχημάτων και η αξονική συμμετρία. Και τα δύο αυτά πεδία που εισάγονται ήδη από το Νηπιαγωγείο, δίνουν εργαλεία για τον ισομερισμό συνεχών ποσοτήτων και συνδέονται προφανώς με τη θεματική των κλασματικών αριθμών, που εισάγεται στην Α΄ τάξη. Θα μπορούσαν, ενδεχομένως, να αξιοποιηθούν για καταστάσεις μοιρασιάς συνεχούς ποσότητας, ήδη από το Νηπιαγωγείο.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια κριτικής και συνδυαστικής εξέτασης ενός αναλυτικού προγράμματος ως προς τη πραγμάτευση ενός σύνθετου δικτύου μαθηματικών ιδεών και, συγκεκριμένα, του ΠΕΠ στο ΑΠ (2011).

Από την πρώτη καταγραφή του περιεχομένου και της διάρθρωσής του στο ΑΠ (2011) γίνεται εμφανής η προσπάθεια για μια συστηματική προσέγγιση διαφόρων πτυχών του ΠΕΠ, από νωρίς και με μια αναπτυξιακή προοπτική, λαμβάνοντας υπόψη την έρευνα στη μαθητική εκπαίδευση. Για παράδειγμα, οι ενέργειες που θεωρούνται θεμελιώδεις για την ανάπτυξη της πολλαπλασιαστικής σκέψης (ισομερισμός, μέτρηση με διαφόρων ειδών μονάδες και επανάληψη μιας ποσότητας) εισάγονται ήδη από το Νηπιαγωγείο. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι το ΑΠ (2011) αναφέρεται ρητά στη χρήση συμβολικών εργαλείων για την έκφραση πολλαπλασιαστικών σχέσεων και δεν περιορίζεται στον υπολογισμό γινομένων και πηλίκων. Επιπλέον, οι πολλαπλασιαστικές αυτές σχέσεις αξιοποιούνται στη πραγμάτευση των κλασματικών αριθμών, ξεφεύγοντας από τη στενή θεώρηση του κλάσματος ως μέρος του όλου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία του ΠΕΠ που αναφέρονται ρητά στο ΑΠ βρίσκονται όλα στη θεματική ενότητα Αριθμοί και Πράξεις. Ειδικότερα, ένα μεγάλο μέρος των σχετικών στόχων του ΑΠ (2011) εντάσσεται στη υποθεματική Φυσικοί Αριθμοί, στο πλαίσιο διακριτών ποσοτήτων. Αντίστοιχη, ρητή, πραγμάτευση στο πλαίσιο

συνεχών ποσοτήτων γίνεται στην υποθεματική Κλασματικοί Αριθμοί, για την οποία προβλέπεται πολύ λιγότερος διδακτικός χρόνος. Η αξιοποίηση περιεχομένου που ήδη υπάρχει, όπως συζητήθηκε, σε άλλες θεματικές ενότητες του ΑΠ (Μετρήσεις, Χώρος και Γεωμετρία και Άλγεβρα), θα μπορούσε να αμβλύνει αυτή την ασυμμετρία. Αυτό, όμως, απαιτεί, κατά την άποψή μας, ρητές διασυνδέσεις μεταξύ των κατάλληλων περιοχών, σαφείς επεξηγήσεις και υποδειγματικές δραστηριότητες. Πράγματι, το γεγονός ότι υπάρχει περιεχόμενο πρόσφορο για την ανάπτυξη πολλαπλασιαστικής σκέψης δεν εξασφαλίζει την κατάλληλη αξιοποίησή του. Για παράδειγμα, η αναπαράσταση ενός ορθογωνίου παραλληλογράμμου (3x4) σε ένα τετραγωνισμένο περιβάλλον, δεν αρκεί για τη δόμηση του χωρίου σε στήλες και σε γραμμές, ούτε για τη θεώρηση του ορθογωνίου ως 3 στήλες των 4 μονάδων, ή 4 γραμμές των 3 μονάδων, ή 12 μονάδες.

Συνοψίζοντας τη συζήτηση που προηγήθηκε, ρητή και συστηματικά διατυπωμένη σύνδεση με το ΠΕΠ θα ήταν, θεωρούμε, χρήσιμη στην ανάδειξη α) του πολλαπλασιαστικού χαρακτήρα της μέτρησης (επανάληψη της μονάδας, «σπάσιμο» της μονάδας, αντισταθμιστική αρχή), β) του ρόλου των μονάδων διαφορετικού τύπου, και ιδιαίτερα της σύνθετης μονάδας στις πολλαπλασιαστικές καταστάσεις, γ) του ρόλου των ενεργειών της ανάλυσης /σύνθεσης σχημάτων, καθώς και της αξονικής συμμετρίας στη Γεωμετρία ως εργαλείο για τον ισομερισμό στις συνεχείς ποσότητες και δ) της σημασίας της μελέτης, αλλά και της έκφρασης πολλαπλασιαστικών σχέσεων στο πλαίσιο των συμμεταβαλλόμενων μεγεθών στην άλγεβρα.

Κλείνοντας, θα θέλαμε καταρχήν να αναγνωρίσουμε ότι αυτή η εργασία δεν αποτελεί παρά μια πρώτη προσπάθεια προσέγγισης του θέματος και δεν είναι σε καμία περίπτωση εξαντλητική. Ενδεχομένως, να πυροδοτήσει μια συζήτηση, από την οποία να προκύψουν θεωρητικά, αλλά και μεθοδολογικά εργαλεία ανάλυσης ενός αναλυτικού, ίσως και προτάσεις για τη βελτιστοποίηση της διάρθρωσης του παρόντος αναλυτικού ως προς το ΠΕΠ. Η προσπάθεια αυτή έχει σημασία, καθώς το ΠΕΠ είναι θεμελιώδες όχι μόνο για την ανάπτυξη της πολλαπλασιαστικής σκέψης, αλλά και για μια ενιαία αντιμετώπιση των φυσικών και μη φυσικών αριθμών μέσω της εισαγωγή του αριθμού ως λόγου, όπως αναδεικνύεται στο αριθμητικό πρόγραμμα του V.V. Davydov (Cobb, Perlwitz, & Underwood, 1996).

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Clements, D.H. (2007). Curriculum research: Towards a framework for “research-based curricula”. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38 (1), 35-70.
- Confrey, J. (2008). Learning trajectories and rational number reasoning. Ανακτήθηκε από: [www.human.cornell.edu/sites/default/files/HD/nsfalw/Confrey-NSF.pdf](http://www.human.cornell.edu/sites/default/files/HD/nsfalw/Confrey-NSF.pdf)
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2009). *Learning and teaching early math: The learning trajectories approach*. New York, NY, USA: Routledge.
- Cobb, P., Perlwitz, M., & Underwood, D. (1996). Constructivism and activity theory: a consideration of their similarities and differences as they relate to mathematics education. In H. Mansfield, N.A. Pateman, & N. Bednarz (Eds.), *Mathematics for tomorrow's young children* (pp. 10-58). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Fischbein, E., Deri, M., Nello, M., & Marino, M. (1985). The role of implicit models in solving problems in multiplication and division. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16, 3-17.
- Hackenberg, A. (2010). Students' reasoning with reversible multiplicative relationships. *Cognition & Instruction* 28(4), 383–432.
- Lamon, S. J. (2008). *Teaching fractions and ratios with understanding: Essential content knowledge and instructional strategies for teachers* (2nd ed.). Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Moss, J. (2005). Pipes, tubes, and beakers: New approaches to teaching the rational-number system. In S. Donovan & J. D. Bransford (Eds.), *How students learn: History, mathematics, and science in the classroom* (pp. 309-349). Washington, DC, USA: National Academy Press.
- Sophian, C. (2004). A prospective developmental perspective on early mathematics instruction. In D. H. Clements & J. Sarama (Eds.), *Engaging young children in mathematics: Standards for early childhood mathematics* (pp. 253-266). Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vamvakoussi, X., Christou, K.P., & Vosniadou, S. (2018). Bridging psychological and educational research on rational number knowledge. *Journal of Numerical Cognition*, 4(1), 84–106.
- Van Dooren, W., De Bock, D., Evers, M., & Verschaffel, L. (2009). Students' overuse of proportionality on missing-value problems: How numbers may change solutions. *Journal for Research in Mathematics Education*, 40(2), 187-211.
- Vergnaud, G. (1983). Multiplicative structures. In R. Lesh & M. Landau (Eds.), *Acquisition of mathematics concepts and processes* (pp. 127–174). New York: Academic Press.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011). *Νέο Πρόγραμμα Σπουδών, Επιστημονικό πεδίο: Πρόγραμμα Σπουδών για τα Μαθηματικά στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση*. Ανακτήθηκε από <http://ebooks.edu.gr/info/newps>

# Διερευνώντας με Ψηφιακά Μέσα για την κατανόηση τριγωνομετρικών εννοιών μέσω της περιοδικότητας

Μυρτώ Καραβάκου<sup>1</sup> και Χρόνης Κυνηγός<sup>2</sup>

Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Φιλοσοφική Σχολή,  
Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, <sup>1</sup>myrtokrvk@math.uoa.gr,  
<sup>2</sup>kynigos@ppp.uoa.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η Τριγωνομετρία αποτελεί έναν πολυδιάστατο μαθηματικό κλάδο, καθώς οι θεμελιώδεις έννοιές της -ημίτονο και συνημίτονο- έχουν πολλές διαφορετικές αναπαραστάσεις και εφαρμογές, κάποιες από τις οποίες προσεγγίζονται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Δυστυχώς, πολλές από αυτές τις διαστάσεις μαθαίνονται ξεχωριστά, οδηγώντας τους μαθητές στη δημιουργία μεμονωμένων, ασύνδετων μεταξύ τους νοημάτων. Η παρούσα εμπειρική έρευνα διαπραγματεύεται μια εναλλακτική προσέγγιση για τη μάθηση της Τριγωνομετρίας, με στόχο την ανάπτυξη διασυνδεδεμένων νοημάτων. Προκειμένου να ενισχύσουμε τις ευκαιρίες νοηματοδότησης από τους μαθητές, σχεδιάσαμε μια σειρά δραστηριοτήτων με κεντρικό άξονα την έννοια της περιοδικότητας. Η χρήση ψηφιακών μέσων καθιστά δυνατή την εφαρμογή αυτής της πρωτότυπης πρότασης, καθώς επιτρέπει την αναπαράσταση της περιοδικότητας και, μέσω αυτής, των διαφόρων διαστάσεων της Τριγωνομετρίας. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζουμε μια σύντομη περιγραφή της εν εξελίξει έρευνας, καθώς και τα αποτελέσματα από μια πρώτη εφαρμογή της σε μαθητές Γ' Γυμνασίου, υπό όρους δημιουργίας νοημάτων πάνω σε τριγωνομετρικές έννοιες.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** μάθηση Τριγωνομετρίας, περιοδικότητα, ψηφιακά εργαλεία, δημιουργία νοημάτων

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παραδόξως, έχει δοθεί μικρή ερευνητική προσοχή πάνω στη μάθηση και τη διδασκαλία της Τριγωνομετρίας, σε σύγκριση με οποιονδήποτε άλλον τομέα των μαθηματικών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Υπάρχουσες έρευνες πάνω σε αυτόν τον κλάδο δείχνουν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται στην κατανόηση των θεμελιωδών της εννοιών, του ημιτόνου και του συνημιτόνου, και δημιουργούν φτωχά και ασύνδετα νοήματα μεταξύ των διαφόρων αναπαραστάσεών τους: του μοντέλου του ορθογωνίου τριγώνου, αυτού του τριγωνομετρικού κύκλου, της καρτεσιανής γραφικής παράστασης, κλπ (Weber, 2008;

Gür, 2009; Moore, 2010). Το πρόβλημα αυτό είναι στενά συνδεδεμένο με την επιστημολογική συζήτηση πάνω στη φύση και τη λειτουργικότητα της Τριγωνομετρίας στα μαθηματικά.

Οι Newson και Randolph (1946) υποστηρίζουν ότι το πρόβλημα εστιάζεται στον επικρατέστερο τρόπο με τον οποίο ορίζονται οι τριγωνομετρικές έννοιες του ημιτόνου και του συνημιτόνου μέσω των γωνιών. Τον παρομοιάζουν με το να ορίζουμε την Αριθμητική ως «επιστήμη του χρήματος», δηλαδή μέσω μιας περιορισμένης εφαρμογής της. Προτείνουν, εναλλακτικά, τον ορισμό της Τριγωνομετρίας ως ο κλάδος της μαθηματικής επιστήμης που ασχολείται με τις τριγωνομετρικές συναρτήσεις, των οποίων τα ορίσματα μπορεί να είναι οποιοσδήποτε πραγματικός αριθμός που μπορεί να συμβολίζει τον χρόνο ή οποιοδήποτε άλλο μέγεθος. Οι Hirsch, Winhold και Nichols (1991) χαρακτηρίζουν την παραδοσιακή διδασκαλία της Τριγωνομετρίας ως «απομονωμένη μεμονωμένων γεγονότων και διαδικασιών» που αποτυγχάνει να υποστηρίξει μια ολιστική και συνεκτική κατανόηση των εννοιών της. Προτείνουν επίσης την αλλαγή κατεύθυνσης της εστίασης της μάθησης στις τριγωνομετρικές συναρτήσεις αυτές καθαυτές και στις εφαρμογές τους στην μοντελοποίηση περιοδικών φαινομένων. Ο Weber (2008) τονίζει δύο ακόμα σημαντικά εμπόδια που συναντούν οι μαθητές όταν μαθαίνουν τριγωνομετρικές συναρτήσεις (στην ελληνική Β' Λυκείου). Αρχικά, το γεγονός ότι είναι ήδη εξοικειωμένοι με το ημίτονο και το συνημίτονο στο πλαίσιο του ορθογωνίου τριγώνου, ως αλγορίθμους λόγων πλευρών, αντί για διαδικασίες που αφορούν σε οποιαδήποτε γωνία ή άλλο μέγεθος. Το ισχυρό μοντέλο του ορθογωνίου τριγώνου περιορίζει την κατανόηση των άλλων αναπαραστάσεων των τριγωνομετρικών συναρτήσεων, καθώς δεν δημιουργούνται ποτέ επαρκείς συνδέσεις με την αρχική τους αυτή προσέγγιση. Επιπλέον, οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις είναι επίσημα από τις πρώτες συναρτήσεις στις οποίες οι μαθητές δεν μπορούν να υπολογίσουν άμεσα με αριθμητικές πράξεις τις τιμές που δίνουν. Αυτό τις καθιστά ακόμα πιο περίπλοκες και απρόσιτες, ειδικά όταν βρίσκονται εκτός του πλαισίου του τριγώνου.

Η εστίαση της υπάρχουσα βιβλιογραφίας, λοιπόν, διχάζεται προς δύο κατευθύνσεις. Αρχικά, προς την επισήμανση των προβλημάτων στη μάθηση της Τριγωνομετρίας όπως διαμορφώνεται από μία επιστημολογική οπτική που βασίζεται στο μοντέλο του ορθογωνίου τριγώνου για την κατασκευή των όρων ημιτόνου και συνημιτόνου (Blackett & Tall, 1991; Breidenbach κ.α., 1992). Κατά δεύτερον, στην προώθηση μίας από τις αναπαραστάσεις των τριγωνομετρικών συναρτήσεων ως πιο σημαντική έναντι των άλλων, προτείνοντας ένα συγκεκριμένο τύπο ασκήσεων (Kendal & Stacey, 1997; Weber, 2008). Σε αυτό το άρθρο υιοθετούμε την επιστημολογική οπτική των Newson και Randolph και αντιμετωπίζουμε εναλλακτικά την Τριγωνομετρία: ως τον κλάδο που στοχεύει στην παραγωγή νοημάτων γύρω από περιοδικές συναρτήσεις, τοποθετώντας τις στο κέντρο του παιδαγωγικού ενδιαφέροντος. Συνεχίζοντας από την προγενέστερη έρευνα πάνω στη χρήση ψηφιακών μέσων με σκοπό οι μαθητές να κατανοήσουν την περιοδικότητα μέσω των τριγωνομετρικών συναρτήσεων (Gavrilis & Kyriagos, 2006), δίνουμε μεγαλύτερη έμφαση στην ιδέα της περιοδικής συνάρτησης παρά στην κατανόηση σχέσεων και ιδιοτήτων του ορθογωνίου τριγώνου.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στο Εργαστήριό μας, διατηρούμε ένα ιστορικό χρήσης δύο θεωρητικών δομημάτων, τα οποία έχουν αποδειχθεί θεμελιώδη στην παραγωγή νέων ιδεών για την αξιοποίηση των διαφόρων προοπτικών των ψηφιακών εκφραστικών μέσων για τη δημιουργία μαθηματικών νοημάτων (Kynigos, 2015). Το πρώτο είναι αυτό της «αναδόμησης» ('restructuration') που επινοήθηκε από τους Willensky και Papert το 2010. Σύμφωνα με αυτό, ο σχεδιαστής αμφισβητεί την υπάρχουσα δομή και εστίαση του Αναλυτικού Προγράμματος, επιτρέποντας μια φρέσκια ματιά από νέα οπτική γωνία προς τις ευκαιρίες δημιουργίας νοημάτων πάνω σε μαθηματικές ιδέες και οδηγούμενος σε νέες δομές, λαμβάνοντας υπόψιν τις νέες δυνατότητες έκφρασης που παρέχουν τα ψηφιακά μέσα. Το δεύτερο είναι αυτό του «νοητικού πεδίου» (Vergnaud, 2009), όπου αυτές οι νέες δομές λαμβάνονται ως αναπόσπαστο κομμάτι της επανα-διαμόρφωσης συνόλων στενά συνδεδεμένων εννοιών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ένα σύνολο ποικίλων αλλά εξίσου συνδεδεμένων αναπαραστάσεων, πλούσιων σε νοήματα, των εννοιών αυτών και ένα σύνολο προβληματικών καταστάσεων όπου οι έννοιες αυτές παίζουν κεντρικό ρόλο στην επίλυσή τους. Έτσι, για μας, η περιοδικότητα αποτέλεσε ένα κεντρικό χαρακτηριστικό των ειδικού τύπου μαθηματικών συναρτήσεων ημιτόνου-συνημιτόνου, συνδεδεμένη με ποικίλες αναπαραστάσεις και καταστάσεις όπως το φυσικό φαινόμενο της παλίρροιας.

Υιοθετώντας αυτήν την οπτική, σχεδιάσαμε μια σειρά δραστηριοτήτων υπό το πρίσμα του νοητικού πεδίου της περιοδικότητας. Σε αυτό το πεδίο είναι συνδεδεμένες με ισχυρούς δεσμούς έννοιες της Τριγωνομετρίας, της Γεωμετρίας, της Άλγεβρας και της Φυσικής, ενδυναμώνοντας έτσι τα ενσωματωμένα σε αυτές νοήματα. Οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις μπορούν να προσεγγιστούν μέσω διαφορετικών καταστάσεων μέσα στο πλαίσιο των περιοδικών φαινομένων, από όπου οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αντλήσουν τις ιδιότητες και τη σημασία τους. Υποθέτουμε ότι με αυτόν τον τρόπο προωθείται η διαδικασία δημιουργίας νοημάτων (Noss and Hoyles, 1996) πάνω στις έννοιες αυτές και, επιπλέον, ότι γίνεται δυνατή η ανάπτυξη συνδέσεων μεταξύ των διαφόρων αναπαραστάσεών τους, χάρη στο κοινό χαρακτηριστικό τους: αυτό της περιοδικότητας.

Ο μόνος τρόπος για να γίνει δυνατή η εξέταση της παραπάνω υπόθεσης είναι η πολύτιμη συνεισφορά των ειδικών ψηφιακών προσομοιώσεων και μικρόκοσμων, τα οποία αναπτύξαμε προκειμένου οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν ως μέσα έκφρασης μαθηματικών ιδεών. Αρχικά, χρησιμοποιήσαμε ένα διαθέσιμο Σύστημα Δυναμικής Γεωμετρίας, το Geogebra, για την προσομοίωση του περιοδικού φαινομένου της παλίρροιας και για τις συνδεδεμένες με αυτό αναπαραστάσεις της γραφικής παράστασης των τριγωνομετρικών συναρτήσεων και του τριγωνομετρικού κύκλου, οι οποίες μοντελοποιούν το φαινόμενο. Στη συνέχεια αναπτύξαμε έναν ψηφιακό μικρόκοσμο με το εργαλείο MaLT2, το οποίο ενσωματώνει τον προγραμματισμό και το δυναμικό χειρισμό της τιμής των μεταβλητών (Zantzos and Kynigos, 2017). Στόχος ήταν να παρέχουμε στους μαθητές την ευκαιρία να κάνουν συνδέσεις μεταξύ της περιοδικότητας και της

τριγωνομετρίας μέσω μιας δραστηριότητας μελέτης της περιοδικής συμμεταβολής και σύνταξης κωδίκων.

Σκοπός της έρευνας είναι η αναζήτηση απαντήσεων στο εξής κρίσιμο ερώτημα: τι νοήματα πάνω στην Τριγωνομετρία μπορούν να παράγουν οι μαθητές που εμπλέκονται με τις ειδικά σχεδιασμένες γύρω από την περιοδικότητα δραστηριότητες;

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν για την παρούσα έρευνα αντικατοπτρίζουν τις ιδέες που αναλύθηκαν παραπάνω. Χωρίστηκαν σε δύο φάσεις, κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχούσε σε διαφορετικούς μεν σκοπούς, που όμως αλληλοσυμπληρώνονται. Η πρώτη φάση σχετιζόταν με το φαινόμενο της παλίρροιας προσομοιωμένο στο δυναμικό περιβάλλον του Geogebra, με σκοπό να μοντελοποιηθεί από τους μαθητές με οποιοδήποτε δυνατό τρόπο. Η δεύτερη φάση αφορούσε στην περιοδική μεταβολή των κάθετων πλευρών ενός ορθογωνίου τριγώνου απεικονιζόμενο στο προγραμματιστικό μέσο του MalT2. Στόχευε στη συσχέτιση των περιοδικών συναρτήσεων με τις τριγωνομετρικές συναρτήσεις του ημιτόνου και συνημιτόνου, οδηγώντας σε φορμαλισμό.

### Μοντελοποίηση Περιοδικού Φαινομένου

Το φαινόμενο της παλίρροιας αποτελεί μια προβληματική κατάσταση πλούσια σε διεπιστημονικό ενδιαφέρον. Σε αυτό ενσωματώνονται και αλληλεπιδρούν πολλά διαφορετικής φύσης επιστημονικά θέματα, όπως της φυσικής, της μετεωρολογίας, της αστρονομίας και, φυσικά, των μαθηματικών. Παρέχει, λοιπόν, ευκαιρίες προβληματισμού προς κάθε επιστημονική κατεύθυνση, τα νοήματα της οποίας έχουν ανοιχτές προοπτικές ενίσχυσης σε μελλοντική διερεύνηση του φαινομένου από διαφορετική επιστημονική σκοπιά. Για το λόγο αυτό επιλέξαμε να αντλήσουμε τα μαθηματικά που διέπουν το φαινόμενο της παλίρροιας με σκοπό η νοηματοδότησή τους να ενισχυθεί τόσο από το ίδιο διαθεματικό πλαίσιο, όσο και από μελλοντική μελέτη του φαινομένου από άλλη επιστημονική οπτική γωνία. Τα μαθηματικά αυτά, που περιέχονται κυρίως στον κλάδο της Τριγωνομετρίας, προκύπτουν μέσω της προσπάθειας μοντελοποίησης και πρόβλεψης του φαινομένου.

Με τη βοήθεια των εργαλείων του Geogebra, σχεδιάσαμε ένα μοντέλο που οπτικοποιεί την περιοδική αυξομείωση του ύψους της στάθμης της θάλασσας σύμφωνα με την ημιτονοειδή συνάρτηση  $f(t) = \eta \mu t$ , όπου η μεταβλητή  $t$  συμβολίζει το χρόνο που περνάει, σε ώρες (Εικόνα 1). Το φαινόμενο μπορούσε να παρατηρηθεί πατώντας το κουμπί «play», το οποίο ενεργοποιούσε παράλληλα το ίχνος του κινούμενου σημείου  $P(t, \eta \mu t)$  (Εικόνα 2). Το ίχνος αυτό σχεδίαζε το γράφημα της ημιτονοειδούς συνάρτησης που εκφράζει τη σχέση του ύψους της στάθμης της θάλασσας ως προς το χρόνο παρατήρησης του φαινομένου, σε καρτεσιανό σύστημα αξόνων. Η μεταβλητή του χρόνου ( $t$ ) είχε προγραμματιστεί κατάλληλα ώστε μετά τη 45<sup>η</sup> ώρα να επανέρχεται στο αρχικό σημείο, δηλαδή να μηδενίζεται, παρέχοντας περιορισμένο χρόνο μελέτης και ενισχύοντας την ανάγκη εύρεσης τρόπου πρόβλεψης. Εκτός από το γράφημα, δόθηκε και μια εναλλακτική αναπαράσταση της τριγωνομετρικής συνάρτησης: αυτή του μοναδιαίου

κύκλου. Υιοθετώντας το μοντέλο της «συνάρτησης τυλίγματος» (Podbelsek, 1972), συνδέσαμε το εργαλείο ενός δρομέα με το τύλιγμα γύρω από το μοναδιαίο κύκλο ενός ευθύγραμμου τμήματος μήκους ίσου με την τιμή της χρονικής στιγμής που μελετάται το φαινόμενο (Εικόνα 3). Το τμήμα αυτό αρχικά εμφανιζόταν κατακόρυφο με το ένα άκρο του να είναι το σημείο (1,0), εφάπτοντας τον μοναδιαίο κύκλο. Με το σύρσιμο του δρομέα τυλιγόταν σταδιακά γύρω από τον κύκλο με το δεύτερο άκρο του να έχει φανερές τις συντεταγμένες του. Όταν τυλιγόταν εντελώς, το δεύτερο αυτό άκρο, που ήταν πλέον σημείο πάνω στον κύκλο, αποκάλυπτε με τις συντεταγμένες του το συνημίτονο και το ημίτονο του αριθμού που ήταν ίσος με το αρχικό μήκος του τμήματος, καθώς και την επικεντρική γωνία που βαίνει στο αντίστοιχο τόξο.

Αυτές οι αναπαραστάσεις δόθηκαν στους μαθητές κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης μαζί με ένα φύλλο εργασίας σχεδιασμένο για να παρέχει ερέθισμα συζητήσεων πάνω σε τριγωνομετρικές και φυσικές ιδιότητες. Η δραστηριότητα απαιτούσε τον προσδιορισμό της σχέσης χρόνου-ύψους στάθμης της θάλασσας προκειμένου να είναι δυνατή η πρόβλεψη του ύψους για οποιαδήποτε μελλοντική χρονική στιγμή. Ιδιαιτερότητα αυτής της φάσης αποτελεί το γεγονός ότι οι λέξεις «ημίτονο» και «συνημίτονο» δεν εμφανίστηκαν πουθενά ώστε να ωθήσουν τους μαθητές να φτάσουν άμεσα στο στάδιο του φορμαλισμού των εμπλεκόμενων συναρτήσεων.

### **Φορμαλισμός των Τριγωνομετρικών Συναρτήσεων**

Η φάση αυτή παρεμβαίνει ώστε να «καλύψει» τα εννοιολογικά κενά που άφησε η προηγούμενη. Αυτά αποτελούν η επισημοποίηση ότι οι συναρτήσεις στις οποίες οφείλεται η περιοδική μεταβολή είναι οι τριγωνομετρικές, καθώς και ότι μπορούν να αναφέρονται τόσο σε γωνίες όσο και σε οποιοδήποτε άλλο μέγεθος. Για το σκοπό αυτό, σχεδιάσαμε ένα ψηφιακό δόμημα στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Mat2. Ο κώδικας που κατασκεύαζε το δοθέν δόμημα από το ίχνος της χελώνας ήταν κρυμμένος από τους μαθητές, οι οποίοι ενθαρρύνονταν να τον ανακαλύψουν και να τον αναπαράγουν σε νέο παράθυρο. Οι μόνες προσβάσιμες στους μαθητές πηγές ήταν τα παράγωγα του κώδικα: το δόμημα που αναπαριστούσε ένα ορθογώνιο τρίγωνο (Εικόνα 4), οι τιμές του μήκους των τριών πλευρών του και οι περιοδικές μεταβολές που παρατηρούνταν με τον χειρισμό του εργαλείου του μονοδιάστατου μεταβολέα στις κάθετες πλευρές του τριγώνου. Το εργαλείο αυτό πρόσφερε την ύπαρξη μίας και μόνο μεταβλητής στον κώδικα, οι μεταβολές της τιμής της οποίας ευθύνονταν για τις περιοδικές αυτές μεταβολές. Οι σχέσεις μεταξύ της φανεράς μεταβλητής  $t$  και των μεταβαλλόμενων ευθυγράμμων τμημάτων, οι οποίες έπρεπε να ανακαλυφθούν, ήταν οι τριγωνομετρικές (ημιτόνου και συνημιτόνου).

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Η έρευνα που περιγράφεται παραπάνω προοριζόταν για εφαρμογή μέσω διδακτικών παρεμβάσεων, σχεδιασμένων σύμφωνα με τη μεθοδολογία της «έρευνας σχεδιασμού» (Collins et al., 2004). Η εστίαση της ανάλυσης ήταν τόσο στη διαδικασία δημιουργίας νοημάτων από τους μαθητές όσο και στην αλληλεπίδρασή τους με τα ψηφιακά εργαλεία. Τριμελείς ομάδες μαθητών Γ' Γυμνασίου -τρεις στην πρώτη φάση και μία στη δεύτερη-

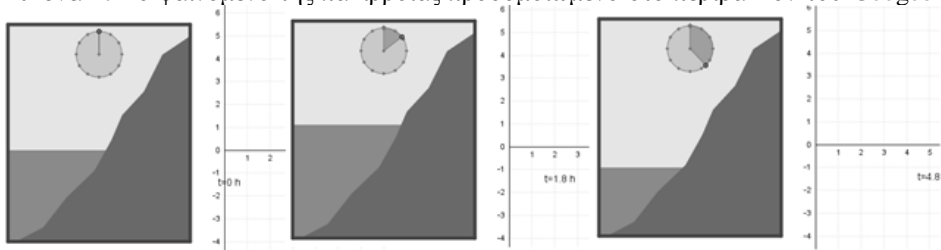


από ένα Πειραματικό Σχολείο στην Αθήνα συμμετείχαν σε αυτήν την πρώτη εφαρμογή της έρευνας. Οι μαθητές βρίσκονταν στο τέλος της σχολικής χρονιάς, ενώ είχαν ολοκληρώσει το κεφάλαιο της Τριγωνομετρίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η επιλογή του χρόνου δεν είναι απόλυτη, καθώς δεν προϋποθέτει την επαφή των μαθητών με την Τριγωνομετρία της Γ' Γυμνασίου, παρά μόνο της Β'. Θα μπορούσε, λοιπόν, να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της διδακτικής χρονιάς. Ο χώρος διεξαγωγής της ήταν το εργαστήριο υπολογιστών του σχολείου και διήρκεσε συνολικά οκτώ διδακτικές ώρες, κατά τη διάρκεια δύο εβδομάδων.

### Πρώτη Φάση

Οι μαθητές συμμετείχαν στις δραστηριότητες που αναλύθηκαν προηγουμένως και παρόλο που μόνο δύο από τις τρεις ομάδες κατάφεραν να δώσουν λύση στο τελικό πρόβλημα μοντελοποίησης του φαινομένου, όλοι τους κατασκεύασαν πλούσια νοήματα στις εμπλεκόμενες έννοιες. Το φύλλο εργασίας που τους συνόδευε υποστηρικτικά κατά τη διάρκεια της εμπλοκής τους με το ψηφιακό μέσο, τους παρακινούσε να ανακαλύψουν το περιοδικό μοτίβο μεταξύ χρόνου και ύψους στάθμης και να το ερμηνεύσουν μέσω των αναπαραστάσεων της γραφικής παράστασης και του τριγωνομετρικού κύκλου. Παρακάτω αναλύουμε κάποια αντιπροσωπευτικά αποσπάσματα διαλόγων που μας βοήθησαν στο να αντιληφθούμε την εξέλιξη της διαδικασίας δημιουργίας νοημάτων.

**Εικόνα 1:** Το φαινόμενο της παλίρροιας προσομοιωμένο στο περιβάλλον του Geogebra



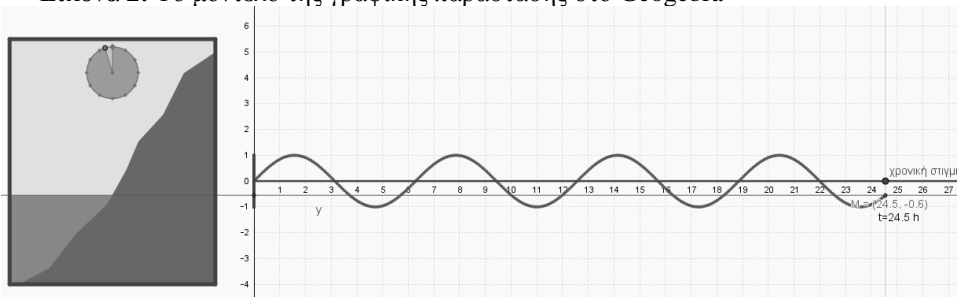
Αρχικά, οι μαθητές μελέτησαν το φαινόμενο της παλίρροιας που αναπαριστάται στο περιβάλλον του Geogebra (Εικόνα 1), ενώ συζητούν ερωτήματα γενικής φύσης, όπως «Πώς θα περιγράφατε το φαινόμενο της παλίρροιας;», «Ποια μεγέθη θα επιλέγατε για την περιγραφή του;» και «Σχεδιάστε πώς πιστεύετε ότι θα ήταν η γραφική παράσταση που το περιγράφει». Οι μαθητές ακολούθησαν μια κοινή ροή σκέψης που παρουσιάζεται στην εξής συζήτηση:

- M1: Λοιπόν, θα μπορούσαμε να πούμε ότι το ύψος της στάθμης της θάλασσας αυξομειώνεται με σταθερό ρυθμό.
- M3: Υπάρχει ένα μέγιστο και ένα ελάχιστο σημείο που φτάνει το ύψος της στάθμης. Νομίζω στα 1 και -1 μέτρα από το σημείο ισορροπίας.

- M2: Ωραία τα μεγέθη που θα χρησιμοποιούσαμε είναι ο χρόνος και το ύψος της στάθμης. Όσο περνάει ο χρόνος αυτό ανεβοκατεβαίνει.
- M1: Το ύψος της στάθμης επαναλαμβάνεται με μια σταθερή περίοδο. Σε πολλές στιγμές η στάθμη παίρνει το ίδιο ύψος. Ή μήπως να πούμε άπειρες;
- M2: Μου θυμίζει λίγο την ταλάντωση. Σαν να έχουμε εδώ (δείχνει στο 0 ύψος) το σημείο ισορροπίας και εδώ (δείχνει στο 1 και -1 ύψος) τα άκρα μέγιστο - ελάχιστο.

Αυτό το απόσπασμα υποδηλώνει μια πρώτη προσέγγιση των τριγωνομετρικών συναρτήσεων βασισμένη στην περιοδική τους φύση. Η αρχική αντίδραση απέναντι στην αναπαράσταση της περιοδικότητας είναι αρκετά οικεία, καθώς βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με το γνώριμο σε αυτούς περιοδικό φαινόμενο της ταλάντωσης, το οποίο είχε ήδη μελετηθεί στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής. Η εμφάνιση της γραφικής παράστασης (Εικόνα 2) ενέπνευσε τους μαθητές με ιδέες για τη πρόβλεψη της μελλοντικής εξέλιξης του φαινομένου. Η διαδικασία αυτή ενισχύθηκε από ερωτήματα του φύλλου εργασίας, του είδους «Μπορείτε να προβλέψετε ποιες ώρες της 5<sup>ης</sup> μέρας μεγιστοποιείται η στάθμη του νερού;» και «Μπορείτε να προτείνετε έναν τρόπο πρόβλεψης του ύψους της στάθμης του νερού για οποιαδήποτε μελλοντική στιγμή;». Υπενθυμίζεται ότι η γραφική παράσταση περιείχε τον περιορισμό ότι σχηματιζόταν μέχρι και την 44<sup>η</sup> ώρα, από τη στιγμή έναρξης της παρατήρησης του φαινομένου. Έτσι, οι μαθητές μπήκαν σε μια διαδικασία αναζήτησης του τρόπου πρόβλεψης, που απεικονίζεται χαρακτηριστικά στην παρακάτω συζήτηση της πρώτης ομάδας:

**Εικόνα 2:** Το μοντέλο της γραφικής παράστασης στο Geogebra



- M1: Είναι πιθανό (να προβλεφθεί) αφού ακολουθεί ένα στάνταρ μοτίβο. Κάθε 3 ώρες και 10 λεπτά η στάθμη πηγαίνει εκεί όπου ξεκίνησε. Είναι ένας κύκλος που επαναλαμβάνεται συνεχώς.
- M2: Μπορούμε να φτιάξουμε έναν πίνακα που να περιέχει κάποια συγκεκριμένα ύψη από αυτά που φτάνει η στάθμη και τους αντίστοιχους χρόνους από την πρώτη περίοδο. Έτσι μπορούμε να βρίσκουμε, στο περίπου όμως, το πού θα είναι η στάθμη σε οποιαδήποτε στιγμή, ανάλογα με ποιανού (χρόνου από τον πίνακα) το πολλαπλάσιο είναι πιο κοντά.

M1: Ναι αλλά με αυτόν τον τρόπο δεν θα είναι ακριβής πρόβλεψη, ούτε βολική. Θα πρέπει να αντιστοιχίσουμε πάρα πολλές χρονικές στιγμές και να γράψουμε δίπλα τα πολλαπλάσιά τους.

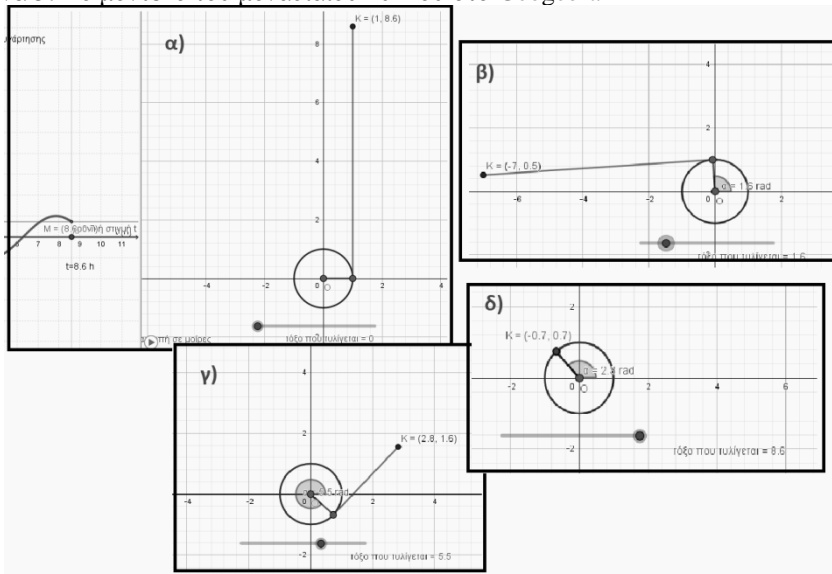
Η εμφάνιση του γραφήματος οδήγησε τους μαθητές στη συνειδητοποίηση ότι το φαινόμενο ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο που καθορίζεται από την περίοδο του. Ωστόσο, αυτό που τους προβληματίζει είναι το γεγονός ότι δεν μπορούν να βρουν κάποιο τρόπο για την ακριβή πρόβλεψη της σχέσης οποιασδήποτε μελλοντικής στιγμής και του ύψους της στάθμης.

Αυτή η ανακάλυψη προέκυψε κατά τη διάρκεια της επαφής τους με τη δεύτερη αναπαράσταση που μοντελοποιεί το φαινόμενο: αυτή του μοναδιαίου κύκλου (Εικόνα 3). Τα ερωτήματα του φύλλου εργασίας σχετικά με την εύρεση τρόπου πρόβλεψης του φαινομένου για συγκεκριμένες και μη μελλοντικές χρονικές στιγμές επαναλαμβάνονται. Οι μαθητές τυλίγοντας το ευθύγραμμο τμήμα –που έχει μήκος ίσο με την τιμή του χρόνου– γύρω από τον κύκλο, συνειδητοποίησαν ότι το τελικό σημείο που σταματάει το τύλιγμα δίνει το ύψος της στάθμης μέσω της τεταγμένης του. Η συνειδητοποίηση αυτή βελτίωσε τον τρόπο που αντιλαμβάνονταν την περιοδικότητα και τους ώθησε στην εύρεση ενός ακριβούς, αποτελεσματικού τρόπου για την πρόβλεψη του φαινομένου για οποιαδήποτε μελλοντική στιγμή. Μετρούσαν τις φορές που το τμήμα τυλιγόταν σε έναν ολόκληρο κύκλο και προσδιόριζαν το ύψος σύμφωνα με το τύλιγμα του υπολειπόμενου τμήματος. Έτσι έκαναν αναγωγή του φαινομένου στον έναν κύκλο. Όπως παρατηρούμε παρακάτω, αυτή η διαδικασία τους θύμισε μια αρκετά οικεία έννοια: αυτή της διαίρεσης.

M4: Πρέπει να βρούμε πόσες φορές τυλίγεται σε έναν ολόκληρο κύκλο το αρχικό τμήμα.

M5: Ναι. Θα διαιρέσουμε με το 6,28 (όσο η περίμετρος του κύκλου) για να βρούμε πόσες φορές. Και μετά μπορούμε να βάλουμε εδώ (στην αναπαράσταση, δίνοντας την ίδια τιμή στο χρόνο) το υπόλοιπο της διαίρεσης σε μήκος.

M4: Όντως, το μόνο που μένει να κάνουμε είναι να τυλίξουμε το τμήμα αυτό και να δούμε πού σταματάει στον πρώτο κύκλο.

**Εικόνα 3:** Το μοντέλο του μοναδιαίου κύκλου στο Geogebra

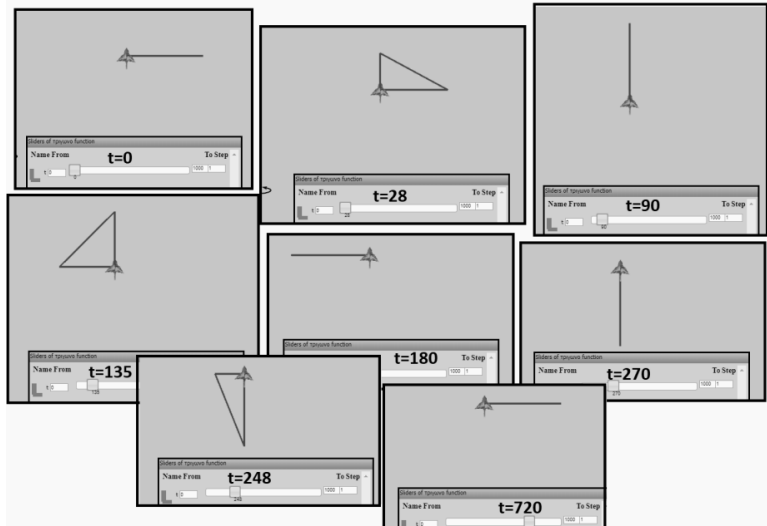
Η συνειδητοποίηση αυτή προέκυψε όταν τους ζητήθηκε να προβλέψουν το ύψος της στάθμης της θάλασσας την 314<sup>η</sup> ώρα από την αρχή της παρακολούθησης του φαινομένου. Αυτό τους οδήγησε στη μοντελοποίηση του φαινομένου και στην κατάκτηση ενός ευρύτερου στόχου της έρευνας. Δημιουργήθηκε ένας ισχυρός δεσμός ανάμεσα στις τριγωνομετρικές συναρτήσεις και τις έννοιες της περιοδικότητας και της προβλεψιμότητας. Παρόλα αυτά, η πρόκληση που έθεσε ο σχεδιασμός της έρευνας παραμένει ανοιχτή. Κανένας μαθητής δεν έκανε τη σύνδεση μεταξύ των τριγωνομετρικών αναπαραστάσεων και της τριγωνομετρίας αυτής καθεαυτής. Συνεπώς, τα νοήματα που παράχθηκαν ήταν πλούσια σε τριγωνομετρικά χαρακτηριστικά, αλλά δεν αντιστοιχήθηκαν σε τυπικούς τριγωνομετρικούς όρους.

### Δεύτερη Φάση

Τα δεδομένα από τη φάση αυτή είναι αρκετά περιορισμένα, καθώς εφαρμόστηκε πιλοτικά μόνο σε μια τριμελή ομάδα μαθητών, που είχαν ήδη συμμετάσχει στην πρώτη φάση. Ωστόσο, τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτα και αισιόδοξα ώστε να τα μην τα συμπεριλάβουμε στο παρόν άρθρο. Οι μαθητές ξεκίνησαν τη διερεύνησή τους χειριζόμενοι το μονοδιάστατο μεταβολέα και παρατηρώντας τις αλλαγές που δεχόταν το ορθογώνιο τρίγωνο στην οθόνη (Εικόνα 4). Τα ακόλουθα αποσπάσματα της συζήτησης αναπαριστούν τις αρχικές τους σκέψεις και την εξέλιξή τους:

- M1: Αυτό που μπορώ να πω με σιγουριά είναι ότι το σχήμα παραμένει πάντα ορθογώνιο τρίγωνο, ανεξάρτητα από την τιμή του  $t$ .
- M2: Ναι, εκτός από το 0. Και το 90. Και το 180. Στοιχείμα ότι συμβαίνει σε κάθε πολλαπλάσιο του 90. Δοκίμασέ το.
- M3: Ναι όντως συμβαίνει. Μηδενίζεται κάθε φορά μία από τις κάθετες πλευρές και η άλλη γίνεται μέγιστη. Ίση με την υποτεινούσα.
- M1: Επίσης, η υποτεινούσα μένει πάντα ίδια! Είναι ίση με 100. Μπορούμε να ξεκινήσουμε από εκεί.

**Εικόνα 4:** Στιγμιότυπα των αλλαγών που προκαλεί ο χειρισμός της τιμής της μεταβλητής  $t$  στο δόμημα, με το εργαλείο του μονοδιάστατου μεταβολέα



Οι μαθητές M1 και M2 αναζητούν κανονικότητες στο σχήμα προκειμένου να εντοπίσουν τα «ανεπηρέαστα» από το σύρσιμο του μεταβολέα μεγέθη και να ξεκινήσουν τη σύνταξη του κώδικα μέσω των σταθερών αυτών. Τότε, προσπαθώντας να κατανοήσουν τη φύση αυτής της παρατηρούμενης μεταβολής και να την αποκωδικοποιήσουν, αναδύθηκαν πολλά τριγωνομετρικά ενδιαφέροντα στοιχεία:

- M3: Είναι περίεργο γιατί ενώ η μία κάθετη πλευρά αυξάνεται, η άλλη μειώνεται. Νομίζω ότι αυξομειώνονται με τον ίδιο ρυθμό. (...) Επαναλαμβάνεται μετά από μια χρονική περίοδο. Όπως γινόταν και με τη στάθμη της θάλασσας.
- M1: Για να κάνουμε ένα ορθογώνιο τρίγωνο που παραμένει ορθογώνιο, θα πρέπει αυτή η γωνία να είναι πάντα 90 μοίρες. Άρα οι άλλες δύο θα έχουν άθροισμα 180. Μπορούμε να βρούμε τις κάθετες πλευρές με βάση αυτά τα στοιχεία που είναι σταθερά;

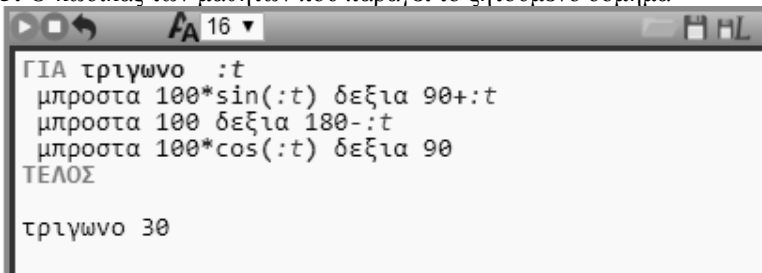
- M2: Αν χρησιμοποιούσαμε τη μεταβλητή  $t$  ως γωνία και όχι ως μήκος;  
 M1: Η μία γωνία του τριγώνου. Ναι, μπορούμε. Τότε η τρίτη γωνία θα είναι ίση με  $180-t$ . Πώς όμως θα βρούμε τις κάθετες;  
 M2: Παιδιά! Μπορούμε να βρούμε αυτή τη κάθετη πλευρά από τη σχέση «το ημίτονο γωνίας  $t$  ισούται με το λόγο απέναντι (κάθετη πλευρά) προς υποτείνουσα». Και λύνουμε ως προς την απέναντι!  
 M1: ΝΑΙ! Πανέξυπνο! Και μπορούμε να κάνουμε το ίδιο για την άλλη κάθετη, αλλά με συνημίτονο!

Οι τρεις αυτοί μαθητές ακολούθησαν το κατάλληλο εννοιολογικό μονοπάτι που τους οδήγησε στη σύλληψη της ιδέας για την ερμηνεία του δομήματος. Όταν εξοικειωμένοι με το μοντέλο του ορθογωνίου τριγώνου, ανακάλυψαν αρκετά εύκολα την «κρυμμένη» τριγωνομετρική σχέση, χρησιμοποιώντας τη μεταβλητή  $t$  ως γωνία. Κατάφεραν, έτσι, να αντιστοιχίσουν κάθε ένα από τα άγνωστα στοιχεία του τριγώνου σε μια συναρτησιακή σχέση με τα γνωστά. Συνεπώς, προσεγγίζοντας το ημίτονο και το συνημίτονο ως συναρτήσεις, κατέληξαν στην ανακάλυψη του σωστού κώδικα (Εικόνα 5).

Ο μαθητής M3 εξέφρασε ένα κρίσιμο σχόλιο για την ολοκλήρωση της διαδικασίας δημιουργίας νοημάτων. Συνειδητοποίησε την ομοιότητα του τρόπου αλλαγής του σχήματος του δομήματος με το φαινόμενο της παλίρροιας που μελετήθηκε στην προηγούμενη φάση. Μετά από την επιβεβαίωση του κώδικά τους, συμπλήρωσε τη σκέψη του με ένα ακόμα αξιοσημείωτο σχόλιο:

- M3: Άρα το ημίτονο και το συνημίτονο είναι αυτά που κάνουν τα ευθύγραμμα τμήματα να αυξομειώνονται. Θα εξαρτάται από τη γωνία. Όταν μια γωνία μεγαλώνει τη μία πλευρά, ας πούμε αυτή του ημιτόνου, τότε την άλλη θα τη μικραίνει. Αλλά με την ίδια περίοδο. Νομίζω είναι η πρώτη φορά που το συνειδητοποιώ αυτό.

**Εικόνα 5:** Ο κώδικας των μαθητών που παράγει το ζητούμενο δόμημα



```

ΓΙΑ τριγωνο :t
  μπροστα 100*sin(:t) δεξια 90+:t
  μπροστα 100 δεξια 180-:t
  μπροστα 100*cos(:t) δεξια 90
ΤΕΛΟΣ

τριγωνο 3θ
  
```

Ο M3 εξέφρασε τη σύνδεση ανάμεσα στην Τριγωνομετρία και την περιοδικότητα, κατασκευάζοντας έτσι έναν εννοιολογικό σύνδεσμο μεταξύ τους. Αυτό υποδηλώνει τη νοητική αφαίρεση ότι οι τριγωνομετρικές συναρτήσεις μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για να εκφράσουν την περιοδική αλλαγή του μήκους ενός τμήματος. Συνεπώς, η ολοκλήρωση αυτής της φάσης επέφερε στους μαθητές τη συνειδητότητα ότι η αξία των τριγωνομετρικών συναρτήσεων ξεπερνάει κατά πολύ το μοντέλο του ορθογωνίου τριγώνου.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι δραστηριότητες επέτρεψαν στους μαθητές να παρατηρήσουν και να εκφράσουν τις τριγωνομετρικές συναρτήσεις ως στοιχεία που ερμηνεύουν την περιοδικότητα, η οποία προσεγγίστηκε ως οικεία έννοια από αυτούς. Αρχικά παρήγαγαν νοήματα πάνω σε διάφορες τριγωνομετρικές έννοιες και στη συνέχεια δημιούργησαν συνδέσμους μεταξύ τους. Οι μαθητές προσέγγισαν το ημίτονο και το συνημίτονο ως συναρτήσεις, και όχι ως σκέτους αριθμούς, και απαρίθμησαν πολλές από τις ιδιότητές τους, βασιζόμενοι στην περιοδική τους φύση. Κατά την πρώτη φάση, το φαινόμενο της παλίρροιας προσέφερε πολλές ευκαιρίες νοηματοδότησης τριγωνομετρικών χαρακτηριστικών, ενώ παράλληλα άνοιξε ο δρόμος και το μαθητικό ενδιαφέρον για περαιτέρω διερεύνησή του, από μαθηματική ή άλλη επιστημονική σκοπιά. Κατά τη δεύτερη φάση τα νοήματα αυτά έλαβαν επίσημη μαθηματική υπόσταση, καθώς «ξεσκεπάστηκε» η ύπαρξη των τριγωνομετρικών συναρτήσεων πίσω από την περιοδική μεταβολή. Έτσι, συνειδητοποίησαν ότι η Τριγωνομετρία είναι στενά συνδεδεμένη με την περιοδικότητα και, κατά συνέπεια, ότι μπορεί να αξιοποιηθεί για τη μοντελοποίηση περιοδικών φαινομένων μεγάλης επιστημονικής σημασίας.

Ο ρόλος των ψηφιακών μέσων ήταν καθοριστικός για την πορεία της διαδικασίας δημιουργίας νοημάτων των μαθητών. Παρείχαν έναν εναλλακτικό δυναμικό και κατασκευαστικό τρόπο οπτικοποίησης, μοντελοποίησης και δυναμικού χειρισμού περιοδικών καταστάσεων. Η έρευνα που αναλύθηκε παραπάνω μας έδωσε μια πρώτη εκτίμηση πάνω στις ισχυρές προοπτικές δημιουργίας νοημάτων των μαθητών, όταν αυτοί αλληλεπιδρούν με τα ψηφιακά εργαλεία. Ωστόσο, η αλληλεπίδρασή τους αυτή με τα εργαλεία, ιδιαίτερα κατά την πρώτη φάση, παρέμεινε σε ήπια επίπεδα, καθώς περιλάμβανε κυρίως παρακολούθηση των αναπαραστάσεων της περιοδικότητας. Συνεπώς, δεν περιείχε πολλά κατασκευαστικά στοιχεία, όπως η προσθήκη ή η αλλαγή παραμέτρων που επηρεάζουν το περιοδικό φαινόμενο και η κατασκευή, από τους ίδιους τους μαθητές, νέων ψηφιακών δομημάτων.

Έτσι, λοιπόν, το παρόν άρθρο παρέχει μια αισιόδοξη εγγύηση ενδιαφέροντος σε περαιτέρω έρευνες πάνω στις δυνατότητες χρήσης ψηφιακών αναπαραστάσεων της Τριγωνομετρίας προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα εννοιολογικά συστατικά της μέσω του γόνιμου νοητικού πεδίου της περιοδικότητας. Ίσως αυτός ο τρόπος να παρέχει μια λύση στο διαχρονικό πρόβλημα ύπαρξης φτωχών συνδέσεων μεταξύ των διαφορετικών τριγωνομετρικών εννοιών και αναπαραστάσεων και, κατ' επέκταση, μια υποσχόμενη πρόταση για τη μάθηση της Τριγωνομετρίας. Επόμενος στόχος μας, λοιπόν, είναι να ενσωματώσουμε περισσότερο χώρο για αλληλεπίδραση και κατασκευαστικά στοιχεία στον επανασχεδιασμό νέων ψηφιακών δομημάτων προκειμένου να μελετήσουμε

περαιτέρω την κατανόηση των μαθητών στις τριγωνομετρικές συναρτήσεις και τις ιδιότητές τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blackett, N., & Tall, D. O. (1991). Gender and the versatile learning of trigonometry using computer software. In *Proceedings of the 15th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 144-151). Assisi: PME.
- Breidenbach, D., Dubinsky, E., Hawks, J., & Nichols, D. (1992). Development of the process conception of function. *Educational Studies in Mathematics*, 23, 247-285.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 15-42.
- Dickson, M. M. (2000). *U.S. Patent No. 6,132,217*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Gur, H. (2009). Trigonometry Learning. *New Horizons in Education*, 57(1), 67-80.
- Hirsch, C. R., Weinhold, M., & Nichols, C. (1991). Trigonometry today. *Mathematics Teacher*, 84(2), 98-106.
- Kendal, M., & Stacey, K. (1997). Teaching trigonometry. *Vinculum*, 34(1), 4-8.
- Kynigos C., Zantzos I. (2007) Constructing the shortest path on a cylindrical surface, *Proceedings of the 10th CERME conference, Dublin*
- Kynigos, C., Gavrilis, K. (2006). Constructing a sinusoidal periodic covariation. In *Proceedings of the 30th Conference of the International Group for the Psychology of Education* (Vol. 4, pp. 9-16).
- Kynigos, C. (2015). Constructionism: Theory of Learning or Theory of Design?. In *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 417-438). Springer, Cham.
- Moore, K. C. (2010). *The role of quantitative reasoning in precalculus students learning central concepts of trigonometry*. Arizona State University.
- Newson, C. V., & Randolph, J. F. (1946). Trigonometry without angles. *The Mathematics Teacher*, 39(2), 66-68.
- Noss, R., & Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning cultures and computers* (Vol. 17). Springer Science & Business Media.
- Podbelsek, A. R. (1972). *A Study of Various Deductive Models for Developing and Teaching Plane Trigonometry Including an Investigation of the General Nature of Trigonometry* (Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign).
- Vergnaud, G. (2009). The theory of conceptual fields. *Human development*, 52(2), 83-94.
- Weber, K., Knott, L., & Evitts, T. (2008). Teaching trigonometric functions: Lessons learned from research. *Mathematics teacher*, 102(2), 144-150.



# Καθιστώντας ορατό το αόρατο: Ο ρητός και ο άρρητος λόγος σε ψηφιακό περιβάλλον

Βασιλική Παπαγιαννακοπούλου<sup>1</sup> και Κώστας Χατζηκυριάκου<sup>2</sup>

<sup>1</sup> lykeioagrias, vikipapagiannakopoulou@gmail.com

<sup>2</sup> Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, kxatzkyr@uth.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στοχεύοντας να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις μαθητών και μαθητριών γύρω από τις έννοιες ρητός και άρρητος λόγος ευθυγράμμων τμημάτων, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο το ψηφιακό περιβάλλον Geogebra, επιχειρήσαμε ένα διδακτικό πείραμα με επτά (7) μαθητές και μία μαθήτρια Α' Λυκείου αξιοποιώντας το «νέο» που κομίζουν αυτά τα περιβάλλοντα που είναι η κίνηση των σημείων (dragging). Μέσω αυτής μας δίνεται η δυνατότητα «εξεικόνισης» (visualization) των παραπάνω εννοιών, καθώς η δυνατότητα ταύτισης δύο σημείων πάνω σε μία ευθεία γίνεται το φαινομενολογικό σύμπτωμα ύπαρξης ρητού λόγου, ενώ η αδυναμία ταύτισής τους του άρρητου λόγου. Στα μαθηματικά, το γεωμετρικό «συνεχές» μιας ευθείας το εννοούμε ως ισόμορφο με το σύνολο των πραγματικών αριθμών, όμως σε ένα περιβάλλον DGE (Digital Geometrical Environment) δεν υπάρχουν πραγματικοί, παρά μόνο ρητοί. Κατ' επέκταση το συνεχές της ευθείας δεν είναι παρά ένα ψευδο-συνεχές και η αίσθηση της διαφοράς μεταξύ ρητού και άρρητου ψευδαισθήση. Αν και ακούγεται οξύμωρο λοιπόν να καταδεικνύει κανείς την ύπαρξη του άρρητου εκεί όπου δεν υπάρχει, η προσομοίωση είναι αρκετά καλή για την επίτευξη του διττού στόχου, την διερεύνηση του λόγου αλλά και των ορίων της ψηφιακής του απεικόνισης.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** μέτρηση, ρητός λόγος, άρρητος λόγος, ασύμμετρα τμήματα

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Ευκλείδεια γεωμετρία το μήκος (ή μέτρο) ενός ευθυγράμμου τμήματος είναι ο λόγος του τμήματος με ένα άλλο που το έχουμε θεωρήσει μονάδα μέτρησης. Το αποτέλεσμα όμως δεν είναι πάντα ρητό. Η μέτρηση όμως στο Geogebra είναι πάντα ένας ρητός αριθμός με μέγιστο όριο ακρίβειας τα δεκαπέντε δεκαδικά ψηφία. Οι μαθητές λυκείου αναγνωρίζουν τους άρρητους ως δεκαδικούς με άπειρα μη-περιοδικά δεκαδικά ψηφία, ως δεκαδικούς που δεν προκύπτουν από τη διαίρεση δύο ακεραίων. Έχουν μάθει να χειρίζονται αλγεβρικά τις άρρητες ρίζες και γνωρίζουν πως ανήκουν στο σύνολο των πραγματικών αριθμών. Πώς κατανοούν όμως ένα άρρητο μέγεθος ή ότι δύο ευθύγραμμα τμήματα είναι

ασύμμετρα γεωμετρικά; Γύρω από την παρουσίαση αυτών των εννοιών υπάρχει μία διδακτική αμηχανία που γίνεται εμφανής και στο τρέχον αναλυτικό πρόγραμμα, όπου ενώ στις οδηγίες αναφέρεται ότι «[...] Η έννοια της ασυμμετρίας μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τους μαθητές να ξεκαθαρίσουν την έννοια του άρρητου αριθμού», οι παράγραφοι που αφορούν την έννοια του ρητού λόγου ευθυγράμμων τμημάτων είναι εκτός διδακτέας ύλης και επιπλέον στο τέλος αυτών σημειώνεται απλά ότι ενδέχεται ο λόγος να μην είναι πάντοτε ρητός. Επιπροσθέτως η ασυμμετρία πλευράς και διαγωνίου τετραγώνου αναφέρεται σε ένα ιστορικό σημείωμα και, παρ' ότι βρίσκεται στο βιβλίο γεωμετρίας, αποδεικνύεται με άλγεβρα. Το πρώτο ερώτημα επομένως για εμάς ήταν το πώς κατανοούν οι μαθητές και οι μαθήτριες την έννοια «λόγος ευθυγράμμων τμημάτων» και το δεύτερο ερώτημα ήταν πώς κατανοούν τη διακριτή ψηφιακή πραγματικότητα σε σχέση με τη θεωρητική μαθηματική πραγματικότητα που (υποτίθεται πως) διδάσκονται.

### ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ο λόγος και οι αναλογίες έχουν κομβικό ρόλο τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, βρίσκονται πίσω από ποικίλες έννοιες και θεωρούνται θεμέλιος λίθος των μαθηματικών στο λύκειο (Lesh, Post, & Nothern, 1988). Παρ' όλα αυτά οι έννοιες αυτές είναι δύσκολες, κατακτώνται αργά και κάποιιοι (ακόμα και ενήλικες) δεν τις κατακτούν ποτέ (Tourniaire & Pulos, 1985). Σύμφωνα με τον Vergnaud, έννοιες όπως οι πραγματικοί αριθμοί, ο πολλαπλασιασμός και/ή η διαίρεση, ο λόγος, οι ρητοί και οι άρρητοι, οι γραμμικές σχέσεις, ο ρυθμός μεταβολής, η ομοιότητα, το εμβαδόν και ο όγκος δεν είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη, αλλά ανήκουν σε ένα ευρύτερο πολλαπλασιαστικό εννοιολογικό πεδίο (*multiplicative conceptual field*) (Vergnaud, 1994). Η αναλογική συλλογιστική (*proportional reasoning*), έχει μελετηθεί διεξοδικά για τις ηλικίες μέχρι και το γυμνάσιο, αλλά για τους μαθητές στο λύκειο υπάρχει ένα μεγάλο κενό στη βιβλιογραφία (Dooley, 2006). Ένα από τα βασικά εργαλεία μύησης στον αναλογική συλλογιστική είναι η κατασκευή και χρήση διαφορετικών μονάδων μέτρησης και η εκάστοτε επανερμηνεία των καταστάσεων με βάση τις διαφορετικές μονάδες (Lamon, 1994). Στο διδακτικό πείραμα που επιχειρήσαμε όλες οι παραπάνω έννοιες εξετάζονται μέσα από την ψηφιακή πλατφόρμα του Geogebra, όπου ο ρητός λόγος «κρύβεται» πίσω από έναν δρομέα.

Οι ψηφιακές πλατφόρμες εισχωρούν και εξαπλώνονται σε ολοένα και περισσότερους τομείς και πτυχές της εκπαίδευσης. Ειδικά στον χώρο της μαθηματικής εκπαίδευσης ο τρόπος αξιοποίησης και «εργαλειοποίησης» (*instrumentation*) των δυναμικών γεωμετρικών περιβαλλόντων (DGE - Digital Geometrical Environments) από την εμφάνισή τους (πριν από 30 χρόνια) και μετά, απασχολεί τους ερευνητές σε όλο τον κόσμο (Leung, Chan, & Lopez, 2006; Drijvers, Doorman, Boon, Reed, & Gravemeijer, 2010; Trouche, 2004). Η καινοτομία που «κομίζουν» αυτά τα περιβάλλοντα και γέννησε μεγάλες προσδοκίες είναι η κίνηση των σημείων (*dragging*). Πανεπιστημιακοί δάσκαλοι και ερευνητές τα έβαλαν στο μικροσκόπιο και τα εξέτασαν από τη σκοπιά της επιστημολογίας και της σημειωτικής, από τη σκοπιά του σχεδιασμού των δραστηριοτήτων, από τη σκοπιά της

διδασκτικής σχέσης δασκάλου μαθητών και κατέγραψαν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μάθησης με τη βοήθεια της τεχνολογίας (TEL-Technology Enhanced Learning) (Holzl, 1996; Lopez-Real & Leung, 2006; Leung A. , 2008; Arzarello, Olivero, Paola, & Robutti, 2002; Erez & Yerushalmi, 2006). Στο στόχαστρο μπήκαν και τα εργαλεία μέτρησης των περιβαλλόντων αυτών τα οποία, από ότι έδειξαν οι έρευνες, οι μαθητές φαίνονται να εμπιστεύονται περισσότερο από τις μαθηματικές αποδείξεις (Chazan, 1993; Robutti & Olivero, 2007).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρέμβασή μας πραγματοποιήθηκε σε Ημερήσιο Γενικό Λύκειο και εφαρμόστηκε σε δύο ομάδες, μία με τέσσερις μαθητές και μία με τρεις μαθητές και μία μαθήτρια, ηλικίας 16-17 ετών. Η παρέμβαση έγινε σε ώρες σχολείου και σε ειδικά διαμορφωμένη μικρή αίθουσα υπολογιστών. Τα φύλλα εργασίας ήταν ατομικά και κάθε μαθητής και μαθήτρια εργαζόταν σε διαφορετικούς υπολογιστές. Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος μίας μεγαλύτερης έρευνας με θέμα τον λόγο, το λεγόμενο θεώρημα του Θαλή και την ομοιότητα. Εδώ παρουσιάζουμε τα πρώτα δύο διδακτικά επεισόδια συνολικής διάρκειας 3 διδακτικών ωρών, τα οποία απείχαν χρονικά διάστημα μίας εβδομάδας. Αφορούν τον ρητό και άρρητο λόγο ευθυγράμμων τμημάτων. Το μεθοδολογικό πλαίσιο της ερευνητικής αυτής παρέμβασης είναι το διδακτικό πείραμα (Steffe & Thompson, 2000). Σύμφωνα με αυτό, η έρευνά μας ήταν προσανατολισμένη στη διαδικασία ανάπτυξης και πραγμάτευσης των νοημάτων που θα κατασκεύαζαν οι μαθητές και η μαθήτρια γύρω από τις προαναφερόμενες έννοιες, έχοντας ως εργαλεία σημειωτικής διαμεσολάβησης τα προκατασκευασμένα αρχεία Geogebra στον υπολογιστή, το ποντίκι, καθώς και δομημένα φύλλα εργασίας με ερωτήσεις στις οποίες απαντούσαν και γραπτώς, αφού πρώτα διερευνούσαν τα αντικείμενα στην οθόνη τους. Οι ενέργειές τους στην οθόνη καταγράφονταν με screen recorder και όλες οι συνομιλίες και οι διάλογοι ηχογραφούνταν. Όλα τα παιδιά που συμμετείχαν είχαν θετική στάση απέναντι στα μαθηματικά και καλές επιδόσεις.

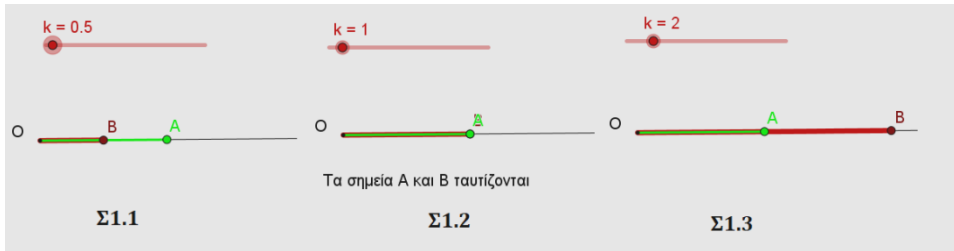
## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ

Τα δύο αυτά διδακτικά επεισόδια περιλαμβάνουν τρία διαφορετικά αρχεία Geogebra και τρία αντίστοιχα φύλλα εργασίας. Στην παρούσα εργασία, η περιγραφή και η ανάλυση γίνεται ανά θεματικό επεισόδιο και όχι ανά ομάδα.

### Πρώτο διδακτικό επεισόδιο (1 διδακτική ώρα)

Ξεκινώντας τα παιδιά άνοιγαν το Αρχείο1.ggb και τους δίνονταν το πρώτο φύλλο εργασίας. Στην επιφάνεια εργασίας του Geogebra υπήρχαν μία ημιευθεία  $Ox$ , και πάνω σε αυτήν ένα σταθερό σημείο  $A$  και ένα «κινητό» σημείο  $B$ . Το  $B$  δεν κινούνταν πάνω στην ημιευθεία με τον συνήθη τρόπο, δηλαδή «σύροντάς το» με το ποντίκι, αλλά με τη βοήθεια ενός δρομέα  $k$ . Η θέση του σημείου  $B$  καθοριζόταν από τον δρομέα έτσι ώστε για κάθε τιμή του  $k$  το μήκος του  $OB$  να είναι  $OB = k \cdot OA$ , κάτι που οι μαθητές δεν γνώριζαν, αλλά έπρεπε να το ανακαλύψουν. Ο δρομέας είχε οριστεί να παίρνει τιμές από

0 έως 12, με βήμα 0,1. Στα στιγμιότυπα Σ1.1, Σ1.2 και Σ1.3 φαίνονται οι θέσεις των Α, Β για τις τιμές του  $k = 0,5$ ,  $k = 1$  και  $k = 2$ .



Στις ερωτήσεις του φύλλου ζητούσαμε να βρουν τη σχέση που συνδέει τα  $OA$ ,  $OB$  και  $k$ , εάν μπορούμε να «μετρήσουμε» το  $OB$  με μονάδα μέτρησης το  $OA$ , το μέτρο του  $OB$  και τι παριστάνει ο δρομέας. Η αρχική μας υπόθεση ήταν ότι τα παιδιά αλληλεπιδρώντας με τα αντικείμενα στην επιφάνεια εργασίας θα παρατηρούσαν κατ' αρχήν ότι ο δρομέας  $k$  σχετίζεται με το μέτρο (μήκος) του  $OB$  και ότι, αφού στη θέση  $k = 1$ , ήταν  $OA = OB$ , στη θέση  $k = 2$  ήταν  $OB = 2 \cdot OA$ , στη θέση  $k = 3$  ήταν  $OB = 3 \cdot OA$  κ.ο.κ., εντέλει θα οδηγούνταν στο γενικότερο συμπέρασμα ότι  $OB = k \cdot OA$ .

Ένα αρχικό πρόβλημα ήταν η ερμηνεία της λέξης «μέτρο». Τα παιδιά δεν ήξεραν πώς να τη ερμηνεύσουν. Ο Ζ, για παράδειγμα απάντησε ότι το  $OA$  είναι το μέτρο του  $OB$ , λέγοντας ότι: «το  $OA$  είναι ένας τρόπος σύγκρισης για να αποδειχθεί ένα μήκος ή μία σχέση μεταξύ δύο τμημάτων», εννοώντας δηλαδή ότι το μέτρο είναι η μονάδα μέτρησης. Για άλλους η λέξη μέτρο προκάλεσε συνειρμούς από τη φυσική, αφού τους θύμισε το «μέτρο της δύναμης». Προς αποφυγήν παρεξηγήσεων, στα επόμενα φύλλα αντικαταστήσαμε τη λέξη μέτρο με τη λέξη μήκος. Για τον Ζ, η μεταβλητότητα του  $OB$  φάνηκε να είναι πρόβλημα και γι' αυτό ρωτάει: «Κυρία, αφού το  $OB$  δεν είναι σταθερό ευθύγραμμο τμήμα. Όταν λέτε τι σχέση υποτίθεται ότι έχει το  $OB$  με το  $OA$ , με ποιο από όλα τα  $OB$  που μπορεί να προκύψουν εννοείτε;». Ο Ζ, αναγνώριζε την πολλαπλασιαστική σχέση μεταξύ του  $OB$ ,  $OA$  και  $k$  για δεδομένες τιμές του  $k$ , αλλά δεν κατέληξε ποτέ στη γενίκευση ότι  $OB = k \cdot OA$ .

Η Μ. θεώρησε ότι  $OA = 1$ , οπότε ταύτισε το μέτρο του  $OB$  με το  $k$ . Αυτό θα μπορούσε να δείχνει ότι αναγνώρισε το  $OA$  ως μονάδα μέτρησης. Όμως δεν ήταν έτσι καθώς παρακάτω γράφει: «Το μέτρο του  $OB = k \cdot OA = OB$  όταν  $k = 1$ , άρα  $OA = 1$ » Δηλαδή δεν ήταν ότι είχε «βαφτίσει» το  $OA = 1$  επειδή το θεώρησε μονάδα μέτρησης, αλλά επειδή για  $k = 1$  ταυτίζονταν με το  $OB$ . Στην ερώτηση «Με ποια σχέση συνδέονται το  $OB$ ,  $OA$  και το  $k$ ;» η Μ. απάντησε: «Τελικά  $OB = k$  και το  $OA = OB$  όταν  $k = 1$ , το  $OB = k$  άρα και το  $OA = k$ , δηλαδή  $OA = OB = k = 1$ ».

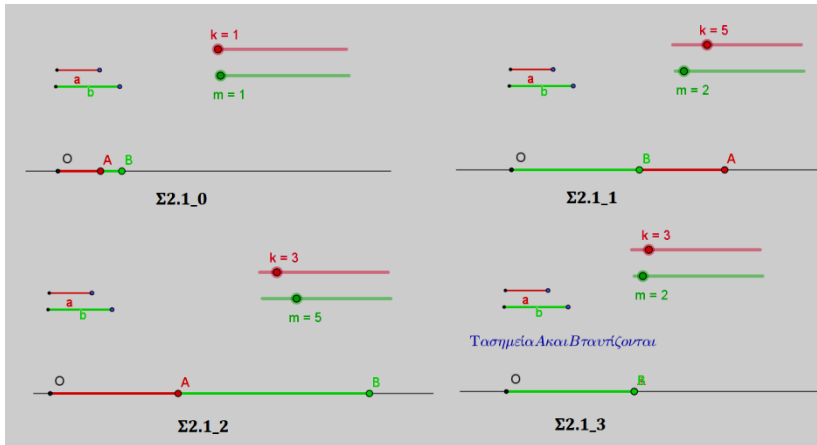
Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα αποδείχθηκε ότι ήταν η αναγνώριση της πολλαπλασιαστικής σχέσης μεταξύ των  $OA$ ,  $OB$  και  $k$ . Τα μισά παιδιά σκέφτηκαν προσθετικά. Ο Γ. ταύτισε το  $k$  με τη διαφορά  $OB - OA$  και στην ερώτηση για την σχέση που έχουν τα  $OA$ ,  $OB$ ,  $k$  απάντησε:

«Για  $k = 1$ ,  $OA = OB$ . Για  $k > 1$ ,  $OA + k = OB$  και για  $k < 1$ ,  $OA > OB$ ».

Συνολικά 2 μόνον από τα 8 παιδιά βρήκαν με ευκολία τη σχέση  $OB = k \cdot OA$ , ακόμα δύο την υποψιάζονταν αλλά δεν μπορούσαν να την γενικεύσουν και να την εκφράσουν αλγεβρικά και τα άλλα τέσσερα σκέφτηκαν προσθετικά.

**Δεύτερο διδακτικό επεισόδιο (2 συνεχόμενες διδακτικές ώρες)**

Το δεύτερο διδακτικό επεισόδιο περιλάμβανε δύο αρχεία, το Αρχείο2.1.ggb και το Αρχείο2.2.ggb και δύο φύλλα εργασίας. Το πρώτο αφορούσε τον ρητό λόγο δύο τμημάτων και το δεύτερο τον άρρητο λόγο. Ανοίγοντας το Αρχείο 2.1 οι μαθητές στην επιφάνεια εργασίας του Geogebra αντίκριζαν τα εξής: (βλέπε στιγμιότυπα Σ2.1 0,1,2,3). Μία ημιευθεία  $Ox$ , δύο μεταβλητά χρωματιστά ευθύγραμμα τμήματα τα  $OA$ ,  $OB$ , δύο σταθερά ευθύγραμμα τμήματα  $a$  και  $b$  εκτός ευθείας και δύο δρομέες  $k$  και  $m$ . Ο δρομέας  $k$  «κινούσε» το σημείο  $A$ , ο δρομέας  $m$  το  $B$ , με τρόπο ώστε για κάθε τιμή των  $k$  και  $m$ ,  $OA = k \cdot a$  και  $OB = m \cdot b$ . Οι δρομέες είχαν το ίδιο χρώμα με τα το χρώμα των τμημάτων με το οποίο συνδέονταν ώστε να υπονοούν εμφανώς τη σχέση ανάμεσά τους.



Αναμέναμε, με βάση την προηγούμενη εμπειρία τους, και αφού έβλεπαν ότι για  $k = 2$  το  $OA = 2 \cdot a$ , για  $k = 3$  το  $OA = 3 \cdot a \dots$  κοκ, να αντιληφθούν τη γενική αλγεβρική σχέση ότι  $OA = k \cdot a$  και αντίστοιχα  $OB = m \cdot b$ . Τα σημεία ταυτίζονταν για τις τιμές  $(k,m) = (3,2)$ ,  $(6,4)$ ,  $(9,6)$  και  $(12, 8)$ . Η αρχική μας υπόθεση λοιπόν ήταν ότι τα παιδιά θα έβλεπαν ότι ο λόγος  $k/m$  τότε παραμένει σταθερός και είναι ίσος με  $3/2$ . Οπότε αυτό θα τους οδηγούσε να βρουν το λόγο  $b/a$  καθώς τα  $a, b$  σταθερά ευθύγραμμα τμήματα και:

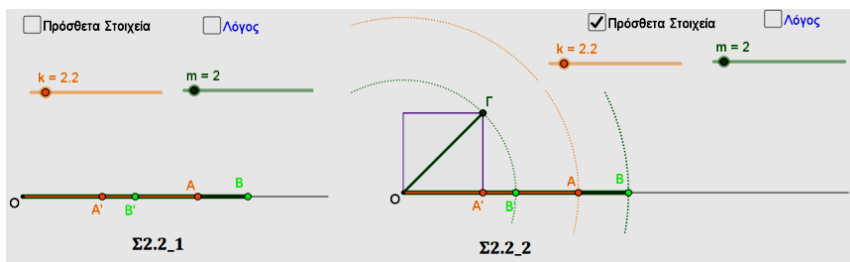
$$OA = OB \Leftrightarrow k \cdot a = m \cdot b \Leftrightarrow \frac{k}{m} = \frac{b}{a} = \frac{3}{2} \quad \text{οπότε} \quad \frac{OB}{OA} = \frac{m \cdot b}{k \cdot a} = \frac{m}{k} \cdot \frac{3}{2}. \quad \text{Το ένα ζητούμενο λοιπόν ήταν να δουν ότι ο λόγος } OB/OA \text{ ήταν σε κάθε περίπτωση ρητός, το}$$

δεύτερο ότι τα τμήματα είναι σύμμετρα και αυτό γιατί ο λόγος των δύο μονάδων μέτρησης ήταν κι αυτός ρητός (άρα η μία μονάδα «μετράει» την άλλη) και όλα αυτά συνέβαιναν ακριβώς επειδή τα σημεία A και B μπορούσαν να ταυτιστούν. Πώς όμως θα ήξεραν οι μαθητές ότι τα σημεία ταυτίζονταν; Είχαμε σχεδιάσει το αρχείο έτσι ώστε όταν τα σημεία πραγματικά ταυτίζονταν (με την ειδική εντολή εσωτερικής διεργασίας ελέγχου ταυτοποίησης) να εμφανίζεται στην επιφάνεια εργασίας το μήνυμα «τα σημεία ... και ... ταυτίζονται». Τότε και μόνον τότε θα μπορούσαν να είναι σίγουροι οι μαθητές ότι τα σημεία ταυτίζονται. (βλ. Σ2.1 3)

Το 3ο φύλλο εργασίας και το Αρχείο2.2.ggb είχε ως στόχο την ανάδειξη του άρρητου λόγου γενικά, αλλά και ειδικά μέσα στο ψηφιακό περιβάλλον. Η στρατηγική μας σε αυτό το φύλλο ήταν η πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης με τις προηγούμενες σκηνές όπου σε ένα αρχείο φαινομενικά ίδιο με το Αρχείο2.1.ggb τα παιδιά καλούνταν, κινώντας τους δρομείς, να καταφέρουν όπως και στο προηγούμενο φύλλο να κάνουν τα δύο κινητά σημεία της ευθείας να ταυτιστούν. Αυτό όμως θα αποδεικνυόταν αδύνατον καθώς το μέτρο του OA καθοριζόταν από τον δρομέα k με μονάδα μέτρησης την πλευρά a ενός κρυμμένου τετραγώνου, ενώ το μέτρο του OB καθοριζόταν από τον δρομέα m με μονάδα μέτρησης τη διαγώνιο του κρυμμένου τετραγώνου. Επομένως ο λόγος OB/OA ήταν

άρρητος αφού 
$$\frac{OB}{OA} = \frac{k \cdot a}{m \cdot b} = \frac{k \cdot \acute{\alpha}}{m \cdot \sqrt{2} \cdot \acute{\alpha}} = \frac{k\sqrt{2}}{2m}$$
. Στα παραπάνω θα κατέληγαν αφού

αποκαλυπτόταν στην επιφάνεια εργασίας, με το πάτημα ενός κουμπιού, το κρυμμένο τετράγωνο. Ο άρρητος λόγος θα ήταν η αφορμή για έναν γόνιμο και εποικοδομητικό διάλογο σχετικά με την υπόσταση των αρρήτων στα μαθηματικά και στο Geogebra και τον λόγο που δεν μπορούσαν να ταυτιστούν τα δύο δυναμικά σημεία.



Στην περίπτωση του ρητού λόγου, μόνον ένας μαθητής κατέληξε να γράψει ότι  $OB/OA=3m/2k$  παρ' όλο που με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, όλα τα παιδιά αναγνώρισαν ότι τα ζεύγη των τιμών (k,m) για τα οποία τα A και B ταυτίζονταν είχαν σταθερό λόγο  $k/m=3/2$ , χωρίς απαραίτητα να το διατυπώνουν έτσι. Οι πέντε από τους οχτώ τον έγραψαν σε δεκαδική μορφή είτε ως 1,5 είτε ως 0,666 ... (τον αντίστροφο) και τον ταύτισαν με τον λόγο OB/OA. Είτε γιατί είχαν «βαφτίσει» προηγουμένως και τις δύο μονάδες μέτρησης a = 1 και b = 1, παραγνωρίζοντας το γεγονός ότι δεν ήταν ίσες, ταυτίζοντας έτσι το μέτρο των OB, OA με τους δρομείς m και k αντίστοιχα, είτε γιατί υπολόγισαν το λόγο OB/OA

όχι για οποιεσδήποτε τιμές των  $k$  και  $m$ , αλλά για τις τιμές  $k = 1$  και  $m = 1$ , ταυτίζοντάς τον με το λόγο  $b/a$ . Παραγνωρίζοντας επίσης ότι ο λόγος  $k/m$  δεν ήταν σταθερός για όλες τις τιμές των  $k$  και  $m$ , αλλά μόνο γι' αυτές που τα  $OA$  και  $OB$  ταυτίζονταν. Ο  $Z$ . αντιλήφθηκε τον λόγο  $OB/OA$  ως μία διαίρεση που πρέπει να κάνει (όπως οι περισσότεροι), αλλά η μεταβλητότητα των  $OA$ ,  $OB$  τον μπερδέυε και πάλι.

#### Διάλογος 2

- Z: Πώς γίνεται να κάνουμε διαίρεση σε μία μη-σταθερή τιμή;  
 -E2: Τι είναι η μη-σταθερή τιμή;  
 -Z: Ας πούμε... το  $OA$  δεν έχει σταθερή τιμή.  
 -E2: Ωραία... το  $OB$  έχει;  
 -Z: Ούτε το  $OB$  έχει σταθερή τιμή.  
 -E2: Ωραία.  
 -Z: Σε ποιο ακριβώς σημείο θα πάρουμε τη διαίρεση; Ή θα πάρουμε σε όλα τα σημεία;  
 -E2: Μισό λεπτό... Η διαίρεση... ποια διαίρεση εννοείς;  
 -Z:  $OA/OB$

Σύμφωνα με τον Piaget, η αναλογική συλλογιστική έχει 4 στάδια ανάπτυξης. Το τρίτο στάδιο είναι το «προ-αναλογικό», στο οποίο το υποκείμενο αντιλαμβάνεται ότι μεγαλώνει ένα μέγεθος, το μεγαλώνει όμως προσθετικά εστιάζοντας στην αύξηση των διαφορών, χωρίς να συνειδητοποιεί ότι μία σταθερά μεταβαλλόμενη ποσότητα σημαίνει σταθερός λόγος. Θεωρητικά ένας μαθητής στο λύκειο θα πρέπει να βρίσκεται στο τελευταίο στάδιο «το αναλογικό», όπου έχει οικοδομήσει την έννοια λόγος και αναλογία μαζί με όλες τις προϋποτιθέμενες της (μέτρο, πηλίκo, συντελεστής, ρητός, πραγματικός) και μπορεί να κάνει χρήση συμβόλων, αλγορίθμων και γλώσσας μέσα στο πεδίο. Όμως αυτό που παρατηρεί και γράφει ο  $Z$ . είναι: «...βλέπουμε το μοτίβο ότι όσο αυξάνεται το μήκος με τη δοσμένη αναλογία, κάθε φορά που τα σημεία ταυτίζονται, η διαφορά των  $k$  και  $m$  αυξάνεται κατά 1». Ο μαθητής όμως είχε αναγνωρίσει όπως φαίνεται στη συνέχεια ότι τα ζεύγη  $k$ ,  $m$  για τα οποία μιλούσαμε έδιναν το πηλίκo 1,5, αλλά δεν έδωσε σημασία σε αυτό θεωρώντας περισσότερο άξιο σχολιασμού τη σταθερά προσθετική αύξηση των διαφορών. Το αξιοπρόσεκτο λοιπόν εδώ είναι ότι όχι μόνο αυτή η αύξηση των διαφορών δεν ήταν ταυτόσημη με τον σταθερό λόγο, αλλά δεν υπήρχε ούτε ένα ίχνος συνειρμικής σύνδεσης του ενός φαινομένου με το άλλο.

Ως προς το δεύτερο αρχείο με τον άρρητο λόγο τα παιδιά χρειάστηκαν αρκετή καθοδήγηση από εμάς για να θυμηθούν πώς να χρησιμοποιήσουν το γνωστό κατά τα άλλα σε αυτούς πυθαγόρειο θεώρημα για να καταλήξουν στο ότι  $b/a = \sqrt{2}$ . Ως αιτία της αδυναμίας ταύτισης των σημείων οι  $A$ . και  $\Gamma$ . έδωσαν το ότι οι δρομείς  $k$  και  $m$  δεν είχαν μεγάλη ακρίβεια.

## Διάλογος 2.6

- A: Αν οι δρομείς είχαν περισσότερα δεκαδικά, μπορεί και να ταυτίζονταν τα σημεία.
- E1: Πόσα παραπάνω; Αν είχε δύο θα ήταν ΟΚ;
- A: Όχι, παραπάνω... πολύ παραπάνω.
- E1: Πόσα;
- A: Δέκα...
- Γ: Θα έπρεπε τα k και m να μπορούν να μετράνε και το ένα εκατομμύριο τελευταίο ψηφίο ακριβώς και πάλι δεν θα γινόταν... εδώ έχουμε μόνο ένα δεκαδικό ψηφίο.
- E1: Κατάλαβα, κατάλαβα. Εσύ λες ότι ο δρομέας δεν έχει μεγάλη ακρίβεια... γι' αυτό..

Ακολούθησε μία συζήτηση έως ότου γίνει κατανοητό από όλους ότι σε ένα ψηφιακό σύστημα, η αποτύπωση ενός αρρήτου θα είναι πάντα μία ρητή προσέγγισή του με προαποφασισμένο όριο. Αν ορίζαμε λοιπόν ένα τμήμα ρητού μήκους ίσου μέχρι και τα πρώτα 15 δεκαδικά ψηφία ενός άρρητου τμήματος με μήκος π.χ.  $\sqrt{2}$ , το σύστημα θα τα θεωρούσε ίσα.

**ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Τα παιδιά σε αυτό το διδακτικό πείραμα εργάστηκαν στο ψηφιακό περιβάλλον Geogebra, με δομημένα φύλλα εργασίας πάνω στις έννοιες ρητός και άρρητος λόγος ευθυγράμμων τμημάτων. Ένα από τα οφέλη του διδακτικού πειράματος είναι ότι εκτός από τους μαθητές, τροποποιούν και προσαρμόζουν τις πεποιθήσεις τους και οι δάσκαλοι (Steffe & Thompson, 2000). Έτσι η ανάλυση των δεδομένων μας έδειξε ότι κάποιες από τις δυσκολίες που προέκυψαν θα μπορούσαν να ξεπεραστούν με μία διαφορετική δόμηση των φύλλων εργασίας και καλύτερη διατύπωση των ερωτήσεων. Ακόμη μία αιτία αποπροσανατολισμού των μαθητών ήταν η μη ομογενοποιημένη μορφή των εγβ, λόγω αλλαγής συμβόλων και «σημείων», όπως για παράδειγμα η διαφορετική θέση της μονάδας μέτρησης που άλλοτε ήταν πάνω στην ημιευθεία που βρίσκονταν τα σημεία και άλλοτε εκτός.

Αν και ένας μαθητής ή μαθήτρια λυκείου δεν θα έπρεπε να έχει πρόβλημα με τη «μέτρηση» και με ό,τι αυτή περιλαμβάνει, παρουσιάστηκαν παρανοήσεις που έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία σε μικρότερες ηλικίες. Όπως για παράδειγμα, η προσθετική προσέγγιση έναντι της πολλαπλασιαστικής, η αδυναμία σύνδεσης της αναλογίας με τις σταθερά αυξανόμενες διαφορές και η αδυναμία παραλλαγής της μονάδας μέτρησης όταν αυτή δεν είναι υποδιαίρεση του μέτρου (Tourmiaire & Pulos, 1985). Ευρήματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον, δεδομένου του ερευνητικού κενού στο πεδίο σε μαθητές λυκείου (Dooley, 2006). Θεωρούμε ότι με αυτές τις δραστηριότητες προκρίνεται η εννοιολογική κατανόηση του λόγου ευθυγράμμων τμημάτων, έναντι της διαδικαστικής. Η διδασκαλία των εννοιών, κατά τον Freudenthal, είναι η ραχοκοκαλιά της γνωστικής δομής μας. Ο ίδιος, προτρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ανασυγκροτείται



για τον μαθητή και τη μαθήτριά η προβληματική κατάσταση μέσα στην οποία εμφανίστηκε το φαινόμενο για το οποίο δημιουργήθηκε η έννοια (Freudenthal, 1999). Η «μέτρηση» και οι άρρητοι έχουν βαθιές ρίζες στη γεωμετρία. Στο σχολείο όμως η «μέτρηση» εξετάζεται μόνο από την πλευρά της αριθμητικής, ως μηχανισμός διαίρεσης, ενώ η γεωμετρική της απόδοση έχει ταυτιστεί μόνο με το μέτρο και τις υποδιαίρεσεις του. Η έννοια του ρητού έχει οικοδομηθεί απλά ως κάτι που μπορεί να γραφεί ως κλάσμα και το κλάσμα ως μία διαίρεση που έχει ένα αποτέλεσμα: ακέραιο ή δεκαδικό. Έτσι και ο λόγος  $3/2$  για τα παιδιά ήταν ο δεκαδικός αριθμός 1,5. Αυτή η ισοπέδωση και «φτωχοποίηση» των εννοιών, οδηγεί στη ρηχή αντίληψη ότι κάθε λόγος είναι ένα κλάσμα που στην περίπτωση του άρρητου είναι λανθασμένη.

Το «νέο» που κομίζουν τα *dge*, η κίνηση των σημείων ή αλλιώς το επονομαζόμενο *dragging*, επιτρέπει ή προτρέπει τους μαθητές να επιχειρούν νέου τύπου «δυναμικές λύσεις» ή λύσεις ‘*drag to fit*’, όπως έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία, του τύπου «να σύρουμε αυτό το σημείο μέχρι να πέσει πάνω στο άλλο ή μέχρι να επιτύχουμε το επιθυμητό μέγεθος» (Lopez-Real & Leung, 2006; Παπαγιαννακοπούλου & Χατζηκυριάκου, 2014). Οι μαθητές αν και δέχονται ότι τέτοιες λύσεις είναι μη αποδεκτές ως γεωμετρικές λύσεις, δεν κατανοούν συνήθως γιατί αυτές ούτε είναι πάντοτε εφικτές ούτε πάντα ασφαλείς. Το φαινομενολογικό σύμπτωμα της αδυναμίας ταύτισης δύο σημείων ήταν κάτι που προξένησε στους μαθητές μας έκπληξη και προβληματισμό. Παρ’ όλα τα προβλήματα και τις αδυναμίες που ανέκυψαν, με τις δραστηριότητες που σχεδιάσαμε, οι μαθητές φάνηκε ότι τελικά κατανόησαν τον διακριτό χαρακτήρα του ψηφιακού περιβάλλοντος και, μέσω της κατανόησης αυτής, άρχισαν να αναγνωρίζουν τον συνεχή χαρακτήρα του άρρητου λόγου. Η ανέφικτη εμφάνιση της ταύτισης ίσως έγινε για τους μαθητές εργαλείο θέασης αυτού που προηγούμενα δεν μπορούσαν να αντιληφθούν.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., & Robutti, O. (2002, June). A cognitive analysis of dragging practises in Cabri environments. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, pp. 66-72.
- Chazan, D. (1993). High School Geometry Students' justification for their views of Empirical Evidence and Mathematical Proof. *Educational Studies in Mathematics, Vol 24, N.4, Aspects of Proof*, pp. 359-387.
- Dooley, K. (2006). *An investigation of Proportional Thinking among High School Students (Phd Dissertation)*. Retrieved from Clemson University: [http://tigerprints.clemson.edu/all\\_dissertations](http://tigerprints.clemson.edu/all_dissertations)
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010, July 14). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, pp. 213-234.
- Erez, M., & Yerushalmi, M. (2006). "If you can turn a rectangle into a square, you can turn square into a rectangle..." Young Students Experience the Dragging Tool. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, pp. 271-299.
- Freudenthal, H. (1999). *Didactical Phenomenology og Didactical Structures*. New York: Kluwer Academic Publishers.

- Holz, R. (1996). How does 'Dragging' affect the learning of geometry? *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, pp. 169-187.
- Holz, R. (2001). Using Dynamic Geometry Software to Add Contrast to Geometric Situations – A Case Study. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6, pp. 63-86.
- Lamon, S. (1994). Ratio and proportion: Cognitive foundations in unitizing and norming. In J. Confrey, & G. Harel, *The development of multiplicative reasoning in* (pp. 89-121). Albany, NY: State University of New York Press.
- Lesh, R., Post, T., & Nothorn, M. B. (1988). Proportional Reasoning. In M. B. James Hiebert, *Number Concepts and Operations in the Middle Grades* (pp. 93-108). Reston, VA: Lawrence Erlbaum & National Council of Teachers of Mathematics.
- Leung, A. (2008, July 2). Dragging in a Dynamic Geometry Environment Through the Lens of Variation. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, pp. 135-157.
- Leung, A., Chan, Y., & Lopez, F. (2006). Instrumental Genesis in Dynamic Geometry Environments. *Proceedings of the Seventeenth ICMI Study Conference "Technology Revisited"* (pp. 346-353). Hanoi (University of Technology) : Celia Hoyles, Jean-Baptiste Lagrange, Le Hung Son and Nathalie Sinclair .
- Lopez-Real, F., & Leung, A. (2006, September 15). Dragging as a conceptual tool in dynamic geometry environments. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, pp. 665-679.
- Robutti, O., & Olivero, F. (2007, June 7). Measuring in dynamic geometry environments as a tool for conjecturing and proving. *International Journal of Computers for Mathematical Education*, pp. 135-156.
- Son, J.-W. (2013, September). How preservice teachers interpret and respond to student errors: ratio and proportion in similar rectangles. *Educational Studiew in Mathematics*, pp. 49-70.
- Stakhov, A. (2009, September). *The Mathematics of Harmony - From Euclid to Contemporary Mathematics and Computer Science*. World Scientific.
- Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Teaching Experiment Methodology: Underlying Principles and Essential Elements. In L. & Kelly, *Research design in mathematics and science education* (pp. 267-307). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Tourniaire, F., & Pulos, S. (1985). Proportional reasoning: A review of the literature. *Educational Studies in Mathematics 16* , pp. 181-204.
- Trouche, L. (2004, September). 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 Volume 9, Number 3*, pp. 281-295.
- Vergnaud, G. (1994). Multiplicative Conceptual Field: What and Why? In E. b. Confrey, *The Development of Multiplicative Reasoning in the Learning of Mathematics* (pp. 41-60). State University of New York: Judith Sowder, SUNY Series, Reform in Mathematics Education.
- Παπαγιαννακοπούλου, Β., & Χατζηκυριάκου, Κ. (2014). Ευκλείδης και Euclidraw: Η ευκλείδεια αντίληψη του εμβαδού και η σύγχρονη προσέγγισή του από μαθητές στο ψηφιακό περιβάλλον EuclidDraw. *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου ENEAIM (Ένωση Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών)*. Φλώρινα: ΕΝΕ..ΔΙ.Μ.

# Νοεροί υπολογισμοί με ρητούς: έχει σημασία η βαθμίδα εκπαίδευσης;

Ιωάννης Παπαδόπουλος<sup>1</sup>, Μιχαήλ Καρακώστας<sup>2</sup> και  
Στυλιανή Παναγιωτοπούλου<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΑΠΘ,  
<sup>1</sup>[yrapadop@eled.auth.gr](mailto:yrapadop@eled.auth.gr), <sup>2</sup>[kmichait@eled.auth.gr](mailto:kmichait@eled.auth.gr), <sup>3</sup>[sepanagio@eled.auth.gr](mailto:sepanagio@eled.auth.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτοί μαθητές της Πρωτοβάθμιας (Στ' Δημοτικού) και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (μαθητές Λυκείου) όπως επίσης και φοιτητές της Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης (φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ), Μαθηματικού Τμήματος και Πολυτεχνείου) καλούνται να εκτελέσουν νοερούς υπολογισμούς που εμπλέκουν ρητούς αριθμούς. Αυτό που κυρίως εξετάζεται είναι η προσέγγιση στην οποία ανατρέχουν προκειμένου να υπολογίσουν το εξαγόμενο και κατά πόσο αυτή η επιλογή διαφοροποιείται κατά μήκος των βαθμίδων. Τα δεδομένα της έρευνας δείχνουν την κυριαρχία της χρήσης του αλγόριθμου ανεξαρτήτως βαθμίδα εκπαίδευσης όπως επίσης και το πολύ μικρό εύρος στο πλήθος των χρησιμοποιούμενων προσεγγίσεων.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** νοεροί υπολογισμοί, ρητοί, αλγόριθμος, στρατηγικές υπολογισμού

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι νοεροί υπολογισμοί στις αριθμητικές παραστάσεις αναφέρονται στη διαδικασία υπολογισμού ενός ακριβούς αριθμητικού αποτελέσματος χωρίς τη χρήση εξωτερικών συσκευών υπολογισμού και καταγραφής και συνήθως απαιτούν νοερές στρατηγικές. Ήδη από το 1924 ο Καραθεοδωρή σε ομιλία του στην Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία επισημαίνει τη σπουδαιότητά τους και τονίζει πόσο σημαντικό είναι να μπορεί ο μαθητής «να λογαριάσει από μνήμης και όχι να γράφει άπλως αφαιρέσεις ή πολλαπλασιασμούς». Στο χώρο της έρευνας των νοερών υπολογισμών, σημαντικό κομμάτι που έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές, αποτελεί η προσπάθεια καταγραφής των στρατηγικών υπολογισμού καθώς και η κατηγοριοποίησή τους. Το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών αυτών επικεντρώνεται στους νοερούς υπολογισμούς που εμπλέκουν φυσικούς αριθμούς στις τέσσερις βασικές πράξεις. Πλέον όμως υπάρχει εκδηλωμένο ενδιαφέρον τόσο στις πράξεις όσο και στη σύγκριση ρητών/δεκαδικών αριθμών. Σε αυτό το πλαίσιο, η συγκεκριμένη έρευνα εστιάζει στις στρατηγικές που χρησιμοποιούν διαφορετικοί ηλικιακά πληθυσμοί για να επιτελέσουν νοερά υπολογισμούς που εμπλέκουν ρητούς

αριθμούς. Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα που προσπαθεί να απαντήσει η εργασία αυτή είναι:

- Ποιο είναι το εύρος των στρατηγικών που χρησιμοποιούνται από τους λύτες όταν αυτοί έρχονται αντιμέτωποι με τον υπολογισμό μίας πράξης ανάμεσα σε ρητούς ή σε έναν φυσικό και έναν ρητό αριθμό;
- Πώς κατανέμονται αριθμητικά οι στρατηγικές αυτές στο σύνολο του πληθυσμού και πώς διαφοροποιούνται ανάμεσα στους διαφορετικούς πληθυσμούς της έρευνας;

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ**

Η Cathy Seeley (2005), Πρόεδρος του NCTM για την περίοδο 2004–2006, καλεί την εκπαιδευτική κοινότητα να αντιληφθεί τη σπουδαιότητα της ικανότητας εκτέλεσης νοερών υπολογισμών γράφοντας ένα άρθρο στο οποίο έδωσε τον τίτλο “Do the Math in Your Head!”. Τη σπουδαιότητα αυτή την συσχετίζει όχι μόνο με την ικανότητα να εκτελούν οι μαθητές γρήγορα τους υπολογισμούς αλλά μέσα από μια ευρύτερη προοπτική υποστηρίζει ότι αυτή η ικανότητα εμπλέκει εννοιολογική κατανόηση και ικανότητα στην επίλυση προβλήματος. Επίσης, οι νοεροί υπολογισμοί αποτελούν ένα μέσο υπολογισμού επίκαιρο και χρηστικό, καθώς χρησιμοποιούνται από όλους σε καθημερινή βάση, ως άμεσος και γρήγορος τρόπος υπολογισμού. Έρευνες δείχνουν ότι πάνω από τα τρία τέταρτα των πράξεων που εκτελούν στην καθημερινή τους ζωή οι άνθρωποι βασίζονται σε νοερούς υπολογισμούς (McIntosh, 2006). Επιπλέον, προάγουν τη δημιουργική και ανεξάρτητη σκέψη, αναπτύσσουν την ουσιαστική αίσθηση του αριθμού, αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη της ικανότητας της εκτίμησης και οδηγούν πιο φυσικά από τις άτυπες γραπτές μεθόδους υπολογισμών προς τη χρήση αλγορίθμων (Thompson, 2010).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η μεγάλη πλειοψηφία των ερευνητικών εργασιών είναι επικεντρωμένη στους υπολογισμούς με φυσικούς αριθμούς όπου έχουν καταγραφεί ένα μεγάλο πλήθος διαφορετικών στρατηγικών που χρησιμοποιούνται για τις τέσσερις πράξεις. Αντίθετα, η σχετική με τους ρητούς βιβλιογραφία, ως περισσότερο πρόσφατη, είναι περιορισμένη. Μια συστηματική καταγραφή των σχετικών στρατηγικών για κλάσματα, δεκαδικούς και ποσοστά που έγινε από τους Caney και Watson (2003) και αφορά μαθητές των δυο πρώτων βαθμίδων εκπαίδευσης έδειξε ότι πολλές από τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για τις πράξεις με φυσικούς αριθμούς, χρησιμοποιούνται και στους ρητούς. Αυτές οι στρατηγικές κατηγοριοποιήθηκαν σε εργαλειακές (instrumental) και εννοιολογικές (conceptual). Οι πρώτες περιλαμβάνουν στρατηγικές βασισμένες σε κάποιο κανόνα και ακολουθούνται μηχανιστικά χωρίς να απαιτούν κατανόηση. Σε αντίθεση, οι δεύτερες που συνήθως είναι δημιουργήματα του λύτη, απαιτούν κατανόηση. Σε περίπτωση, τέλος, που ένας μαθητής χρησιμοποιεί έναν κανόνα τον οποίο όμως κατανοεί, οι δυο ερευνητές μιλούν για μικτή στρατηγική (mixed strategy). Οι Caney και Watson (2003) παρουσιάζουν μια λεπτομερή καταγραφή των διαφόρων στρατηγικών. Οι μαθητές προκειμένου να βρουν το αποτέλεσμα αλλάζουν πράξη (από διαίρεση σε πολλαπλασιασμό ή από αφαίρεση σε πρόσθεση) και μετατρέπουν την αναπαράσταση των αριθμών (από κλάσμα σε δεκαδικό και αντίστροφα, ή από ποσοστό σε κλάσμα). Επιπλέον κάνουν χρήση ισοδύναμων κλασμάτων, νοερών εικόνων,

γνωστών αριθμητικών δεδομένων (πχ προπαίδια), επαναλαμβανόμενης πράξης (πρόσθεσης, πολλαπλασιασμού, διπλασιασμού ή διαίρεσης διά 2), και χρησιμοποιούν τον πλησιέστερο φυσικό. Τέλος κάνουν χρήση των μερών του δεύτερου αριθμού (με βάση είτε την αξία θέσης είτε με την εύρεση δυο προσθετέων που δίνουν τον αριθμό αυτό, πχ στη χρήση της επιμεριστικής ιδιότητας), υπολογίζουν από αριστερά/δεξιά, εκτελούν νοερά τον γραπτό αλγόριθμο, και κάνουν χρήση ενός κανόνα που έχουν απομνημονεύσει. Οι Lemonidis και Kaiafa (2014) δουλεύοντας με μαθητές της Ε' και Στ' Δημοτικού προτείνουν μια κατηγοριοποίηση των στρατηγικών σε στρατηγικές βασισμένες στην αίσθηση του αριθμού και σε στρατηγικές βασισμένες σε κάποιον κανόνα (διαχωρισμός όμως αντίστοιχος με αυτόν των Caney και Watson που αναφέρθηκε πιο πριν). Οι Carvalho και da Ponte (2017) εξέτασαν τους νοερούς υπολογισμούς μαθητών Στ' Δημοτικού με κλάσματα, δεκαδικούς και ποσοστά και κατέληξαν σε δυο βασικά ευρήματα. Από τη μια, ότι οι μαθητές σε σχέση με τα κλάσματα κυρίως έκαναν χρήση της μετατροπής της αναπαράστασης των αριθμών, ή όπου βόλεψε έκαναν χρήση σχέσεων που φαινόταν να υπάρχουν μεταξύ των αριθμητικών παραστάσεων και των ιδιοτήτων των πράξεων. Από την άλλη, η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι μαθητές έκαναν χρήση απεικονιστικών αναπαραστάσεων όπως μοντέλα ή εικόνες και περιγραφικών αναπαραστάσεων όπως οι αναλογικές αναπαραστάσεις (συμπεράσματα για τον πραγματικό κόσμο που αναπαρίστανται με νοερά μοντέλα, πχ η χρήση νομισμάτων, του ρολογιού και της ώρας). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι τα λάθη που παρατηρούνται σε νοερούς υπολογισμούς με ρητούς μπορεί να είναι δυο ειδών (McIntosh, 2006). Το πρώτο είδος αφορά λάθη διαδικαστικού τύπου (procedural errors) που αναφέρονται σε απλές πράξεις με τους φυσικούς που σχηματίζουν τα κλάσματα (πράξεις μεταξύ των όρων των διαφόρων κλασμάτων). Πρόκειται κυρίως για λάθη απροσεξίας ή εσφαλμένα βήματα εκτέλεσης μιας στρατηγικής παρ' όλο που οι μαθητές έχουν επίγνωση του τι πρέπει να κάνουν (πχ σε έναν πολλαπλασιασμό κλασμάτων, πολλαπλασιάζουν τους αριθμητές αλλά το εξαγόμενο του πολλαπλασιασμού δεν είναι σωστό,  $6 \times 7 = 48$ ). Το δεύτερο είδος αφορά λάθη εννοιολογικού τύπου (conceptual errors) που σχετίζονται με περιορισμένη κατανόηση της φύσης των αριθμών που εμπλέκονται (ρητοί) ή των πράξεων που καλούνται να εκτελέσουν.

Σε αυτό το πλαίσιο η εργασία αυτή εξετάζει περισσότερο τις στρατηγικές (και λιγότερο τα λάθη παρ' όλο που και αυτά έχουν καταγραφεί) που χρησιμοποιούν μαθητές Δημοτικού, Λυκείου, και φοιτητές Παιδαγωγικού, Μαθηματικού και Πολυτεχνείου, όταν έχουν να κάνουν ακριβώς τους ίδιους νοερούς υπολογισμούς που εμπλέκουν μόνο κλάσματα.

## **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Συνολικά συμμετείχαν στην έρευνα 296 άτομα και από τις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα συμμετείχαν 79 μαθητές της Στ' Δημοτικού από τρία σχολεία της Θεσσαλονίκης και ένα των Μεγάρων Αττικής, 97 μαθητές όλων των τάξεων του Λυκείου από ένα σχολείο του νομού Σερρών (με τους μαθητές Β' και Γ' Λυκείου να έχουν επιλέξει θετική κατεύθυνση ή την κατεύθυνση των Οικονομικών), και 120 φοιτητές από τους

οποίους οι 63 είναι φοιτητές του ΠΤΔΕ του ΑΠΘ και οι 57 φοιτητές του Μαθηματικού Τμήματος και του Πολυτεχνείου του ΑΠΘ.

Οι δραστηριότητες ήταν οι ίδιες για όλους τους συμμετέχοντες όπως επίσης ίδια ήταν και η ερευνητική διαδικασία που ακολουθήθηκε για κάθε ομάδα.

### Σύντομη παρουσίαση των δραστηριοτήτων

Στους συμμετέχοντες ζητήθηκε να υπολογίσουν νοερά το αποτέλεσμα 11 παραστάσεων οι οποίες περιείχαν στο σύνολό τους και τις τέσσερις πράξεις, είχαν οργανωθεί σε μια σειρά με προοδευτικά υψηλότερες απαιτήσεις, και είχαν σχεδιαστεί με γνώμονα το να μπορούν να υπολογιστούν τα εξαγόμενα με περισσότερους του ενός τρόπους έτσι ώστε να δίνεται μια δυνατότητα έκφρασης στον κάθε λύτη ανάλογα με τις ικανότητές του. Στη συγκεκριμένη εργασία και για λόγους οικονομίας θα παρουσιαστούν δυο μόνο από τις δραστηριότητες. Η επιλογή των συγκεκριμένων έγινε στη βάση του ότι οι απαντήσεις που συλλέχθηκαν μας δίνουν μια πλήρη συλλογή των διαφορετικών στρατηγικών που εντοπίστηκαν στο σύνολο των απαντήσεων.

$$\frac{1}{2} + \frac{4}{8} \quad \Bigg| \quad 3\frac{4}{8} \times 2$$

#### Εικόνα 1: Υπολογίστε νοερά το αποτέλεσμα

Στην πρώτη δραστηριότητα ο λύτης μπορεί να αξιοποιήσει την ιδέα ότι στην ουσία προσθέτει δυο μισά και άρα παίρνει τη μονάδα, μπορεί να δει τα κλάσματα ως αναπαραστάσεις του 0,5, να κάνει χρήση ισοδύναμων κλασμάτων για να δει το  $\frac{4}{8}$  ως  $\frac{1}{2}$ , να κάνει χρήση μιας νοερής εικόνα όπου να αναπαριστά εξεικονιστικά τα συγκεκριμένα κλάσματα προκειμένου να αντιληφθεί ότι μαζί σχηματίζουν μια πλήρη μονάδα, ή να κάνει χρήση του αλγόριθμου (ΕΚΠ παρονομαστών, ομώνυμα κλάσματα).

Στη δεύτερη δραστηριότητα, όπου έχουμε την περίπτωση πολλαπλασιασμού ενός μεικτού αριθμού με έναν φυσικό, ο λύτης μπορεί να δει από την πρώτη στιγμή ότι έχει να υπολογίσει το διπλάσιο του τρεισήμισι, ή να κάνει χρήση μετατροπής της αναπαράστασης από κλάσμα σε δεκαδικό ( $3,5 \times 2$ ), ή να κάνει χρήση της επιμεριστικής ιδιότητας ( $3 \times 2$ ) + ( $\frac{4}{8} \times 2$ ), ή τέλος να κάνει χρήση του αλγορίθμου (μετατροπή του μεικτού σε κλάσμα, πολλαπλασιασμός κλάσματος με φυσικό).

### Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκαν ατομικές συνεντεύξεις όπου το κάθε άτομο καλούνταν να λύσει όλες τις δραστηριότητες με συγκεκριμένη σειρά, μία προς μία. Οι δραστηριότητες αυτές που ήταν τυπωμένες σε μία καρτέλα η καθεμία, παρουσιάζονταν διαδοχικά στα άτομα χωρίς να τους δίνεται η δυνατότητα γραπτών υπολογισμών ή σημειώσεων, αφού όλοι οι υπολογισμοί έπρεπε να γίνουν νοερά. Τους ζητήθηκε να «σκέφτονται φωναχτά» (think aloud) ώστε να διαφαίνονται οι στρατηγικές που χρησιμοποίησαν, ενώ ξεκαθαρίστηκε ότι ήταν στην ευχέρειά τους να προσπεράσουν όποια δραστηριότητα θεωρούσαν ότι δεν ήταν σε θέση να απαντήσουν. Οι ερευνητές δεν παρείχαν κανενός τύπου βοήθεια ή υπόδειξη σχετικά με την ορθότητα των απαντήσεων. Η μόνη περίπτωση που δόθηκε επεξήγηση ήταν των μεικτών αριθμών και αυτό διότι η

έννοια του μεικτού αριθμού συναντάται κυρίως στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι μαθητές Λυκείου και οι φοιτητές να συγγέουν τη γραφή του μεικτού αριθμού με την αλγεβρική ανάλογη περίπτωση όπου η διαδοχή συμβόλων όπως το  $2x$  αναπαριστά το γινόμενο του 2 με το  $x$  (το διπλάσιο του  $x$ ).

Όλες οι συνεντεύξεις ηχογραφήθηκαν, στη συνέχεια ακολούθησε η απομαγνητοφώνησή τους (transcription of data) και τα απομαγνητοφωνημένα πρωτόκολλα αποτέλεσαν τα δεδομένα της έρευνας. Η (ποιοτική) ανάλυση των πρωτοκόλλων έγινε σε δύο επίπεδα. Σε ένα πρώτο επίπεδο έγινε ομαδοποίηση ανάλογα με το αν η απάντηση ήταν ορθή, λανθασμένη, αναπάντητη ή μη κωδικοποιήσιμη. Σε ένα δεύτερο επίπεδο, κατηγοριοποιήθηκαν οι ορθές απαντήσεις με βάση το πλαίσιο στρατηγικών των Caney & Watson (2003) το οποίο εμπλουτίστηκε σε κάποιες περιπτώσεις με στρατηγικές που εντοπίστηκαν σε αυτήν την έρευνα αλλά δεν περιλαμβάνονταν στο παραπάνω πλαίσιο.

Για την αξιοπιστία της ανάλυσης, δύο μέλη της ερευνητικής ομάδας κατηγοριοποίησαν ο καθένας μόνος του το ίδιο σύνολο τυχαίων πρωτοκόλλων. Στη συνέχεια συνέκριναν τις δύο κατηγοριοποιήσεις και συζήτησαν τις τυχόν αποκλίσεις. Σε περιπτώσεις όπου υπήρχε κάποια αμφιβολία ακολουθούσε συζήτηση και συνεννόηση όλων των μελών της ερευνητικής ομάδας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Δραστηριότητα 1: $1/2 + 4/8$

Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα εντοπίστηκαν τέσσερις στρατηγικές επιτυχούς υπολογισμού. Η μετατροπή της συμβολικής αναπαράστασης, η χρήση ισοδύναμων κλασμάτων, η χρήση νοερής εικόνας, και η χρήση του αλγόριθμου (Η κατανομή των συνολικών απαντήσεων ανά στρατηγική παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 ενώ η κατανομή των συμμετεχόντων ανά στρατηγική στον Πίνακα 2).

**Πίνακας 1:** Αριθμός συνολικών απαντήσεων ανά στρατηγική – Δραστ. 1

| Στρατηγική                         | Αριθ. Συνολ. Απαν. (296) |
|------------------------------------|--------------------------|
| Μετατροπή Συμβολικής Αναπαράστασης | 4                        |
| Χρήση Ισοδύναμων Κλασμάτων         | 44                       |
| Χρήση Νοερής Εικόνας               | 1                        |
| Χρήση Αλγορίθμου                   | 145                      |
| Λάθος                              | 87                       |
| Χωρίς Απάντηση                     | 15                       |
| Non codable                        | 0                        |

**Πίνακας 2:** Κατανομή συμμετεχόντων ανά στρατηγική – Δραστ. 1

| Στρατηγική                         | ΦΠαιδ<br>(63) | ΦΘετ<br>(57) | ΜΔημ<br>(79) | ΜΛυκ<br>(97) |
|------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Μετατροπή Συμβολικής Αναπαράστασης | 0             | 4            | 0            | 0            |
| Χρήση Ισοδύναμων Κλασμάτων         | 17            | 23           | 1            | 3            |
| Χρήση Νοερής Εικόνας               | 1             | 0            | 0            | 0            |
| Χρήση Αλγορίθμου                   | 39            | 28           | 37           | 41           |
| Λάθος                              | 3             | 2            | 38           | 44           |
| Χωρίς Απάντηση                     | 3             | 0            | 3            | 9            |
| Non codable                        | 0             | 0            | 0            | 0            |

Από τον Πίνακα 1 γίνεται φανερό ότι κυρίαρχη στρατηγική είναι αυτή της χρήσης αλγορίθμου (145 από 296, περίπου 49%), όπου οι λύτες σκέφτηκαν να κάνουν τα δύο κλάσματα ομώνυμα και στη συνέχεια να προχωρήσουν στην πρόσθεση ( $4/8+4/8=8/8$  ή  $8/16+8/16=16/16$ ). Η επόμενη μεγαλύτερη συχνότητα είναι αυτή των λανθασμένων απαντήσεων, που εμφανίζονται περισσότερο στους μαθητές Λυκείου και Δημοτικού, με συνηθέστερο λάθος την πρόσθεση των αριθμητών και παρονομαστών μεταξύ τους ( $1/2+4/8=5/10$ ). Αντίθετα στη χρήση ισοδύναμων κλασμάτων παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση στις δυο κατηγορίες φοιτητών (από τις 44 σχετικές απαντήσεις, οι 40 ανήκουν σε φοιτητές οι οποίοι πήραν ως ισοδύναμο του  $4/8$  το κλάσμα  $1/2$  και στη συνέχεια πρόσθεσαν  $1/2+1/2=1$ ). Μόνο 4 φοιτητές του Μαθηματικού Τμήματος και του Πολυτεχνείου μπόρεσαν να δουν ότι πρόκειται για άθροισμα δύο μισών και προτίμησαν να μετατρέψουν την κλασματική μορφή των αριθμών σε δεκαδική κάνοντας την πρόσθεση  $0,5+0,5$ . Τέλος, μόλις ένας φοιτητής του ΠΤΔΕ έκανε χρήση νοερής εικόνας, δηλαδή φαντάστηκε τα δύο κλάσματα ως μέρη ενός κύκλου που όταν τα πάρει μαζί σχηματίζουν ολόκληρο κύκλο.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 2 περισσότεροι από τους μισούς φοιτητές του ΠΤΔΕ (περίπου 62%) βασίστηκαν στη χρήση του αλγορίθμου, μόλις 1 στους 4 (κατά προσέγγιση) έκανε χρήση ισοδύναμων κλασμάτων, και ένας χρησιμοποίησε τη στρατηγική της νοερής εικόνας. Στους φοιτητές του Μαθηματικού Τμήματος και του Πολυτεχνείου το ποσοστό χρήσης του αλγορίθμου εμφανίζεται μειωμένο σε σχέση με αυτό των φοιτητών του ΠΤΔΕ (49% κάνουν χρήση του) και δίνει τη θέση του στη χρήση ισοδύναμων κλασμάτων (περίπου 4 στους 10). Λιγότεροι από 1 στους 10 (7%) προτίμησε να κάνει χρήση της μετατροπής της συμβολικής αναπαράστασης, μία στρατηγική η οποία εμφανίζεται μόνο στη συγκεκριμένη ομάδα. Όλοι οι συμμετέχοντες δίνουν κάποια απάντηση, και μόλις το 3,5% απαντάει λανθασμένα. Οι μαθητές Δημοτικού εμφανίζονται να επιλέγουν -κατά παρόμοιο τρόπο με τους φοιτητές Μαθηματικού Τμήματος και του Πολυτεχνείου- τη χρήση αλγορίθμου (περίπου οι μισοί), όμως αυτό που εμφανίζεται δραματικά αυξημένο είναι ο όγκος των λανθασμένων απαντήσεων. Ουσιαστικά η εικόνα



που δίνουν οι μαθητές του Δημοτικού είναι ότι -σε γενικές γραμμές- οι μισοί κάνουν χρήση αλγορίθμου και οι υπόλοιποι μισοί απαντούν λανθασμένα. Παρόμοια είναι η εικόνα και στους μαθητές Λυκείου. Αυτό που κυριαρχεί στη συγκεκριμένη ομάδα και για τη συγκεκριμένη δραστηριότητα είναι οι λανθασμένες απαντήσεις (λίγο πιο κάτω από τους μισούς) και ακολουθεί ο αλγόριθμος (4 στους 10).

Συνολικά το ποσοστό της χρήσης αλγορίθμου φαίνεται να μένει σταθερά υψηλό (και σχεδόν παρόμοιο) σε όλες τις ομάδες. Το ποσοστό της χρήσης ισοδύναμων κλασμάτων εμφανίζεται στις δύο ομάδες φοιτητών αλλά όχι στις ομάδες των μαθητών. Εκεί, τη θέση του φαίνεται να καταλαμβάνει το αυξημένο ποσοστό των λαθών. Φαίνεται να υπάρχει μια ομοιότητα μεταξύ των δύο ομάδων φοιτητών όπως επίσης και μεταξύ των δύο ομάδων των μαθητών. Αυτό που εντυπωσιάζει είναι η αδυναμία να δουν οι συμμετέχοντες στο μεγαλύτερο μέρος τους το προφανές, ότι δηλαδή αυτό που ουσιαστικά ζητείται είναι το άθροισμα «μισό + μισό» ώστε αυθόρμητα και χωρίς καθυστέρηση να δώσουν το «ένα» ως απάντηση. Χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν είναι σε θέση να το αναγνωρίσουν, εν τούτοις αυτό στο οποίο φαίνεται κυρίως και αυθόρμητα να ανατρέχουν είναι ο αλγόριθμος ακόμη και σε περιπτώσεις σαν και αυτή που δε είναι ανάγκη κάποιος να τον επικαλεστεί.

**Δραστηριότητα 2η:**  $3\frac{4}{8} \times 2$

Στη συγκεκριμένη δραστηριότητα εντοπίστηκαν 5 στρατηγικές: Η μετατροπή συμβολικής αναπαράστασης, η χρήση ισοδύναμων κλασμάτων, η χρήση μερών του αριθμού, η χρήση του αλγορίθμου και η απλοποίηση (Πίνακες 3 και 4).

**Πίνακας 3:** Αριθμός συνολικών απαντήσεων ανά στρατηγική – Δραστ. 2

| Στρατηγική                         | Αριθμ. Συνολ. Απαν.(296) |
|------------------------------------|--------------------------|
| Μετατροπή Συμβολικής Αναπαράστασης | 15                       |
| Χρήση Ισοδύναμων Κλασμάτων         | 2                        |
| Χρήση Μερών του Αριθμού            | 7                        |
| Χρήση Αλγορίθμου                   | 97                       |
| Απλοποίηση                         | 6                        |
| Λάθος                              | 92                       |
| Χωρίς Απάντηση                     | 74                       |
| Non codable                        | 3                        |

**Πίνακας 4:** Κατανομή συμμετεχόντων ανά στρατηγική – Δραστ. 2

| Στρατηγική                         | ΦΠαιδ<br>(63) | ΦΘετ<br>(57) | ΜΔημ<br>(79) | ΜΛυκ<br>(97) |
|------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Μετατροπή Συμβολικής Αναπαράστασης | 6             | 8            | 0            | 1            |
| Χρήση Ισοδύναμων Κλασμάτων         | 1             | 1            | 0            | 0            |
| Χρήση Μερών του Αριθμού            | 4             | 2            | 0            | 1            |
| Χρήση Αλγορίθμου                   | 18            | 25           | 36           | 18           |
| Απλοποίηση                         | 1             | 5            | 0            | 0            |
| Λάθος                              | 22            | 10           | 26           | 34           |
| Χωρίς Απάντηση                     | 11            | 5            | 17           | 41           |
| Non Codable                        | 0             | 1            | 0            | 2            |

Και εδώ (Πίνακας 3) είναι εμφανής η συνολική υπεροχή της χρήσης του αλγορίθμου (33%), όπου ο ένας στους τρεις επέλεξε να μετατρέψει το μεικτό αριθμό σε κλάσμα  $\frac{28}{8} \times 2 = \frac{56}{8} = 7$ , ακολουθώντας όλα τα βήματα που υποδεικνύει ο αλγόριθμος. Ωστόσο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι το ποσοστό των λανθασμένων απαντήσεων είναι εφάμιλλο του αλγορίθμου (περίπου 31%) καταμερισμένο σχεδόν ομοιόμορφα σε όλες τις ηλικιακές ομάδες. Ένα από τα πιο συνηθισμένα λάθη ήταν:  $3 \frac{4 \times 2}{8} = 3 \frac{8}{8} = 3 \times 1 = 3$ . Ένα πολύ μικρό ποσοστό, της τάξης του 5%, ήταν σε θέση να δει ότι αυτό που στην ουσία ζητούνταν ήταν το διπλάσιο του 3,5. Οι συγκεκριμένοι συμμετέχοντες έφτασαν σε αυτό κάνοντας χρήση της μετατροπής της συμβολικής αναπαράστασης του κλάσματος σε δεκαδικό. Σε πολύ μικρό ποσοστό επίσης εμφανίζεται (α) η χρήση των μερών του αριθμού (2,3%) όπου ο υπολογισμός βασίστηκε στην επιμεριστική ιδιότητα,  $(3 \times 2) + \left(\frac{4}{8} \times 2\right) = 6 + 1 = 7$ , και (β) η ρητή αναφορά στη διαδικασία απλοποίησης του κλάσματος όταν στο γινόμενο  $\frac{28}{8} \times 2 = \frac{28}{4} = 7$ , το 8 και το 2 διαιρούνται με το 2. Τέλος, ένας στους τέσσερις (25%) δεν μπόρεσε να δώσει καμία απάντηση.

Το 33% της χρήσης του αλγορίθμου δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στις 4 ομάδες. Εμφανίζεται υψηλότερο στους μαθητές Δημοτικού (45,5%) και στους φοιτητές Μαθηματικού Τμήματος και Πολυτεχνείου (43,8%, που όμως δεν έχουν συνηθίσει σε αυτόν τον τρόπο γραφής του μικτού) και είναι πολύ μειωμένο στους μαθητές Λυκείου (18,5% - όχι όμως επειδή χρησιμοποιούν κάτι άλλο αλλά γιατί το 42% από αυτούς δεν απάντησε καθόλου και το 35% έδωσε λανθασμένη απάντηση). Γενικά, πλην των φοιτητών Μαθηματικού Τμήματος και Πολυτεχνείου (περίπου 1 στους 5) σε όλες τις άλλες ομάδες περίπου 1 στους 3 δεν ήταν σε θέση να κάνει σωστά τον υπολογισμό, με το μεγαλύτερο ποσοστό να εμφανίζουν οι μαθητές Λυκείου (35%). Η μετατροπή σε

δεκαδικό περιορίζεται στις ηλικιακές ομάδες των φοιτητών (μόλις ένας μαθητής Λυκείου και κανένας Δημοτικού). Παρόμοια είναι η εικόνα και για τη χρήση των μερών του αριθμού (6 φοιτητές και ένας μαθητής Λυκείου). Η χρήση ισοδυνάμων και η απλοποίηση εμφανίζονται ελάχιστα και μόνο από φοιτητές. Γενικά, θα μπορούσαμε να πούμε (α) ότι η συγκεκριμένη δραστηριότητα δυσκόλεψε τους λύτες αφού πάνω από τους μισούς δεν κατάφεραν να δώσουν μια ικανοποιητική απάντηση (57%, αναπάντητες και λανθασμένες) και (β) ότι κι εδώ ο μεγάλος νικητής είναι ο αλγόριθμος. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αδυναμία των συμμετεχόντων να δουν ότι αυτό που στην ουσία ζητείται είναι το διπλάσιο του 3,5.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αξίζει στο σημείο αυτό να δούμε (Πίνακας 5) συνοπτικά την επίδοση των μαθητών/φοιτητών συνολικά στο σύνολο των δραστηριοτήτων.

**Πίνακας 5:** Κατανομή στρατηγικών στο σύνολο του πληθυσμού

| Στρατηγική           | Ποσοστό | Στρατηγική     | Ποσοστό |
|----------------------|---------|----------------|---------|
| Μετατρ. Συμβ. παράστ | 1,71%   | Αλγόριθμος     | 43,18%  |
| Ισοδύναμα Κλάσματα.  | 1,81%   | Απλοποίηση     | 4,88%   |
| Γνωστά δεδομένα      | 1,32%   | Λάθος          | 27,85%  |
| Χρήση μερών αριθμού  | 1%      | Χωρίς απάντηση | 15,93%  |
| Νοερή εικόνα         | 1%      | Non codable    | 1,32%   |

Ο πίνακας κάνει προφανή την κυρίαρχη παρουσία του αλγορίθμου σε σχέση με τις υπόλοιπες στρατηγικές. Επίσης αξιοσημείωτο είναι ότι το πλήθος των αναπάντητων δραστηριοτήτων μαζί με τις λανθασμένες απαντήσεις και τις μη κωδικοποιήσιμες ξεπερνούν το ποσοστό της χρήσης του αλγορίθμου (45,1%). Έτσι οι δυο αυτές γενικές κατηγορίες αντιπροσωπεύουν στην ουσία τους 9 από τους 10 συμμετέχοντες (άθροισμα ποσοστών: 88,28%).

Προφανώς δεν έχουν όλες οι παραπάνω στρατηγικές την ίδια συχνότητα εμφάνισης σε κάθε ομάδα του πληθυσμού. Παρά όμως τις όποιες αριθμητικές διαφορές, η εντυπωσιακά μεγαλύτερη συχνότητα της στρατηγικής του αλγορίθμου σε σχέση με τις υπόλοιπες, ισχύει σε όλες τις πληθυσμιακές ομάδες και για όλες τις ερωτήσεις. Αν υπολογίζαμε τα ποσοστά μόνο επί των σωστών απαντήσεων θα βρίσκαμε ότι οι δυο ομάδες φοιτητών κρατάν τον αλγόριθμο στο επίπεδο του 70% ενώ οι δυο ομάδες μαθητών στο 90%, ποσοστά ιδιαίτερα υψηλά αν αναλογιστεί κανείς ότι η μια ομάδα φοιτητών αφορούσε Μαθηματικό Τμήμα και Πολυτεχνείο ενώ οι μαθητές Λυκείου ήταν θετικής και οικονομικής κατεύθυνσης.

Φαίνεται ακόμη πως όσο μετακινούμαστε προς ανώτερη βαθμίδα εκπαίδευσης τόσο μεγαλύτερη είναι και η ευρηματικότητα που εμφανίζει η επιλογή στρατηγικών. Τη μεγαλύτερη εντύπωση προκαλεί η διαφορά μεταξύ Δευτεροβάθμιας και Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης όπου η ποικιλία στρατηγικών σχεδόν διπλασιάζεται. Αυτή η αύξηση μπορεί να οφείλεται στην απομάκρυνση από το στενό σχολικό πλαίσιο διδασκαλίας το οποίο

φαίνεται να ευνοεί τη χρήση αλγορίθμων. Το γεγονός της κυριαρχίας της αλγοριθμικής προσέγγισης αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον αν αναλογιστούμε ότι οι δραστηριότητες ήταν σχεδιασμένες με τρόπο που να ευνοούν την επιλογή διαφορετικών στρατηγικών. Για παράδειγμα, στην πρώτη δραστηριότητα ( $1/2 + 4/8$ ) η λύση είναι σχεδόν προφανής σε σημείο που ο λύτης δεν χρειάζεται καν να κάνει πράξεις, κι όμως ο αλγόριθμος αποτελεί την δημοφιλέστερη στρατηγική. Το ίδιο και στη δεύτερη ( $3\frac{4}{8} \times 2$ ), η οποία μπορεί να λυθεί αμέσως και χωρίς περίπλοκες πράξεις αν σκεφτεί κανείς ότι πρόκειται για την απλή πράξη  $3,5 \times 2$ . Ωστόσο τα τρία τέταρτα όσων απάντησαν σωστά, χρησιμοποίησαν τον αλγόριθμο ο οποίος για τη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν ιδιαίτερα χρονοβόρος και απαιτητικός. Την ίδια εικόνα έχουμε αποτυπώσει και για τις υπόλοιπες δραστηριότητες. Δεν αμφισβητούμε εδώ το γεγονός ότι πιθανόν οι λύτες ήταν σε θέση να αντιληφθούν και να εφαρμόσουν μετά από κάποια σκέψη τις πιθανές εναλλακτικές προσεγγίσεις υπολογισμού. Αυτό που αποτυπώνεται εδώ είναι ότι η πρώτη τους επιλογή υπήρξε η εφαρμογή του αλγορίθμου. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντα και χρήσιμα για τους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων αλλά και για ερευνητές καθώς δίνει έναυσμα για περαιτέρω έρευνα. Ερωτήματα που προκύπτουν και αξίζει να ερευνηθούν περαιτέρω είναι:

- Που οφείλεται η μεγάλη συχνότητα εμφάνισης τόσο της χρήσης του αλγορίθμου όσο και λαθών;
- Κατά πόσο θα διαφοροποιούνταν οι απαντήσεις αν οι δραστηριότητες ήταν γραπτές;

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Caney, A., Watson, J. M., (2003). Mental computation strategies for part-whole Numbers. Paper presented at the AARE 2003 Conference papers, International Education Research, Auckland, University of Tasmania. Retrieved from <https://www.aare.edu.au/data/publications/2003/can03399.pdf>
- Carvalho, R., & da Ponte, J. (2017). Mental computations with rational numbers: students' mental representations. *Journal of Mathematics Education*, 10(2), 17-29.
- Lemonidis, C., & Kaiafa, I. (2014). Fifth and sixth grades students' number sense in rational numbers and its relation with problem solving ability. *MENON Journal of Educational Research*, 12(1), 61-74.
- McIntosh, A. (2006). Mental computation of school-aged students: Assessment, performance levels and common errors. Paper presented at *The Fifth Swedish Mathematics Education Research Seminar (MADIF-5)*, Malmö, Sweden. Retrieved from <http://www.mai.liu.se/SMDf/madif5/papers/McIntosh.pdf>
- Seeley, C. (2005). "Do the Math in Your Head!" President's Message, *NCTM News Bulletin* (December). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Thompson, I. (2010). *Issues in Teaching Numeracy in Primary Schools*. Berkshire: Open University Press.
- Καραθεοδωρή Σ. Κωνσταντίνος. (1924). *Περί των Μαθηματικών εν τη Μέση Εκπαιδύσει. Δελτίον της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας*, τόμος Ε', Αθήνα.

# Τα δωμάτια απόδρασης ως περιβάλλον έκφρασης της μαθηματικής επιχειρηματολογίας

Ειρήνη Τέντα<sup>1</sup> και Ιωάννης Παπαδόπουλος<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΑΠΘ, [tenteiri@eled.auth.gr](mailto:tenteiri@eled.auth.gr)

<sup>2</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΑΠΘ, [ypapadop@eled.auth.gr](mailto:ypapadop@eled.auth.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία αυτή αποτυπώνει την αναζήτηση ευκαιριών για έκφραση της μαθηματικής επιχειρηματολογίας μέσα στο περιβάλλον των δωματίων απόδρασης όπου μια ομάδα μαθητών Λυκείου συνδυάζει στοιχεία και λύνει γρίφους για να αποδράσει από έναν χώρο. Τα ευρήματα δείχνουν ότι σε αυτό το κατ' εξοχήν συνεργατικό περιβάλλον επίλυσης η επιχειρηματολογία των μαθητών αναπτύσσεται γύρω από ενέργειες ελέγχου (κυρίως ως προς την αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων), ενέργειες που επιβάλλει το συνεργατικό πλαίσιο και από την ανατροφοδότηση που παρέχει το ίδιο το περιβάλλον και η οποία επηρεάζει τη λήψη αποφάσεων για το επόμενο βήμα.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** δωμάτια απόδρασης, μαθηματική επιχειρηματολογία, συνεργατική επίλυση προβλήματος

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δωμάτια απόδρασης (escape rooms) συνιστούν ένα ομαδικό παιχνίδι ζωντανής δράσης και περιπέτειας, όπου μια ομάδα παικτών ανακαλύπτει στοιχεία και λύνει γρίφους με στόχο την απόδραση από έναν χώρο (Nicholson, 2015). Ήδη από το 2012, έχουν πληθύνει σε αριθμό και διαδοθεί σε όλον τον κόσμο (Pan, Lo & Neustaedter, 2017), έχουν ενσωματώσει την τεχνολογία και η αξιοποίησή τους έχει επεκταθεί σε χώρους πέραν της διασκέδασης, όπως η εκπαίδευση.

Η έρευνα για τα δωμάτια απόδρασης είναι σχετικά νέο πεδίο, με την πλειονοψηφία των άρθρων να προσανατολίζονται στη χαρτογράφηση της υπάρχουσας κατάστασης (Nicholson, 2015; Wiemker, Elumir & Clare, 2015), στο σχεδιασμό δωματίων απόδρασης για παιδαγωγικούς σκοπούς (Gomati, 2017; Nicholson, 2018), και στην εμπειρία των παικτών μέσα σε δωμάτια (πραγματικά ή εικονικά) που έχουν σχεδιαστεί για τη διδασκαλία μιας γνωστικής περιοχής (π.χ. ηλεκτρομαγνητισμός) και παρουσιάζουν δεδομένα για τις επιδόσεις, το βαθμό κατανόησης του περιεχομένου γνώσης και τις αντιλήψεις των συμμετεχόντων για το παιχνίδι (Voros & Sarkozi, 2017, Hou & Chou, 2012).

Στην καρδιά των δωματίων απόδρασης βρίσκεται η κοινωνική διάσταση με τη μορφή της συνεργασίας μεταξύ των παικτών και το δίκτυο των σχέσεων που αναπτύσσονται (Pan, Lo & Neustaedter, 2017). Για το λόγο αυτό εστιάζουμε στην έρευνα αυτή στο να αποτυπώσουμε πώς οι παίκτες αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον του δωματίου, επικοινωνούν τις ιδέες τους και οργανώνουν τη στρατηγική τους για να λύσουν έναν γρίφο. Πιο συγκεκριμένα, θεωρώντας τον κάθε γρίφο ως μια δραστηριότητα επίλυσης προβλήματος, εξετάζουμε το πώς εκφράζεται η μαθηματική επιχειρηματολογία από τους παίκτες. Το ερευνητικό μας ερώτημα λοιπόν είναι:

- Πώς εξελίσσεται η επιχειρηματολογία των παικτών κατά τη διάρκεια της επίλυσης ενός γρίφου σε σχέση με α) τις ενέργειες ελέγχου των παικτών, β) τη συμπεριφορά τους μέσα στο συνεργατικό πλαίσιο επίλυσης, και γ) την ανατροφοδότηση από το ίδιο το περιβάλλον του δωματίου;

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

### **Ορίζοντας το περιβάλλον**

Η κεντρική ιδέα των δωματίων απόδρασης είναι ότι μια ομάδα παικτών (από 2-6 άτομα συνήθως) μέσα σε έναν ή περισσότερους χώρους κατάλληλα διαμορφωμένους ανακαλύπτει στοιχεία, λύνει γρίφους και εκπληρώνει δραστηριότητες για να πετύχει έναν στόχο (συχνά την απόδραση από το δωμάτιο) σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Τα δωμάτια αυτά περιλαμβάνουν μια σειρά παραγόντων με τους οποίους οι παίκτες αλληλεπιδρούν και ταυτόχρονα ανατροφοδοτούνται από αυτούς: α) η χωρική διαμόρφωση και η διακόσμηση του δωματίου, β) οι χρονικοί περιορισμοί (συνήθως 60'), γ) τα αντικείμενα που σχετίζονται με τους γρίφους δ) ο game master και οι ηθοποιοί με τον πρώτο να παρακολουθεί και να καθοδηγεί τους παίκτες από τον χώρο ελέγχου (control room), και τους άλλους να προσφέρουν περαιτέρω καθοδήγηση με άμεσο και ζωντανό τρόπο, και δ) οι τεχνολογικές εφαρμογές που διευκολύνουν το παιχνίδι (κάμερες, οθόνες όπου δίνονται οι γραπτές βοήθειες-hints από τον game master, αυτοματισμοί, ηλεκτρονικές συσκευές κ.ά.). Με την έννοια αυτή, από τη στιγμή που τα δωμάτια απόδρασης εμπλέκονται στην εκπαιδευτική διαδικασία, έρχονται να εμπλουτίσουν περαιτέρω την έννοια του εκπαιδευτικού υλικού.

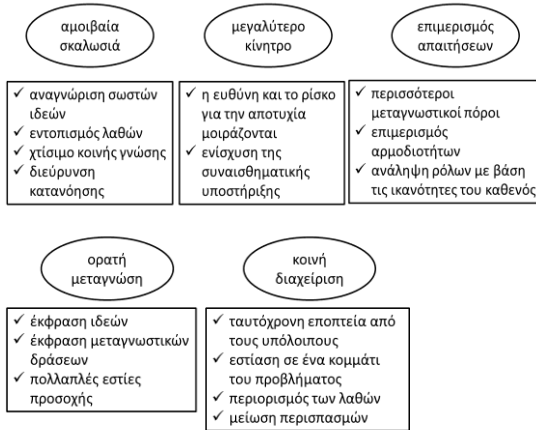
Αυτή η στροφή προς την εκπαιδευτική διαδικασία (και κυρίως στη διδασκαλία της Φυσικής και των Μαθηματικών) έδωσε ώθηση στη δημιουργία δωματίων για παιδαγωγικούς σκοπούς (Gomati, 2017). Η Gomati (2017) συσχετίζει την δημιουργία ενός επιτραπέζιου δωματίου απόδρασης με την καλλιέργεια της ενσυναίσθησης και τη μάθηση μέσω του παιχνιδιού. Η ίδια δημιούργησε ένα τέτοιο περιβάλλον με 2 παίκτες και 4 γρίφους που εμπλέκει τους εν δυνάμει παίκτες σε μια διαδικασία δημιουργικής επίλυσης προβλήματος. Και δεδομένου ότι πρόκειται για ένα νέο φαινόμενο ο Nicholson (2018) υποστηρίζει ότι βρισκόμαστε στις πρώιμες μέρες της έρευνας για το πώς τα δωμάτια απόδρασης μπορούν να βρουν τη θέση τους μέσα στην τάξη. Ο ίδιος προτείνει τρεις διαφορετικούς τρόπους χρήσης τους στην τάξη.

Οι Vörös και Sárközi (2017) εφαρμόζουν ακριβώς αυτήν την ιδέα των δωματίων απόδρασης ως εκπαιδευτικών εργαλείων προκειμένου να διδάξουν τη Φυσική των Ρευστών. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η εφαρμογή αυτή ενέπλεξε το σύνολο των μαθητών και παρά το γεγονός ότι επρόκειτο για μια νέα θεματική εν τούτοις ακόμη και οι αδύνατοι μαθητές σημείωσαν αξιόλογες επιδόσεις στο τελικό τεστ. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Hou και Chou (2012) που μελέτησαν τις επιδόσεις 100 μαθητών Λυκείου πάνω σε έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού. Οι Glavaš & Stašcik (2017) έκαναν χρήση δωματίων απόδρασης με τεταρτοετείς φοιτητές σε Τμήμα Μαθηματικών μελετώντας δευτεροβάθμιες εξισώσεις. Διαπίστωσαν τη συσχέτιση μεταξύ της συστηματοποίησης του συγκεκριμένου μαθηματικού περιεχομένου μέσω των δωματίων απόδρασης και της θετικής γενικότερα στάσης απέναντι στα Μαθηματικά.

Αυτό όμως που βρίσκειται στον πυρήνα της ιδέας των δωματίων απόδρασης είναι ο ομαδικός χαρακτήρας της επίλυσης των γρίφων. Οι Pan, Lo και Neustaedter (2017) μελετώντας τη συμπεριφορά 38 παικτών σε δωμάτια απόδρασης περιγράφουν το πώς ο σχεδιασμός των δωματίων επέδρασε στις ενέργειες και εμπειρίες των παικτών. Διαπίστωσαν μια σειρά από ευκαιρίες που δίνονται στους παίκτες προκειμένου να εξασκηθούν σε ένα εύρος κοινωνικών δεξιοτήτων (ηγεσία, ιεραρχία στην ομάδα, συγκρούσεις, κατανομή γνωστικού φόρτου).

### **Δωμάτια απόδρασης και συνεργατική επίλυση προβλήματος**

Η διαδικασία επίλυσης των γρίφων σε ένα δωμάτιο απόδρασης αποτελεί στην ουσία μια διαδικασία συνεργατικής επίλυσης προβλήματος κατά την οποία οι παίκτες ανταλλάσσουν πληροφορίες, έχουν πρόσβαση ταυτόχρονα ο καθένας σε διαφορετικά στοιχεία, αξιοποιούν ποικίλες δεξιότητες και είδη γνώσης λόγω των ποικίλων γρίφων που απαντώνται σε ένα δωμάτιο (Wiemker, Elumir & Clare, 2015). Οι Chiu και Kuo (2009) έχουν αναπτύξει ένα μοντέλο κοινωνικής μεταγνώσης (social metacognition) που εστιάζει στις ενέργειες εποπτείας και ελέγχου μεταξύ των παικτών σχετικά κυρίως με τις γνώσεις, τις ενέργειες και τα συναισθήματα του καθενός. Το μοντέλο αυτό περιγράφει με μια σειρά από δείκτες τη θετική συμβολή της κοινωνικής μεταγνώσης σε μια σειρά από επιμέρους διαστάσεις (Σχήμα 1): Ο (μετα)γνωστικός φόρτος επιμερίζεται στα μέλη της ομάδας, η επιχειρηματολογία και οι ενέργειες των παικτών γίνονται ορατές καθώς εκφράζονται στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας, δομείται μια κοινή κατανόηση και επεκτείνεται μια ήδη υπάρχουσα γνώση, ενθαρρύνεται η συμμετοχή μέσα από τον επιμερισμό του ρίσκου και της αποτυχίας. Αν και το μοντέλο φτιάχτηκε αρχικά για να υπηρετήσει την συμβολή της κοινωνικής μεταγνώσης εν τούτοις φαίνεται ότι μπορεί να υπηρετήσει και την ανάλυση της επιχειρηματολογίας που αναπτύσσεται κατά την επίλυση των γρίφων σε συμφωνία με τον Niss (2018) που υποστηρίζει ότι η επιλογή του θεωρητικού πλαισίου γίνεται *post festum* (εκ των υστέρων) ανάλογα με το κατά πόσο εξυπηρετεί την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων.

**Σχήμα 1:** Το μοντέλο της κοινωνικής μεταγνώσης (Chiu & Kuo, 2009)

## ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας στην οποία συμμετέχουν 20 μαθητές και μαθήτριες Λυκείου (16-17 ετών, 11 κορίτσια και 9 αγόρια). Για τις ανάγκες της εργασίας αυτής θα περιοριστούμε σε μια μόνο ομάδα των 6 ατόμων εστιάζοντας στην πορεία επίλυσης ενός γρίφου από την ομάδα αυτή. Ο γρίφος που θα παρουσιαστεί στη συνέχεια εμπλέκει χειρισμό στερεών σωμάτων και συνδέεται με την χωρική αντίληψη των λυτών. Για λόγους επαγγελματικής δεοντολογίας (σε συνεννόηση με την επιχείρηση που μας επέτρεψε να υλοποιήσουμε την έρευνα) ο γρίφος παρουσιάζεται ελαφρώς αλλαγμένος.

Το δωμάτιο μέσα στο οποίο είναι ενσωματωμένος ο γρίφος αποτελείται από δύο χώρους, το παλιό και το νέο δωμάτιο. Οι παίκτες αρχικά χωρίζονται σε δύο μικρότερες ομάδες, μία σε κάθε δωμάτιο, και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός κοινού περάσματος το οποίο κατέστη διαθέσιμο μετά τη λύση άλλων συγκεκριμένων γρίφων. Το ζητούμενο είναι οι παίκτες να βρουν και να τοποθετήσουν σωστά έναν κωδικό σε μια ηλεκτρονική κλειδαριά δίπλα στην πόρτα του παλιού δωματίου. Οι παίκτες μπορούν να κινούνται και να εξετάζουν και τους δύο υπο-χώρους (νέο και παλιό δωμάτιο). Ως πρόβλημα, ο γρίφος έχει όλα τα στοιχεία ενός προβλήματος όπως τα ορίζει ο Polya (1944): Τα δεδομένα, τη συνθήκη και το ζητούμενο (Σχήμα 2)

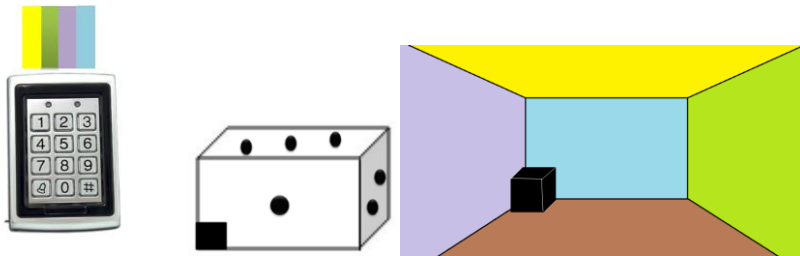
- 4 λωρίδες με διαφορετικά χρώματα πάνω από την ηλεκτρονική κλειδαριά (σωστός τετραμήφιος: συνθήκη γρίφου) (Σχήμα 2, αριστερά)
- ένα μεγάλο ζάρι σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου, του οποίου ένα κομμάτι (σαν μικρός κύβος) λείπει (1<sup>ο</sup> δεδομένο) (Σχήμα 2, κέντρο)
- το νέο δωμάτιο: α) με σχήμα όμοιο με του ζαριού, β) μια προεξοχή σε μία από τις γωνίες του με μαύρο χρώμα και γ) διαφορετικά χρώματα σε κάθε τοίχο, στο πάτωμα και το ταβάνι (2<sup>ο</sup> δεδομένο) (Σχήμα 2, δεξιά)



Ανάμεσα στα στοιχεία του προβλήματος/μέρη του γρίφου εντοπίζονται οι εξής σχέσεις

- Τέσσερις από τους 6 αριθμούς του ζαριού θα χρησιμοποιηθούν για τον 4ψηφιο κωδικό, με την σειρά που υποδεικνύουν οι 4 χρωματιστές λωρίδες (σχέση 1<sup>ου</sup> δεδομένου με τη συνθήκη)
- Τέσσερα από τα 6 χρώματα που υπάρχουν στους τοίχους, το ταβάνι και το πάτωμα του νέου δωματίου είναι κοινά με τα χρώματα των λωρίδων που βρίσκονται πάνω από την κλειδαριά (σχέση 2<sup>ου</sup> δεδομένου με τη συνθήκη του γρίφου)
- Το ζάρι αποτελεί αναπαράσταση του νέου δωματίου υπό κλίμακα (1<sup>ο</sup> σχέση ανάμεσα στο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> δεδομένο)
- Η προεξοχή του νέου δωματίου ‘συμπληρώνει’ το κομμάτι που λείπει στο ζάρι (2<sup>η</sup> σχέση ανάμεσα στο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> δεδομένο), έτσι μπορούμε να αντιστοιχίσουμε με ακρίβεια τις έδρες και κατά συνέπεια τους αριθμούς του ζαριού με τα μέρη του δωματίου.

**Σχήμα 2:** Η ηλεκτρονική κλειδαριά με τις 4 χρωματιστές λωρίδες (αριστερά), το παραλληλεπίπεδο ζάρι (κέντρο) με το μαύρο τετράγωνο να υποδεικνύει το κομμάτι που λείπει και αναπαράσταση του δωματίου (δεξιά)



Στόχος γρίφου (ζητούμενο): Οι παίκτες πρέπει να χρησιμοποιήσουν το ζάρι, στο οποίο τους οδήγησε ο προηγούμενος γρίφος, για να αποκτήσουν τον κωδικό της κλειδαριάς. Αυτό θα γίνει με την επιλογή των χρωμάτων που υπάρχουν πάνω από την κλειδαριά, την αντιστοίχισή τους αρχικά με τα μέρη του δωματίου και στη συνέχεια με τις έδρες του ζαριού προκειμένου να προσδιορίσουν τον τετραψήφιο κωδικό.

Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν προηγούμενη εμπειρία σχετικά με τα δωμάτια απόδρασης και η μόνη οδηγία που τους δόθηκε ήταν να ‘σκέφτονται φωναχτά’ (Thinking Aloud Protocol) κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Η ανάλυση πρωτοκόλλου θεωρείται ιδιαίτερα πρόσφορη για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση της πορείας της επιχειρηματολογίας.

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με παρατήρηση και ηχογράφηση της ομάδας κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, από το δωμάτιο ελέγχου. Τα αρχεία ήχου απομαγνητοφωνήθηκαν και μεταγράφηκαν στη συνέχεια σε αρχείο κειμένου για τις ανάγκες της έρευνας. Το πρωτόκολλο αναλύθηκε με βάση το μοντέλο των Chiu και Kuo

(2009) αναζητώντας μέρη του που μπορούσαν να αντιστοιχιστούν με παραμέτρους του μοντέλου μέσω μιας σειράς σχετικών δεικτών που αντλούνται από το μοντέλο.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η πορεία προς τη λύση ξεκινά με έλεγχο του χρόνου που απομένει για την ολοκλήρωση του παιχνιδιού. Η ομάδα έχει στην κατοχή της το ζάρι (1ο δεδομένο) και επιχειρεί να βρει συσχετισμούς ανάμεσα σε αυτό και το ζητούμενο του γρίφου. Αρχικά οι παίκτες παρατηρούν τα χαρακτηριστικά του ζαριού αναζητώντας πληροφορίες που μπορεί να τους προσφέρει προκειμένου να λύσουν το γρίφο. Αποφασίζουν να αποκλείσουν όσα στοιχεία έχουν ήδη χρησιμοποιήσει ή δεν αφορούν τον γρίφο τον οποίο επεξεργάζονται (*έλεγχος για την απόρριψη περιττών στοιχείων και την επιλογή στόχου. Τι μπορεί από αυτά να συνεισφέρει στη λύση; Τι είναι πράγματι σημαντικό εδώ;*). Πάνω σε αυτήν την ενέργεια ελέγχου οικοδομείται η επιχειρηματολογία των παικτών που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το τελευταίο βήμα για την έξοδο από το δωμάτιο είναι ο τετρανήφιος κωδικός που σχετίζεται με το ζάρι (*αμοιβαία σκαλωσιά-χτίσιμο κοινής κατονήφησης*). Η Π4 υπενθυμίζει στην ομάδα ότι μπορούν να ζητήσουν τη βοήθεια του game master (*επιλογή διαθέσιμου πόρου-hint*) για να διαπιστώσουν που βρίσκονται σε σχέση με τη λύση. Αν και οι παίκτες δεν αξιοποιούν άμεσα τη δυνατότητα να ζητήσουν βοήθεια φροντίζουν τόσο για τη διαχείριση του χρόνου όσο και για τη συνολική εποπτεία της πορείας (έλεγχος για την εποπτεία της διαδικασίας επίλυσης).

- |    |  |
|----|--|
| 1  | Π6: Έχουμε 5μισι λεπτά.  |
| 12 | Π5: Αυτό εδώ το λύσαμε; ( <i>δείχνει τα σχέδια από προηγούμενο γρίφο</i> )   |
| 29 | Π2: Και αυτό με το παζλ το λύσαμε. Έχουμε μόνο 5 λεπτά.                      |
| 32 | Π1: <b>Τι δεν έχουμε κάνει εδώ;</b> ( <i>επιστρέφουν στο παλιό δωμάτιο</i> ) |

Στη φάση αυτή ο Π2 προτείνει να διερευνηθεί μια ιδέα που αφορά τη φύση του ζητούμενου: η κλειδαριά απαιτεί έναν 4ψήφιο κωδικό που προσδιορίζεται από 4 χρωματιστές λωρίδες (*γίνεται διάφανη η ατομική μεταγνώση*). Οι παίκτες υποψιάζονται ότι υπάρχει μια σχέση ανάμεσα στα ψηφία της κλειδαριάς και τους αριθμούς του ζαριού. Πιο συγκεκριμένα, αντιλαμβάνονται ότι οι 4 χρωματιστές λωρίδες αντιστοιχούν σε 4 από τους 6 αριθμούς που έχει στις έδρες του το ζάρι. Έτσι εκ πρώτης όψεως φαίνεται ως ένα πρόβλημα συνδυαστικής όπου θα πρέπει να βρεθούν όλοι οι πιθανοί τετρανήφιοι που δημιουργούνται με τα συγκεκριμένα ψηφία και να δοκιμαστούν. Προφανώς μια τέτοια προσπάθεια είναι καταδικασμένη να αποτύχει γιατί ο αριθμός διαφορετικών συνδυασμών είναι μεγάλος. Γι αυτό και γίνεται προσπάθεια να εντοπιστεί ο ρόλος που φαίνεται να παίζουν τα χρώματα. Έτσι, για να εξεταστεί αν υπάρχουν αντίστοιχα χρώματα στο νέο δωμάτιο ο Π2 ζητά από τους υπόλοιπους να ψάξουν μέσα σε αυτό και να του μεταφέρουν τις παρατηρήσεις τους (*Επιμερισμός μεταγνωστικών απαιτήσεων- Επιμερισμός ευθύνης*).

42 Π2: Πρέπει να ανοίξουμε αυτό αλλά είναι χρωματικό (*δείχνει την ηλεκτρονική κλειδαριά*)... πηγαίνετε λίγο δίπλα (*στο νέο δωμάτιο*) να βοηθήσει κάποιος!

Όταν οι παίκτες μεταφέρθηκαν στο νέο δωμάτιο η επιχειρηματολογία τους εξελίχθηκε γύρω από την ιδέα για την τοποθέτηση του ζαριού σε κάποια ειδική θέση (*αμοιβαία σκαλωσιά-χτίσιμο κοινής κατανόησης*).

51 Π2: Εδώ κοίτα πόσος κόσμος φαίνεται να το έχει βάλει (*δείχνει την προεξοχή*).

55 Π1: Ναι, όντως. Λες να μπαίνει εδώ; Πώς δεν το σκεφτήκαμε.

57 Π4: Όχι παιδιά, δεν είναι εδώ.

Καθώς οι παίκτες παρατήρησαν την μαύρη προεξοχή του δωματίου ο Π2 εξέφρασε ένα νέο επιχείρημα για να υποστηρίξει μια νέα ιδέα και να της προσδώσει λογικότητα. Να τοποθετήσουν το ζάρι στην προεξοχή του δωματίου. Η Π1 φαίνεται να συμφωνεί και είναι πρόθυμη να εξετάσει το επιχείρημα (*έλεγχος της λογικότητας του επιχειρήματος, αμοιβαία σκαλωσιά-χτίσιμο κοινής κατανόησης*). Η Π4 εκφράζει τη διαφωνία της σχετικά με την αποτελεσματικότητα του σχεδίου (*αμοιβαία σκαλωσιά-εντοπισμός λανθασμένης ιδέας*). Παράλληλα η προσπάθεια τοποθέτησης του ζαριού στην προεξοχή δεν οδηγεί σε κάποιο νέο στοιχείο κι έτσι οι παίκτες απομακρύνονται από το σχέδιο αυτό.

Η 'βοήθεια' προτρέπει τους παίκτες να παρατηρήσουν προσεκτικά το δωμάτιο με βάση τα χρώματα (που υπάρχουν στις 4 λωρίδες πάνω από την κλειδαριά) (*ανατροφοδότηση περιβάλλοντος-hint*). Οι παίκτες μέσα από ερωτήσεις προσπαθούν να εντοπίσουν κάποιο νέο στοιχείο με βάση τη 'βοήθεια', εκφράζουν ιδέες και ζητούν την αξιολόγησή τους από τους υπόλοιπους (*γίνεται διάφανη η ατομική τους μεταγνώση*). Η σειρά των επιχειρημάτων καταλήγει: α) στον από κοινού εντοπισμό του 2ου δεδομένου και β) την αναγνώριση της αντιστοιχίας ανάμεσα στο σχήμα του ζαριού και του δωματίου. Το ένα αποτελεί αναπαράσταση υπό κλίμακα του άλλου (*αμοιβαία σκαλωσιά-αναγνώριση σωστών ιδεών*).

60 Π4: Παρατηρήστε καλά το δωμάτιο. Ψάξτε χρώματα.

67 Π4: Είναι το δωμάτιο! Ναι! Ναι!

68 Π2: Α! Ναι! Ναι!

Το σχέδιο για την αντιστοίχιση των χρωμάτων από τους τοίχους του νέου δωματίου με τους αριθμούς του ζαριού τέθηκε άμεσα σε εφαρμογή. Τοποθετούν το ζάρι στο κέντρο του δωματίου, στο πάτωμα προκειμένου να έχουν με δυο ορθογώνια παραλληλεπίπεδα σε κλίμακα (το ζάρι και το δωμάτιο). Οι αντίστοιχες έδρες του ζαριού (αριθμός) και του δωματίου (χρώμα) θα προσδιορίσουν τα τέσσερα ψηφία του κωδικού.

69 Π2: Περιμένετε λίγο! Πείτε... ποιο είναι το πορτοκαλί;

- 71 Π2: Ένα-ένα πείτε τα χρώματα. Το πορτοκαλί ποιο είναι;  
73 Π4: Το πορτοκαλί είναι.....  
74 Π5: Το πορτοκαλί είναι 3.

Ο Π2 έχει αναλάβει την οργάνωση της ομάδας (*επιμερισμός μεταγνωστικών απαιτήσεων-επιμερισμός αρμοδιοτήτων*) και ανταλλάσσει συνεχώς στοιχεία με την υπόλοιπη ομάδα (*αμοιβαία σκαλωσιά-χτίσιμο κοινής κατανόησης*) έτσι ώστε να βρουν με τη σειρά τους 4 αριθμούς που αντιστοιχούν στις 4 λωρίδες χρωμάτων.

- 75 Π4: Το πράσινο είναι...4. Το κόκκινο είναι 5.  
77 Π1: Και το κίτρινο είναι 2.  
78 Π2: Το πάτησα. Δεν το δέχεται.

Τα βήματα δεν οδηγούν άμεσα στη λύση. Ο ήχος της κλειδαριάς ειδοποιεί για εσφαλμένο κωδικό (*ανατροφοδότηση περιβάλλοντος-τεχνολογικές εφαρμογές*).

- 84 Π1: Κάτι δεν πάει καλά... πάμε (ζανά από την αρχή) 3,4... να...

Η δυσκολία ξεπερνιέται με την πρωτοβουλία της Π1 να πάει στο παλιό δωμάτιο και να ελέγχει τις κινήσεις του Π2 έτσι ώστε εκείνος να επικεντρωθεί αποκλειστικά στο να πληκτρολογεί τους αριθμούς στην κλειδαριά (*κοινή διαχείριση-εστίαση σε ένα κομμάτι του γρίφου, ένας πραγματοποιεί τα βήματα και ο άλλος εσπεύει τη διαδικασία*). Η Π1 λειτουργεί ενθαρρυντικά για τον συμπαίκτη της καθώς επιμένει στην προσέγγιση που έχει επιλέξει (*ενίσχυση κινήτρου-μοίρασμα της ευθύνης σε περίπτωση αποτυχίας*).

Η 'βοήθεια' του game master επιβεβαιώνει ότι έχουν βρει τον σωστό κωδικό και προβάλλει την πληροφορία ότι για να ξεκλειδώσουν την κλειδαριά οι αριθμοί πρέπει να μπου χωρίς χρονική καθυστέρηση (*ανατροφοδότηση περιβάλλοντος-επιβεβαίωση σωστής ιδέας*). Στηριζόμενη στη νέα πληροφορία η ομάδα επαληθεύει την πορεία επιχειρηματολογίας και ενεργειών της, επαναλαμβάνει τους αριθμούς με τη σειρά που υποδεικνύουν οι λωρίδες και καταλήγει στη λύση του γρίφου (*επαλήθευση του αποτελέσματος*).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρατηρώντας την πορεία της ομάδας καθώς τα μέλη της αλληλεπιδρούν και επιχειρηματολογούν για τη μια ή την άλλη απόφαση γίνεται φανερό ότι αυτή η διαδικασία εξελίσσεται γύρω από τρεις άξονες: α) τις ενέργειες ελέγχου των παικτών, β) τις ενέργειες και τη συμπεριφορά τους μέσα στο συνεργατικό πλαίσιο επίλυσης προβλήματος και γ) την ανατροφοδότηση από τους διαθέσιμους πόρους του περιβάλλοντος.

Οι ενέργειες ελέγχου των παικτών σχετίζονται κυρίως με την ορθή αξιοποίηση των στοιχείων που είτε αποτελούν μέρη του γρίφου είτε αποτελούν διαθέσιμο πόρο του περιβάλλοντος. Οι περισσότερες ερωτήσεις μεταξύ των μελών της ομάδας αφορούν αποφάσεις σχετικά με την απόρριψη περιττών στοιχείων, την επιλογή υπο-στόχων ή την

αποδοχή σχεδίων, τον έλεγχο της λογικότητας των επιχειρημάτων τους και την επιμονή σε σωστές προσεγγίσεις. Με αυτό τον τρόπο οι ενέργειες ελέγχου προσφέρουν μια συνολική και διανυγμή εικόνα για το πού βρίσκονται οι παίκτες σε σχέση με τη λύση του γρίφου. Η ανάλυση των πρωτοκόλων με βάση το μοντέλο των Chiu και Kuo (2009) βοήθησε στο να εντοπιστούν στιγμιότυπα που συνηγορούν στη θετική συμβολή της κοινωνικής μεταγνώσης στη διαδικασία της επίλυσης. Μέσα στην ομάδα κατά τη διάρκεια της επίλυσης δομείται η κοινή γνώση και κατανόηση, αναγνωρίζονται εσφαλμένες ιδέες και ενέργειες, γίνονται αποδεκτές ορθές ιδέες μέσα από την αξιολόγησή τους από την υπόλοιπη ομάδα (ορατή μεταγνώση). Η άμεση ανταπόκριση στην επεξεργασία των ιδεών οδήγησε με τη σειρά της στον επιμερισμό των απαιτήσεων, γνωστικών ή/και μεταγνωστικών. Κάθε παίκτης ή μια μικρότερη ομάδα παικτών είναι υπεύθυνη για ένα ξεχωριστό κομμάτι του γρίφου. Οι εργασίες που αναλαμβάνουν οι παίκτες εξελίσσονται δυναμικά και συνδέονται αφενός με την ενίσχυση της εστίασης του παίκτη στο αντίστοιχο κομμάτι του γρίφου, όσο κάποιος άλλος παρατηρεί και ελέγχει τη δράση του και αφετέρου με την ενθάρρυνση του παίκτη να συνεχίσει. Ως αποτέλεσμα μειώνονται οι πιθανότητες για λάθη και αυξάνεται το κίνητρο για την ενεργή συμμετοχή στη διαδικασία επίλυσης. Τέλος, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τα δωμάτια απόδρασης, ως μια νέα μορφή εκπαιδευτικού υλικού, διατηρούν συνεχώς την αλληλεπίδραση των παικτών όχι μόνο μεταξύ τους αλλά και με αυτό καθαυτό το περιβάλλον το οποίο προσφέρει σε πολλές περιπτώσεις ανατροφοδότηση η οποία εν πολλοίς καθορίζει το επόμενο βήμα στη διαδικασία επίλυσης. Η ανατροφοδότηση αυτή βοηθά στον έλεγχο των ιδεών και ενεργειών των παικτών (hints, μηχανισμός κλειδαριάς, χωρική διαμόρφωση), στην πρόοδό τους σε σχέση με τη διάρκεια του παιχνιδιού (συνεχής καταγραφή του χρόνου), στην ενίσχυση της κατανόησής τους (hints, αντικείμενα που σχετίζονται με τον γρίφο) και στην καθοδήγησή τους στην περίπτωση που οι λύτες μπλοκάρουν σε κάποιο σημείο και χρειάζονται μια ώθηση για να συνεχίσουν την πορεία επίλυσης (hints). Οι επεμβάσεις του game master λειτουργούν ενθαρρυντικά και βοηθούν τους παίκτες να εστιάζουν σε στοιχεία χρήσιμα για τη λύση, μειώνοντας έτσι το άγχος ή την απογοήτευση σε περίπτωση αποτυχίας χωρίς όμως να τους δίνουν καθαρή τη λύση στο πρόβλημά τους.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στα δωμάτια απόδρασης εμφανίζονται στοιχεία που, όπως υποστηρίζουν οι Francisco & Maher (2005), ενισχύουν την μαθηματική επιχειρηματολογία μέσα στην επίλυση προβλήματος και που μπορούν να θέσουν τα θεμέλια για μια στροφή από την απομνημόνευση στην επιχειρηματολογία. Είναι ένα περιβάλλον που δεν απαιτεί υψηλό επίπεδο μαθηματικών ούτε προϋποθέτει κάποια τυπική εκπαίδευση στη λογική. Ανάμεσα στους παίκτες αναπτύσσεται μια μορφή συνεργασίας, η οποία δεν εξαρτάται αποκλειστικά από το γνωστικό τους υπόβαθρο, αλλά κυρίως από την ικανότητά τους να σκέφτονται μαζί και να χτίζουν μέσα από πειστικά επιχειρήματα τις στρατηγικές και τα βήματα για τη λύση του γρίφου. Οι λύτες δεν αισθάνονται ότι απειλούνται από ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα/γρίφο. Το συνεργατικό πλαίσιο που τα δωμάτια επιβάλλουν κινητοποιεί, δίνει κίνητρο στους παίκτες να αφιερώσουν χρόνο στην προσπάθεια να

καταλάβουν το πρόβλημα. Ταυτόχρονα, οι παίκτες αισθάνονται την υποχρέωση να εκθέσουν τις ιδέες τους, να εξηγήσουν, να επιχειρηματολογήσουν και ταυτόχρονα οι ιδέες αυτές καταγράφονται και αξιολογούνται από τα μέλη της ομάδας. Η έρευνα αυτή αν και μικρής έκτασης από άποψη δεδομένων ανάλυσης, είναι ένα πρώτο βήμα για την ανάδειξη των παιδαγωγικών δυνατοτήτων των δωματίων απόδρασης.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Chiu, M. M., & Kuo, S. W. (2009). Social metacognition in groups: Benefits, difficulties, learning, and teaching. In C. B. Larson (Ed.), *Metacognition: New research developments* (pp. 117–136). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Francisco, J. M., & Maher, C. A. (2005). Conditions for promoting reasoning in problem solving: Insights from a longitudinal study. *The Journal of Mathematical Behavior*, 24(3-4), 361-372.
- Glavaš, A., & Stašćik, A. (2017). Enhancing positive attitude towards mathematics through introducing Escape Room games. In Kolar-Begovic et al. (Eds.) *Mathematics Education as a science and a profession* (pp. 281-294). University of Osijek.
- Gomati, I. (2017). “The Golden Rule”: A Portable Escape Room designed to promote empathy and playfulness in challenging social contexts. *Creative Studies Graduate Student Master's Projects*. 262. <http://digitalcommons.buffalostate.edu/creativeprojects/262>
- Hou, H. T., & Chou, Y. S. (2012). Exploring the technology acceptance and flow state of a chamber escape game. *Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Conference on Computers in Education ICCE2012* (pp. 38-41). Singapore.
- Nicholson, S. (2015). Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities. White Paper available online at <http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf>.
- Nicholson, S. (2018). Creating Engaging Escape Rooms for the Classroom. *Childhood Education*, 94(1), 44-49.
- Niss, M. (2018). The very multi-faceted nature of mathematics education research. In Bergqvist, E., Österholm, M., Granberg, C., & Sumpter, L. (2018). *Proceedings of the 42nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 35-50). Umea, Sweden: PME.
- Pan, R., Lo, H., & Neustaedter, C. (2017). Collaboration, Awareness, and Communication in Real-Life Escape Rooms. In Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems (DIS'17) (pp. 1353-1364). ACM.
- Polya, G. (1944). *How to solve it*. Garden City, NY: Doubleday.
- Vörös, A. I. V., & Sárközi, Z. (2017). Physics escape room as an educational tool. In *TIM17 Physics AIP Conference Proceedings* (Vol. 1916, No. 1, p. 050002). AIP Publishing.
- Wiemker, M., Elumir, E., & Clare, A. (2015). Escape room games: “Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one?”. Retrieved 12 Σεπτεμβρίου 2018 από

<https://thecodex.ca/wp-content/uploads/2016/08/00511Wiemkeret-al-Paper-Escape-Room-Games.pdf>

# Μελέτη της επαγγελματικής γνώσης και των πρακτικών εκπαιδευτικών που διασκευάζουν εκπαιδευτικό ψηφιακό υλικό για τα Μαθηματικά

Δημήτρης Διαμαντίδης<sup>1</sup> και Χρόνης Κυνηγός<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ε.Ε.Τ., Φ.Σ., Ε.Κ.Π.Α., [dimitrd@ppp.uoa.gr](mailto:dimitrd@ppp.uoa.gr)

<sup>2</sup> Ε.Ε.Τ., Φ.Σ., Ε.Κ.Π.Α., [kynigos@ppp.uoa.gr](mailto:kynigos@ppp.uoa.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Το παρόν άρθρο παρουσιάζει τα αποτελέσματα έρευνας που αφορά μία ομάδα εκπαιδευτικών Μαθηματικών οι οποίοι -στα πλαίσια επιμόρφωσής τους- διασκευάζουν μικροπειράματα των Διαδραστικών Σχολικών Βιβλίων και συζητούν, ασύγχρονα μέσω διαδικτύου, για τις διασκευές τους. Η έρευνα εστιάζει στη διασκευή ενός μικροπειράματος στη Χελωνόσφαιρα και στη συζήτηση γύρω από αυτή. Με τη χρήση μοντέλων περιγραφής της γνώσης που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί όταν εντάσσουν ψηφιακά μέσα στη διδασκαλία τους και μέσω ανάλυσης των σχεδιαστικών επιλογών της διασκευής του μικροπειράματος επιχειρείται να εντοπιστούν τα είδη της γνώσης και των πρακτικών που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *TPaCK, SFCP, μικροπειράματα, ασύγχρονη επικοινωνία.*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα εμπόδια που συναντά η χρήση των εκπαιδευτικών ψηφιακών τεχνολογιών για τα Μαθηματικά, αν και είναι υπαρκτά στην καθημερινή σχολική πραγματικότητα (έλλειψη υποδομών, διαθέσιμου χρόνου, πηγών κτλ), ωστόσο έστω και με αργούς ρυθμούς, μειώνονται (Ruthven, 2014). Αυτή η διαφαινόμενη τάση μείωσης φέρνει στο προσκήνιο προβληματισμούς σχετικά με την ετοιμότητα και την ευχέρεια των εκπαιδευτικών Μαθηματικών να εντάξουν τα ψηφιακά μέσα στις καθημερινές διδακτικές τους πρακτικές. Έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένα μοντέλα και μέθοδοι μελέτης της επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών, τα οποία υιοθετούν διαφορετικές προσεγγίσεις, αλλά λειτουργούν και συμπληρωματικά μεταξύ τους, κυρίως για την έρευνα ερωτημάτων, που εξειδικεύουν τους παραπάνω προβληματισμούς.

Στην περίπτωση της Ελλάδας, ένα από τα διαθέσιμα ψηφιακά μέσα είναι και τα διαδραστικά σχολικά βιβλία του ΥΠΕΠΘ (ΔΣΒ, <http://ebooks.edu.gr/new/>). Από την



πλευρά των εκπαιδευτικών των Μαθηματικών της Β/θμιας εκπαίδευσης, τα ΔΣΒ, δεν αποτελούν απλά ένα αποθετήριο ‘μικροπειραμάτων’ που μπορούν να χρησιμοποιούν στο μάθημά τους, αλλά εφελτήριο για τη δημιουργία, από τους ίδιους, προσωπικών δομημάτων (Κυνηγός & Διαμαντίδης, 2014). Αυτά μπορεί να προκύψουν είτε ως ατομικές δημιουργίες, είτε ως αποτέλεσμα συλλογικής δουλειάς και αντανακλούν την επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση των εκπαιδευτικών στα αντίστοιχα θέματα. Επίσης, τα δομήματα αυτά μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς ανταλλαγής ιδεών, μεταξύ εκπαιδευτικών, αλλά και ως εργαλεία υποστήριξης και μελέτης της επαγγελματικής τους ανάπτυξης (ibid). Το παρόν άρθρο εστιάζει στη βαθύτερη κατανόηση της επαγγελματικής γνώσης και των πρακτικών εκπαιδευτικών Μαθηματικών, οι οποίοι συμμετέχοντας σε μία διαδικασία επαγγελματικής ανάπτυξης διασκεύαζον ψηφιακά δομήματα με εφελτήριο τα ΔΣΒ και συζητούν για αυτά.

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Στην παρούσα έρευνα, χρησιμοποιήσαμε δύο, από τα μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί για την επαγγελματική γνώση και πρακτική εκπαιδευτικών σε σχέση με την ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών. Αρχικά, θα σταθούμε στο μοντέλο TPαCK (Mishra & Koehler, 2006), σύμφωνα με το οποίο τα είδη γνώσης ενός/μίας εκπαιδευτικού, που χρησιμοποιεί ψηφιακά μέσα στη διδασκαλία του είναι: α) η Γνώση Περιεχομένου (CK), που στην περίπτωση μας είναι η Μαθηματική γνώση (στο εξής, για εμάς, το «περιεχόμενο» θα είναι τα Μαθηματικά), β) η Παιδαγωγική Γνώση (PK) με την έννοια της παιδαγωγικής κατανόησης στο πεδίο των Μαθηματικών, γ) η Τεχνολογική Γνώση που συμπεριλαμβάνει την ευχέρεια χρήσης τεχνολογικών μέσων, γ) η Τεχνολογική Γνώση Περιεχομένου (TCK) δηλαδή η γνώση του τρόπου αμοιβαίας συσχέτισης τεχνολογίας και Μαθηματικών, δ) η Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση (TPK) που σημαίνει λεπτομερή γνώση για το ποιες τεχνολογίες είναι κατάλληλες για συγκεκριμένα είδη διδασκαλίας και, αντίστροφα, πώς διαμορφώνεται η διδασκαλία από τη χρήση συγκεκριμένων τεχνολογιών και ε) η γνώση TPCK που συνθέτει όλα τα προηγούμενα είδη γνώσης και βρίσκεται πίσω από μία επιτυχημένη διδασκαλία στα Μαθηματικά με τη χρήση ψηφιακών μέσων. Στη βιβλιογραφία (Mishra & Koehler, 2006; Ruthven, 204) αναφέρονται παραδείγματα δεξιοτήτων ενός/μίας εκπαιδευτικού, που ενδεχομένως δείχνουν ότι χρησιμοποιεί τα παραπάνω είδη γνώσης. Για παράδειγμα, η γνώση του τρόπου κατασκευής αναπαραστάσεων συγκεκριμένων μαθηματικών εννοιών, με χρήση ψηφιακών εργαλείων είναι ένδειξη TCK, ενώ η αναφορά του/της εκπαιδευτικού με ρητό τρόπο σε στρατηγικές χρήσης των ψηφιακών εργαλείων με παιδαγωγική στόχευση (π.χ. για να εμπλακούν τα παιδιά στη διερεύνηση), αποτελεί ένδειξη TPK. Επίσης, η γνώση του/της εκπαιδευτικού σχετικά με τις ενδεχόμενες «δυσκολίες» που μπορεί να αντιμετωπίσουν τα παιδιά, στη μάθηση συγκεκριμένων εννοιών και πώς μπορεί, με κατάλληλο σχεδιασμό, να τα βοηθήσει ένα ψηφιακό περιβάλλον, είναι ένδειξη TPCK.

Το πλαίσιο Δομικών Χαρακτηριστικών της Πρακτικής στην Τάξη (SFCP) αναπτύχθηκε συνδέοντας αποτελέσματα ερευνών πάνω στην οργάνωση της τάξης και την πρακτική γνώση των εκπαιδευτικών (craft knowledge), σε σχέση με την ενσωμάτωση της

τεχνολογίας στη διδασκαλία (Ruthven, 2014). Σύμφωνα με αυτό, πέντε είναι τα δομικά στοιχεία τα οποία περιγράφουν επαρκώς την προσπάθεια των εκπαιδευτικών να ενσωματώσουν την τεχνολογία στη διδασκαλία των Μαθηματικών: α) το περιβάλλον εργασίας, β) το σύστημα πηγών, γ) η δομή δραστηριότητας, δ) το σενάριο/εκδοχή ΠΣ (Προγράμματος Σπουδών) και ε) η διαχείριση χρόνου. Πιο αναλυτικά, η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών συχνά επηρεάζει το περιβάλλον εργασίας δηλαδή την τάξη, το χώρο, τα μέσα και τη διάταξή τους. Επίσης, ένα νέο σύστημα πηγών μπορεί να προκύψει καθώς, π.χ. τα ΔΣΒ ως νέοι πόροι/πηγές μπορούν να συμπληρώσουν τις διδακτικές πρακτικές του/της εκπαιδευτικού με τη χρήση ψηφιακών τεχνολογιών. Η δομή δραστηριότητας στην τάξη σχετίζεται καθώς, π.χ. μπορεί να δίνεται σε σημεία του μαθήματος ο λόγος στους/τις μαθητές/τριες ώστε να παρουσιάσουν στον βιντεοπροβολέα την διερεύνησή τους με στόχο να γίνει συζήτηση και να πάρουν ανατροφοδότηση, κάτι που χωρίς ψηφιακά μέσα ίσως γινόταν αλλιώς. Το σενάριο/εκδοχή ΠΣ είναι μία, χαλαρή δομής (καθώς μπορεί να ανατραπεί), περιγραφή διαδοχικών γεγονότων που προγραμματίζεται ή αναμένεται να συμβούν, όπως στόχοι, χρήση πηγών, ενέργειες, προσδοκίες, δυσκολίες, εναλλακτικές πορείες, σχετικά με τη διδασκαλία ενός θέματος. Τέλος, η διαχείριση του χρόνου επηρεάζεται καθώς ο ρυθμός που ο χρόνος στην τάξη μετατρέπεται σε διδακτικό χρόνο, μετρημένος με όρους βημάτων μάθησης ενδέχεται να αλλάζει με τη χρήση ψηφιακών μέσων (Ruthven, 2014). Το SFCP, αν και έχει δεχτεί κριτική γιατί συνδέει ανομοιογενή θεωρητικά δομήματα, ωστόσο κάνει αντικείμενα ανάλυσης σημαντικές πλευρές της ενσωμάτωσης τεχνολογίας στη διδακτική πράξη, που άλλα πλαίσια παραβλέπουν.

Τα παραπάνω πλαίσια είναι σαφώς διαφορετικά, καθώς το TPaCK επιχειρεί μία επιστημολογική οριοθέτηση ανάμεσα στα διαφορετικά είδη γνώσης σχετικά με τη διδασκαλία, ενώ το SFCP ερμηνεύει πώς οι υλικού/πολιτισμικοί παράγοντες δομούν το σχεδιασμό και την υλοποίηση της διδασκαλίας. Ωστόσο υπάρχουν συνδέσεις μεταξύ τους: Το TPaCK σχετίζει τα είδη επαγγελματικής γνώσης των εκπαιδευτικών με συγκεκριμένες δεξιότητές τους, οι οποίες μπορεί να εμφανιστούν και σαν συστατικά του SFCP. Έτσι, στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήσαμε τα δύο πλαίσια με στόχο να εντοπίσουμε και να περιγράψουμε τα είδη γνώσης και τις πρακτικές που χρησιμοποιούν εκπαιδευτικοί Μαθηματικών, καθώς σχεδιάζουν ψηφιακά υλικά με στόχο τη χρήση τους στη διδασκαλία και συζητούν με συναδέλφους τους γύρω από αυτό το σχεδιασμό.

## Η ΕΡΕΥΝΑ

Η παρούσα έρευνα έγινε κατά τη διάρκεια μίας εκπαίδευσης μεταπτυχιακού επιπέδου, με εστίαση στην παιδαγωγική χρήση των ψηφιακών μέσων στη διδασκαλία των Μαθηματικών. Συμμετείχαν εννέα πτυχιούχοι μαθηματικοί, που οι περισσότεροι είχαν πρόσφατα αποφοιτήσει και δύο ερευνητές που διεξήγαγαν την εκπαίδευση. Λίγοι από τους εκπαιδευτικούς είχαν εμπειρία τάξης, ενώ οι περισσότεροι είχαν δουλέψει παραδίδοντας ενισχυτικά μαθήματα Μαθηματικών, κατ' ιδίαν, σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου. Ο πρώτος ερευνητής είχε το ρόλο του διδάσκοντα και ήταν ακαδημαϊκός δάσκαλος της ΔτΜ και ο δεύτερος ήταν υπ. διδάκτορας της ΔτΜ, εκπαιδευτικός Μαθηματικών στη δημόσια Β/θμια εκπαίδευση και είχε υποστηρικτικό ρόλο στις

εργασίες των εκπαιδευόμενων. Σημειώνουμε ότι ο τελευταίος είχε παρακολουθήσει την ίδια εκπαίδευση πρόσφατα και είχε εμπειρία στο σχεδιασμό και τη χρήση ψηφιακού υλικού για τα Μαθηματικά. Μία από τις εργασίες των εκπαιδευόμενων, που σχεδιάστηκε στο πλαίσιο της έρευνας και είχε παράλληλα ως στόχο την εκπαίδευση των συμμετεχόντων, ήταν η διασκευή από τους εκπαιδευόμενους, μικροπειραμάτων της επιλογής τους από τα ΔΣΒ Μαθηματικών. Οι εκπαιδευόμενοι, σύμφωνα με το σχεδιασμό δημοσιοποίησαν τα δομήματα/διασκευές τους στην «ομάδα συζητήσεων» της ηλεκτρονικής τάξης, δηλαδή σε ένα κλειστό φόρουμ συζήτησης, δημιουργώντας ένα ξεχωριστό «νήμα/θέμα» για κάθε δόμημα. Εκεί σχολίασαν τα δομήματα/διασκευές των συναδέλφων τους, μπαίνοντας σε διάλογο. Σε αυτή τη διαδικασία οι δύο ερευνητές είχαν το ρόλο του «κριτικού φίλου», που διευκόλυνε τους εκπαιδευόμενους στην συζήτησή τους. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα ήταν να εμπλακούν οι εκπαιδευόμενοι σε μία πυκνή διαδικασία διαλόγου γύρω από το σχεδιασμό συγκεκριμένου εκπαιδευτικού υλικού για τα Μαθηματικά με χρήση ψηφιακών μέσων, ως μέρος της εκπαίδευσής τους. Παράλληλα, τα δομήματα και το περιεχόμενο των αντίστοιχων διαλόγων που προέκυψε (στην ομάδα συζητήσεων), αποτέλεσε το σώμα των δεδομένων της έρευνας.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν αυτή της 'έρευνας σχεδιασμού' (Collins et al., 2004)). Οι ερευνητές σχεδίασαν και εφάρμοσαν μια επιμορφωτική παρέμβαση έχοντας ρόλους συμμετεχόντων-παρατηρητών και αναζητώντας απαντήσεις στο ερώτημα: «Ποιες γνώσεις και ποιες πρακτικές χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διαδικασία διασκευής ψηφιακού διδακτικού υλικού; Πώς μπορούν να γίνουν ορατές αυτές οι γνώσεις και οι πρακτικές, στο περιεχόμενο μιας ασύγχρονης συζήτησης μεταξύ τους;» Τα δεδομένα αποτελούνταν από τα παραγόμενα μικροπειράματα και τα μηνυμάτα των εκπαιδευτικών στην «ομάδα συζητήσεων». Η ανάλυση του περιεχομένου των διαλόγων συμπεριλάμβανε αναγνώριση κρίσιμων περιστατικών, που ορίζονται ως επιλεγμένα τμήματα διαλόγου με ένα κεντρικό θέμα συζήτησης (Kynigos & Kolovou, 2018). Η αναγνώριση των περιστατικών έγινε ακολουθώντας το μοντέλο της κοινότητας διερεύνησης (Garrison, Anderson, & Archer, 2000).

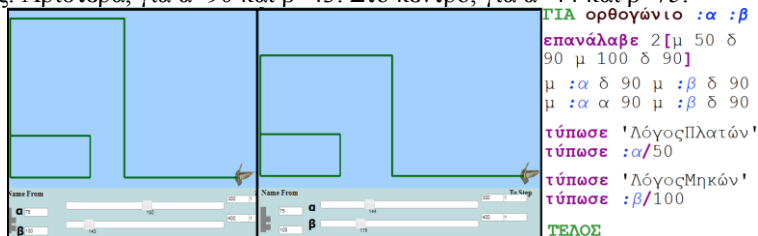
Το παρόν άρθρο επικεντρώνεται σε ένα συγκεκριμένο δόμημα/διασκευή (και τον αντίστοιχο διάλογο στην «ομάδα συζητήσεων») που κατασκευάστηκε στη «Χελωνόσφαιρα» (<http://etl.ppp.uoa.gr/malt2/>). Η Χελωνόσφαιρα είναι ένα διαδικτυακό περιβάλλον τρισδιάστατης Γεωμετρίας (προϊόν του ΕΚΠΑ/ΕΕΤ) που ενσωματώνει το μαθηματικό συμβολισμό/φορμαλισμό μέσω της γλώσσας προγραμματισμού Logo. Μία οντότητα (εδώ παριστάνεται ως σπυργίτι) εκτελώντας τις εντολές του προγράμματος αλλάζει θέση σύμφωνα με αυτές, αφήνοντας ίχνος και δημιουργώντας σχήματα, μέσα στη 3D «σκινή». Ο χρήστης της Χελωνόσφαιρας μπορεί να δημιουργήσει δικές του κατασκευές, να «πειράξει» κατασκευές άλλων και να τις χειριστεί δυναμικά με χρήση μεταβολών, αλλάζοντας τη μορφή τους. Επίσης μπορεί να περιηγηθεί διερευνητικά «γύρω τους» χρησιμοποιώντας τη λειτουργία κάμερας που προσφέρει το περιβάλλον.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία δημοσιοποίησης δομημάτων από τους/τις εκπαιδευτικούς και η συζήτηση στο φόρουμ της ηλεκτρονικής τάξης είχε διάρκεια δύο μηνών. Κάθε συμμετέχων/ουσα ξεκίνησε ένα νέο θέμα συζήτησης, 'κάτω' από το γενικό θέμα της εργασίας. Εκεί, έδωσε πρόσβαση στους υπόλοιπους συμμετέχοντες ώστε να δουν και να χειριστούν το δόμημά του, είτε μέσω ενός εξωτερικού συνδέσμου σε υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους, είτε επισυνάπτοντας το ίδιο το αρχείο. Έτσι προέκυψαν 9 θέματα συζήτησης κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχούσε σε ένα δόμημα. Κατά τη διάρκεια της συζήτησης ανταλλάχθηκαν 142 μηνύματα. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφουμε δύο κρίσιμα περιστατικά από τους διαλόγους στο θέμα του δομήματος του εκπαιδευτικού Σ1.

Ο Σ1 επέλεξε να διασκευάσει ένα μικροπείραμα (στο εξής «AM»: αρχικό μικροπείραμα) που είναι ενσωματωμένο στο ΔΣΒ Μαθηματικών της Α΄ Γυμνασίου, στην παράγραφο των αναλογιών. Το πρόγραμμα του μικροπείραματος (εικόνα 1) ξεκινά με μία εντολή επανάληψης όπου επαναλαμβάνεται δύο φορές η ακολουθία εντολών «μ 50 δ 90 μ 00 δ 90». Με την εκτέλεση του προγράμματος αυτές οι εντολές κατασκευάζουν το μικρό ορθογώνιο που φαίνεται στην εικόνα 1.

**Εικόνα 1:** Το AM. Δεξιά, το πρόγραμμα. Επίσης, φαίνονται δύο στιγμιότυπα του σχήματος. Αριστερά, για  $\alpha=90$  και  $\beta=43$ . Στο κέντρο, για  $\alpha=44$  και  $\beta=75$ .

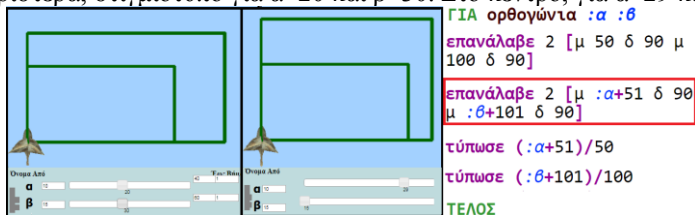


Η εντολή «μ 50» προς το σπυργίτι, σημαίνει «προχώρησε μπροστά 50 βήματα» και η «δ 90» σημαίνει «στρίψε δεξιά 90 μοίρες». Στη συνέχεια η ακολουθία εντολών «μ :α δ 90 μ :β δ 90 μ :α α 90 μ :β β 90» κατασκευάζει (όταν εκτελεστεί το πρόγραμμα) την «εξωτερική» τεθλασμένη γραμμή. Η εντολή «α 90» σημαίνει «στρίψε αριστερά 90 μοίρες» ενώ στις εντολές «μ :α» και «μ :β» ο αριθμός των βημάτων που πρέπει να προχωρήσει το σπυργίτι αντιστοιχεί σε δύο μεταβλητές τις :α και :β. Το πρόγραμμα εκτελείται για τιμές των μεταβλητών που επιλέγει ο μαθητής/τρια, ο/η οποίος/α στη συνέχεια έχει τη δυνατότητα να τις μεταβάλλει με τη χρήση μεταβολών και να δει τι αλλάζει στο σχήμα, αντίστοιχα. Ωστόσο, η τεθλασμένη γραμμή (οι διαστάσεις της οποίας μεταβάλλονται) δεν σχηματίζει ορθογώνιο (κάτι που θα περίμενε κανείς) καθώς το πρόγραμμα λειτουργεί ως «μισοψημένος μικρόκοσμος» (Κυρίγος, 2007) με την έννοια ότι η εντολή «α 90», που χαλάει το ορθογώνιο, πιθανόν υπάρχει εκεί κατόπιν σχεδιασμού του δημιουργού, στη θέση της σωστής εντολής «δ 90». Αυτό, πιθανώς συμβαίνει με στόχο να προκαλέσει τους/τις μαθητές/τριες να περιεργαστούν το πρόγραμμα και να τους δημιουργήσει γνήσιες ευκαιρίες μάθησης. Πράγματι, στο AM ζητείται από τον/την

μαθητή/τρια να «διορθώσει» το πρόγραμμα, ώστε να δημιουργείται ένα μεταβλητό ορθογώνιο. Οι μαθηματικές έννοιες που ενσωματώνονται σε μία διερευνητική προσπάθεια «διόρθωσης» του σχήματος, από μαθητές/τριες, φαίνεται να είναι οι ιδιότητες του ορθογώνιου και η εννοιολογική αντίληψη της γωνίας ως στροφή (Henderson & Taimina, 2005). Τέλος, με τις εντολές που ακολουθούν εμφανίζονται οι τιμές των λόγων των αντίστοιχων πλευρών των δύο σχημάτων.

Το δόμημα (Δ1) που πρότείνει ο Σ1 ως διασκευή του AM είχε την εξής ουσιαστική διαφορά (εικόνα 2). Ο Σ1 έχει αποκαταστήσει το «λάθος» του AM κι έτσι πλέον υπάρχουν δύο ορθογώνια. Όμως, έχει «μισοψήσει» με άλλο τρόπο το πρόγραμμα. Όρισε τις διαστάσεις του μεγάλου ορθογώνιου ως  $:\alpha+51$  και  $:\beta+101$  και ζήτησε από τους/τις μαθητές/τριες να αλλάξουν το πρόγραμμα, ώστε τουλάχιστον το ένα από τα δύο ορθογώνια να παραμείνει μεταβλητό, αλλά ο λόγος των αντίστοιχων διαστάσεων μικρού και μεγάλου ορθογώνιου να παραμένει σταθερός.

**Εικόνα 2:** Δεξιά, το πρόγραμμα του Δ1, (στο πλαίσιο επισημαίνεται η πιο ουσιαστική αλλαγή). Αριστερά, στιγμιότυπο για  $\alpha=20$  και  $\beta=30$ . Στο κέντρο, για  $\alpha=29$  και  $\beta=5$ .



Μία πιθανή λύση που θα μπορούσαν να δώσουν οι μαθητές/τριες, και που (όπως προέκυψε από το περιεχόμενο των διαλόγων στην «ομάδα συζητήσεων», περίμενε ο Σ1) ήταν να αντικαταστήσουν τις εκφράσεις «μ 50» και «μ 100» με «μ  $:\alpha$ » και «μ  $:\beta$ », αντίστοιχα, στο μικρό ορθογώνιο, καθώς και «μ  $:\alpha+51$ » και «μ  $:\beta+101$ » με «μ  $:\alpha*2$ » και «μ  $:\beta*3$ », αντίστοιχα, στο μεγάλο ορθογώνιο. Έτσι και τα δύο ορθογώνια θα ήταν μεταβλητά με σταθερό λόγο, για κάθε τους διάσταση (μήκος και πλάτος).

Στα κρίσιμα περιστατικά που ακολουθούν συζητούν οι Σ1, Σ2, Σ4 και Ε γύρω από το Δ1. Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να αναφέρουμε στοιχεία για το προφίλ των συμμετεχόντων. Οι Σ1 και Σ4 είναι πτυχιούχοι Μαθηματικών χωρίς μεγάλη διδακτική εμπειρία και έχουν μόλις τελειώσει τις προπτυχιακές σπουδές τους. Η Σ2 είναι πτυχιούχος Μαθηματικών με μεγαλύτερη διδακτική εμπειρία από τους Σ1 και Σ4, κυρίως σε κατ'ιδίαν ενισχυτική διδασκαλία μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου. Όλοι/ες έχουν ευχέρεια στον προγραμματισμό, αλλά η Σ2 (στις προηγούμενες εργασίες της) έχει χρησιμοποιήσει πιο πολύπλοκες διαδικασίες από τον Σ1 και τη Σ4. Ο Ε είναι ο ερευνητής/εκπαιδευτικός Μαθηματικών Β/θμιας εκπαίδευσης.

**Πρώτο κρίσιμο περιστατικό: Συζήτηση για συγκεκριμένες σχεδιαστικές επιλογές**  
 Ακολουθεί απόσπασμα από διάλογο στην «ομάδα συζητήσεων»:

- Σ1[10/4]: Προτείνω το Δ1 που θα βοηθήσει τους μαθητές να καταλάβουν τη διαφορά μεταξύ προσθετικής και πολλαπλασιαστικής αναλογίας.
- Σ2[18/4]: Ποια είναι η σημασία του σταθερού λόγου; Πιστεύεις ότι διευκολύνει την αντίληψη της πολλαπλασιαστικής αναλογίας; Πώς;
- Σ1[19/4]: Το AM εμφανίζει το λόγο των πλευρών, αλλά χωρίς να είναι σταθερός. Ωστόσο, ο σταθερός λόγος προϋποθέτει τη χρήση της ίδιας μεταβλητής από τους μαθητές, για τις δύο πλευρές. Αυτό όμως δεν αρκεί. Αν χρησιμοποιήσουν :a+51 για τη μία και :a για την άλλη πλευρά ο λόγος δε διατηρείται. Αυτό γίνεται μόνο αν χρησιμοποιήσουν π.χ. 2\*:a στη μία και :a στην άλλη πλευρά, ώστε ο λόγος να είναι σταθερά ίσος με 2. Ο σταθερός λόγος είναι το έναυσμα για να ξεκινήσει η διερεύνηση από τους μαθητές. Περιμένω τα παιδιά να χρησιμοποιήσουν τους μεταβολείς.
- E[21/4]: Η επιλογή των 51 και 101 είναι τυχαία;
- Σ4[22/4]: Υπάρχει λόγος που βάζεις το πρόγραμμα τυπώνει τις τιμές των λόγων;
- Σ1[24/4]: Οι τιμές τυπώνονται, ώστε να βλέπουν τα παιδιά τους λόγους, γιατί αυτό στοχεύω να τους κινητοποιήσει για να ασχοληθούν με τη δραστηριότητα. Η επιλογή των 51 και 101 έγινε ώστε να μην μπορούν να διακρίνουν εύκολα σχέση μεταξύ αριθμών και να οδηγηθούν σε πιο λεπτομερή διερεύνηση, δοκιμάζοντας ξανά άλλες τιμές.

Η διευκρίνιση που ζήτησε η Σ2 (18/4) φαίνεται να βοήθησε τον Σ1 να ξεκαθαρίσει τι εννοεί με τους όρους που χρησιμοποιεί στο αρχικό του μήνυμα (10/4). Όπως φαίνεται από το μήνυμά του (19/4) με την «προσθετική αναλογία» πιθανόν εννοούσε την υποθετική χρήση προσθετικών στρατηγικών από μαθητές/τριες στην προσπάθειά τους να λύσουν προβλήματα αναλογιών (Tournaire, & Pulos, 1985) που δεν οδηγούν σε σωστό αποτέλεσμα. Συνεπώς, ως «πολλαπλασιαστική αναλογία» πιθανόν εννοούσε τις πολλαπλασιαστικές στρατηγικές που σε τέτοια προβλήματα οδηγούν στην λύση. Στη συνέχεια (24/4) ο Σ1, για να τεκμηριώσει συγκεκριμένες επιλογές του σχεδιασμού του, απαντώντας στις ερωτήσεις των E και Σ4 (21/4 & 22/4, αντίστοιχα), φαίνεται να χρησιμοποίησε περιγραφές και στιγμιότυπα από μία «ενδεχόμενη πορεία διδασκαλίας» με χρήση του Δ1 σε μία υποθετική τάξη.

#### **Δεύτερο κρίσιμο περιστατικό: Συζήτηση επί γενικότερων αρχών σχεδιασμού**

Ο διάλογος μεταξύ των Σ1, Σ2, Σ4 και E, συνεχίστηκε, μετά από προτροπή του E, με θέμα τις ενδεχόμενες χρήσεις του Δ1 σε άλλο πλαίσιο, από αυτό που πρότείνει ο Σ:

- E[25/4]: Αυτό το δόμημα που έφτιαξες θα μπορούσε να δοθεί, κατάλληλα διασκευασμένο, και σε Γ΄ Γυμνασίου, στα εμβαδά ομοίων σχημάτων;
- Σ2[26/4]: Ναι, θα μπορούσαμε να φτιάξουμε κάτι πιο πολύπλοκο με εντολή αναδρομής, όπως αυτές που έχουμε δει στο μάθημα, να σχηματίζεται μία ακολουθία όμοιων σχημάτων (προτείνει ένα τέτοιο πρόγραμμα).
- Σ1[27/4]: Συμφωνώ με τον E, αλλά όχι τόσο με την Σ2. Τι να ζητάμε σε μία ακολουθία όμοιων σχημάτων; Μα, αναδρομή; Δεν είναι κάπως πολύπλοκο (και ως πρόγραμμα, αλλά και ως πρόβλημα); Δε θα ήταν καλύτερα να αλλάξουμε

λίγο το μικροπείραμα και να τους ζητάμε απλά να βρουν το λόγο των εμβαδών δύο ορθογωνίων ή κάτι τέτοιο; Μάλιστα, καλύτερα να αρχίζαμε από τετράγωνα και σιγά-σιγά να πηγαίναμε σε πιο σύνθετα σχήματα, ώστε να ήταν πιο ομαλή η ροή.

Σ4[27/4]: Ίσως θα ήταν καλύτερο να δίνεται ένα κίνητρο για διερεύνηση, ίσως ένα πιο ρεαλιστικό πλαίσιο, ας πούμε να ζητείται να κατασκευαστούν όμοια σκαλοπάτια που, όσο ανεβαίνεις μία σκάλα, να μικραίνουν. Άλλωστε έχουμε ξαναδεί παιδιά να εμπλέκονται έντονα σε διερεύνηση με σκαλοπάτια στη Χελωνόσφαιρα με καλά αποτελέσματα.

Σ1[27/4]: Ναι. Και ίσως θα έπρεπε να δώσουμε ένα αρχικό πρόγραμμα για να ξεκινήσουν την κατασκευή, ώστε να μη φάμε όλο το χρόνο με αυτή.

Σ2[28/4]: Μπορούμε να σκεφτούμε ένα πρόβλημα με σκαλοπάτια. Θα σας στείλω. Επίσης προτιμώ να μην υπάρχει έτοιμο πρόγραμμα, για να τα φτιάξουν μόνο τους τα παιδιά στη Χελωνόσφαιρα, από την αρχή.

Σ1[28/4]: Οκ, απλά σκεφτόμουν μήπως περιορίζαμε (και χρονικά) τη διερεύνηση μόνο στο λόγο μηκών και εμβαδών κι όχι σε όλη την κατασκευή.

Ο Σ1 (27/4) διαφώνησε με την πρόταση της Σ2 (26/4) να κατευθυνθεί η διασκευή σε κάτι πολύπλοκο, από πλευράς προγραμματισμού («Μα, αναδρομή;») και εννοιών που ενσωματώνονται («..να τους ζητάμε απλά να βρουν..»). Προβληματίστηκε ως προς την χρήση σε τάξη μίας τέτοιας δραστηριότητας, προβάλλοντας μάλιστα και μία εναλλακτική ενδεχόμενη διδακτική πορεία ως επιχείρημα («να αρχίζαμε από τετράγωνα...»). Η Σ4 προέταξε τη χρήση ενός ρεαλιστικού πλαισίου για το πρόβλημα, προτείνοντας τα σκαλοπάτια, που όπως είπε έχουν ξαναχρησιμοποιηθεί και έχουν προκαλέσει «έντονη εμπλοκή» παιδιών σε διερεύνηση «καλά αποτελέσματα» (Διαμαντίδης, Ξένος, Κυνηγός, 2016). Η Σ2 πρότεινε (28/4) να κρατηθεί ένα επίπεδο πολυπλοκότητας («προτιμώ να μην υπάρχει έτοιμο πρόγραμμα»), πάνω στο νέο πλαίσιο των σκαλοπατιών της Σ4 (27/4) με το οποίο συμφώνησε ο Σ1 (27/4). Ωστόσο, ο Σ1 διατήρησε τις επιφυλάξεις του (28/4) και ως προς το χρόνο που θα χρειαζόταν σε περιβάλλον τάξης αυτή η δραστηριότητα για να εφαρμοστεί.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Προκειμένου να καταλάβουμε βαθύτερα το περιεχόμενο των παραπάνω συζητήσεων, επιχειρήσαμε να το δούμε από δύο οπτικές γωνίες, του TPaCK και του SFCP.

Ξεκινώντας από το πρώτο κρίσιμο περιστατικό και την ίδια τη διασκευή, φαίνεται ότι οι «μικρές» μετατροπές του προγράμματος του ΑΜ, που ο πρότείνει ο Σ1 συνοδεύονται από αρκετά «μεγάλες» αλλαγές στην αναμενόμενη (από τον Σ1) δραστηριότητα των μαθητών/τριών, που ενδεχομένως θα το χρησιμοποιούσαν, και στις μαθηματικές έννοιες που ενσωματώνονται. Ενώ στη στοχευόμενη διερεύνηση του ΑΜ ενσωματώνονται ιδιότητες ορθογωνίου και η έννοια της γωνίας ως στροφή, στο Δ η διερεύνηση οδηγεί σε κατασκευή νοημάτων από τους/τις μαθητές/τριες σχετικά με την αναλογία και τη χρήση της σε προβλήματα. Πίσω από αυτό το σχεδιασμό φαίνεται να υπάρχει μία γνώση του Σ1 για τις διδακτικές ιδιαιτερότητες που υπάρχουν (και συχνά

προκαλούν εμπόδια) σχετικά με αυτή την έννοια, καθώς αναφέρεται στην χρήση προσθετικών και πολλαπλασιαστικών στρατηγικών. Συνεπώς, δε θα ήταν να αυθαίρετο να ισχυριστούμε ότι ο Σ1, στο σχεδιασμό του χρησιμοποιεί τη γνώση του αναφορικά με το τι είναι «εύκολο» ή «δύσκολο» να μάθουν τα παιδιά σε σχέση με συγκεκριμένες έννοιες και πώς η τεχνολογία μπορεί να τα βοηθήσει να επανατοποθετήσουν αυτές τις έννοιες μέσα σε συγκεκριμένα προβλήματα, ώστε να έχουν ευκαιρίες να ξεπεράσουν ενδεχόμενα εμπόδια. Με την θεώρηση αυτή, η γνώση που χρησιμοποιεί ο Σ1 σε αυτή την περίπτωση είναι αρκετά κοντά στο «κέντρο» του ΤΡαСК, δηλαδή στη γνώση ТРСК.

Από την άλλη, η Σ2 στο δεύτερο κρίσιμο περιστατικό, φαίνεται να επεκτείνεται η χρήση του Δ1 ενσωματώνοντας την έννοια της ομοιότητας. Η Σ2 πρότεινε την κατασκευή ενός προγράμματος, θέλοντας να εντάξει εκτός από την έννοια της ομοιότητας και αυτές της ακολουθίας και της αναδρομής· έδειξε να γνωρίζει πώς με τη Χελωνόσφαιρα θα μπορούσε να κατασκευάσει αναπαραστάσεις αυτών των εννοιών, κάτι που σχετίζεται με τη γνώση ТСК. Ωστόσο, δεν υπάρχουν στοιχεία που να δείχνουν ότι η Σ2 προτείνει αναλυτικά τον τρόπο για να μετατραπεί αυτό σε δραστηριότητα για την τάξη (κάτι που θα σχετιζόταν με τη ТРСК). Η πρόταση της Σ4, για το σχεδιασμό σκαλοπατιών, με τη χρήση της Χελωνόσφαιρας, ώστε να μετατραπεί αυτή η ιδέα σε δραστηριότητα, δείχνει να έχει στοιχεία ТРК, καθώς προτάσσει τη χρήση ενός ρεαλιστικού πλαισίου, ως μία αποτελεσματική παιδαγωγική στρατηγική που θα μπορούσε να εμπλέξει τους μαθητές/τριες, αυθεντικά, σε διερεύνηση.

Επιστρέφοντας στο πρώτο κρίσιμο περιστατικό ισχυριζόμαστε ότι, από το διάλογο, προκύπτουν δομικά στοιχεία του πλαισίου SFCP, στο σχεδιασμό του Σ1. Βλέπουμε ότι ο Σ1, στις διευκρινιστικές ερωτήσεις που του έγιναν, απάντησε περιγράφοντας μία υποθετική πορεία εφαρμογής του Δ1 σε τάξη. Στις 19/4 τεκμηριώνει τις επιλογές του με βάση ένα σενάριο/εκδοχή υλοποίησης του του ΠΣ, αναφορικά με την έννοια της αναλογίας. Στις 24/4 περιγράφει μία συγκεκριμένη δομή δραστηριότητας, αναφέροντας ότι με τη σχεδιαστική επιλογή των τιμών 51 και 101 ήθελε οι μαθητές/τριες «να οδηγηθούν σε πιο λεπτομερή διερεύνηση, δοκιμάζοντας ξανά άλλες τιμές». Σύμφωνα με την ανάλυσή μας, στοιχεία του SFCP προκύπτουν και στο δεύτερο κρίσιμο περιστατικό. Ο Σ1, τεκμηριώνοντας τη αντίθεσή του με την πρόταση της Σ2, έχοντας ως επιχείρημα την μεγάλη πολυπλοκότητα, αναφέρεται (27/4) σε μία εκδοχή/σενάριο υλοποίησης του ΠΣ, σχετικά με το λόγο εμβαδών ομοίων σχημάτων ώστε «να είναι πιο ομαλή η ροή». Επίσης, στις 27/4 επισημαίνει το θέμα της διαχείρισης χρόνου στην τάξη και επανέρχεται σε αυτό στις 28/4, δείχνοντας να το θεωρεί σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού δομήματος που προορίζεται για τη διδασκαλία.

## ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα έρευνα, τα συμπεράσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι η χρήση των ΤΡαСК και SFCP, μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση, από πλευράς έρευνας στην ΔτΜ, των ειδών επαγγελματικής γνώσης και πρακτικών που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί Μαθηματικών όταν σχεδιάζουν διδασκαλίες με ψηφιακά μέσα. Από την άλλη, και εφόσον η διασκευή των μικροπειραμάτων έγινε για επιμορφωτικούς σκοπούς, είναι αξιοσημείωτο



ότι μία τέτοιους είδους ανάλυση εντοπίζει τα «στιγμιότυπα» που τα είδη γνώσης και οι πρακτικές των εκπαιδευτικών κάνουν έντονη την παρουσία τους. Έτσι, έρχονται από το «παρασκήνιο» της συζήτησης στο «προσκήνιο», μέσω της ανάλυσης. Συνεπώς, δίνεται η ευκαιρία στον εκπαιδευτή εκπαιδευτικών να διακρίνει ευκαιρίες παρέμβασής του σε μία τέτοια συζήτηση, με στόχο να ενισχύσει το επιμορφωτικό αποτέλεσμα για τους/τις εκπαιδευόμενους/ες. Ωστόσο, είναι σημαντική η σύνθεση των συμπερασμάτων της έρευνας με αποτελέσματα άλλων ερευνών που χρησιμοποιούν τα ίδια ή διαφορετικά πλαίσια ανάλυσης της επαγγελματικής γνώσης των εκπαιδευτικών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *The Journal of Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Garrison, D. R., Anderson, T., & Archer, W. (2000). Critical inquiry in a text-based environment: Computer conferencing in higher education model. *The Internet and Higher Education*, 2(2-3), 87-105.
- Henderson, D. W., & Taimina, D. (2005). *Expressing Geometry. Euclidean and non Euclidean with History*. Pearson Prentice Hall, NJ, USA.
- Kynigos, C. (2007). Half-baked Microworlds in Use in Challenging teacher educators' knowing. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 12(2), 87-111.
- Kynigos, C., & Kolovou, A. (2018). Teachers as designers of digital educational resources for creative mathematical thinking. In L. Fan, L. Trouche, C. Qi, S. Rezat, & J. Visnovska (Eds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources: Advances and issues ICME-13*. Springer.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teacher College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Ruthven, K. (2014). Frameworks for analysing the expertise that underpins successful integration of digital technologies into everyday teaching practice. In A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (pp. 373-393). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Tourniaire, F., & Pulos, S. (1985). Proportional Reasoning: A Review of the Literature. *Educational Studies in Mathematics*, 6(2), 8-204. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3482345>
- Διαμαντίδης, Δ., Ξένος, Μ., Κυνηγός, Χ. (2016). Παράγοντες δημιουργικής συνεργασίας εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων για το σχεδιασμό ψηφιακού υλικού στα μαθηματικά. Από Σκουμιός Μ. & Σκουμπουρδή Χ. *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»*, σελ 226-235, <http://ltee.org/sekpy2016>, Ημερομηνία πρόσβασης: 09/11/2016.
- Κυνηγός, Χ. & Διαμαντίδης, Δ. (2014). Διασκευάζοντας μικροπειράματα του Ψηφιακού Σχολείου ως ερατήριο για τον εκπαιδευτικό: Μια περίπτωση σχεδιασμού γύρω από την εξίσωση. Από Χρυσάνθη Σκουμπουρδή, Μιχάλης Σκουμιός. *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, σελ 823-842.

# Απόψεις μελλοντικών δασκάλων για τα μαθηματικά και μαθηματικό άγχος

Δήμητρα Ρεμούνδου(\*)<sup>1</sup> και Ευγένιος Αυγερινός<sup>2</sup>

Εργαστήριο Μαθηματικών, Διδακτικής και Πολυμέσων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
<sup>1</sup> remoundou@aegean.gr, <sup>2</sup> eavger@aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Οι στάσεις και οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών για τα μαθηματικά επηρεάζουν τον τρόπο που διδάσκουν το μάθημα και τις επιδόσεις των μαθητών τους. Ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση όπου οι μαθητές χτίζουν τις βάσεις της μαθηματικής τους παιδείας η επίδραση του δασκάλου είναι έντονη. Συγχρόνως, σε έρευνες μεταξύ μελλοντικών δασκάλων έχει σημειωθεί ένα σημαντικό ποσοστό που διακατέχεται από μαθηματικό άγχος ή ακόμα και φοβία για τα μαθηματικά. Στην παρούσα εργασία εξετάζονται οι στάσεις και πεποιθήσεις φοιτητών παιδαγωγικού τμήματος για τα μαθηματικά και προτείνονται τρόποι αλλαγής τους με σκοπό την αναστροφή της αρνητικής πορείας της μαθηματικής παιδείας σε επίπεδο πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** στάσεις, πεποιθήσεις, μαθηματικό άγχος, μελλοντικοί δάσκαλοι.

(\*) Η υλοποίηση της διδακτορικής διατριβής συγχρηματοδοτήθηκε μέσω της Πράξης «ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΥΠΟΤΡΟΦΙΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση», του ΕΣΠΑ 2014 - 2020 με τη συγχρηματοδότηση του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μαθηματικά είναι ένα από τα βασικά μαθήματα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, στο οποίο διδάσκονται βασικές έννοιες και δεξιότητες που, λόγω της φύσης του μαθήματος, επηρεάζουν τις επιδόσεις των μαθητών τα επόμενα χρόνια. Οι εκπαιδευτικοί παίζουν καθοριστικό ρόλο στο στάδιο αυτό, στο οποίο διαμορφώνονται και οι στάσεις των μαθητών για τα μαθηματικά. Μπορεί να ενθουσιάσουν και να εμπνεύσουν τους μαθητές όσο και να τους προκαλέσουν άγχος για το μάθημα. Πιθανή αρνητική στάση ή ακόμα και μαθηματικό άγχος των ίδιων των δασκάλων για τα μαθηματικά, μπορεί να επηρεάσει τους μαθητές τους, τόσο ως προς τις γνώσεις που αποκτούν όσο και ως προς τη δική τους στάση για το μάθημα. Η διερεύνηση, αναγνώριση και αποτύπωση του φαινομένου στους μελλοντικούς δασκάλους, των λόγων που το προκαλούν και των τρόπων αντιμετώπισής

του μπορεί να οδηγήσει στην αποφυγή του φαύλου αυτού κύκλου και των αρνητικών επιπτώσεων του στη γενική μαθηματική παιδεία.

## **ΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΙΣ**

Οι πεποιθήσεις ενός ατόμου είναι οι υποκειμενικές γνώσεις και αντιλήψεις του για ένα συγκεκριμένο θέμα, συμπεριλαμβανομένων των συναισθημάτων του, για τις οποίες δεν υπάρχουν πάντα πειστικά τεκμήρια από αντικειμενικές παρατηρήσεις (Pehkonen, 2001). Οι πεποιθήσεις έχουν έντονο το συναισθηματικό στοιχείο.

Ως στάσεις για το μάθημα των μαθηματικών θεωρούμε τις συναισθηματικές αντιδράσεις, τη συμπεριφορά και τις αντιλήψεις για το αντικείμενο (Hart, 1989). Από τις έρευνες σε σχέση με τις στάσεις για τα μαθηματικά έχουν αναδειχθεί ως σημαντικοί παράγοντες, η αυτοπεποίθηση, το άγχος, η αξία, η ευχαρίστηση, τα κίνητρα και οι προσδοκίες των γονέων και καθηγητών (Tarja & Marsh, 2004).

Το μαθηματικό άγχος μπορεί να οριστεί ως ο φόβος ή η δυσφορία του ατόμου για το αντικείμενο των μαθηματικών, όπως για μαθηματικά προβλήματα και αριθμητικές πράξεις, που μπορούν να επηρεάσουν την ακαδημαϊκή του επίδοση και να τον οδηγήσουν να αποφεύγει τα μαθηματικά σε καθημερινές καταστάσεις (Richardson & Suinn, 1972). Οι έρευνες για το μαθηματικό άγχος έχουν δείξει ότι είναι μία πολυδιάστατη ψυχολογική κατάσταση που περιλαμβάνει περίπλοκους παράγοντες όπως συναισθήματα πίεσης, ανεπάρκεια στις επιδόσεις και άγχος σε εξετάσεις (Bai et al., 2009).

## **Στάσεις και πεποιθήσεις μαθητών και μελλοντικών δασκάλων**

Ένα μεγάλο μέρος της έρευνας για τη μαθηματική εκπαίδευση έχει αφιερωθεί στη σχέση μεταξύ στάσεων και πεποιθήσεων για τα μαθηματικά με την επίδοση των μαθητών (Φιλίππου και Χρίστου, 2001; Hannula, Malmivuori & Pehkonen, 1996). Τα πιο συνηθισμένα ευρήματα σχετικά με τις στάσεις των μαθητών για τα μαθηματικά είναι ότι τα θεωρούν χρήσιμα και σημαντικά, ωστόσο τα βρίσκουν ανιαρά και δύσκολα (Hannula et. al., 1996). Οι στάσεις και οι πεποιθήσεις των μαθητών σε σχέση με τα μαθηματικά φαίνεται ότι επηρεάζουν την επίδοσή τους (Gomez – Chacon, 2000).

Από έρευνες σε μελλοντικούς δασκάλους σχετικά με τις στάσεις τους για το μάθημα των μαθηματικών υπάρχουν ενδείξεις ότι σημαντικό ποσοστό φοιτητών παιδαγωγικών τμημάτων έχει αρνητικές εμπειρίες και στάσεις για τα μαθηματικά, ενώ έχει παρατηρηθεί και έντονο μαθηματικό άγχος (Harper & Daane, 1998; Gresham, 2007). Κάποιοι από τους παράγοντες που προκαλούν άγχος στους δασκάλους είναι οι σωστές απαντήσεις, τα λεκτικά προβλήματα, ο φόβος ότι θα κάνουν λάθη, ο χρονικός περιορισμός στις εξετάσεις και η έλλειψη αυτοπεποίθησης (Gresham, 2007).

Οι στάσεις των εκπαιδευτικών για τα μαθηματικά και το επίπεδο μαθηματικού άγχους που βιώνουν συνδέονται με την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας τους. Υπάρχουν ενδείξεις ότι επηρεάζουν την αυτοπεποίθησή τους ως προς την ικανότητά τους να τα διδάξουν (Gresham, 2008; Cil, 2017) και την ποικιλία και ποιότητα του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν (Hart, 2002). Οι μέθοδοι, το πλαίσιο και τα υλικά που χρησιμοποιούν όσοι έχουν μαθηματικό άγχος είναι πιο περιορισμένα, ενώ η

μείωση του μπορεί να οδηγήσει στη χρήση πιο περίπλοκων μεθόδων κατά τη διδασκαλία. Το μαθηματικό άγχος που βιώνουν οι δάσκαλοι μεταφέρεται στους μαθητές τους προκαλώντας τους εξίσου αρνητική στάση για το μάθημα.

## **ΕΡΕΥΝΑ**

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση των στάσεων των φοιτητών παιδαγωγικού τμήματος για το μάθημα των μαθηματικών και των πεποιθήσεών τους για τις ικανότητές τους σε αυτό. Διερευνάται ακόμα κατά πόσο βιώνουν συναισθήματα άγχους κατά την ενασχόλησή τους με τα μαθηματικά και πώς έχει προκύψει αυτό.

### **Μεθοδολογία**

Για τη μελέτη των στάσεων και πεποιθήσεων των μελλοντικών δασκάλων κλήθηκαν πρωτοετείς φοιτητές, αλλά και φοιτητές μεγαλύτερων ετών παιδαγωγικού τμήματος, οι οποίοι είχαν δηλώσει το υποχρεωτικό μάθημα μαθηματικών το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2017-18, να συμπληρώσουν ένα ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε σε φόρμα Google έτσι ώστε να είναι προσβάσιμο από όλους στον χρόνο που έχουν διαθέσιμο. Σε αυτό συμπεριλήφθηκαν ερωτήσεις σχετικά τις στάσεις των φοιτητών για τα μαθηματικά και το επίπεδο στο οποίο οι ίδιοι θεωρούν ότι κατέχουν βασικές μαθηματικές έννοιες. Τέθηκαν ερωτήσεις κλειστού τύπου με πενταβάθμια κλίμακα Likert, αλλά και κάποιες ερωτήσεις ανοιχτού τύπου.

Συμμετείχαν 282 φοιτητές, εκ των οποίων η πλειοψηφία ήταν γυναίκες (229). Οι περισσότεροι φοιτητές ήταν στο πρώτο έτος των σπουδών τους. Για την εισαγωγή σε παιδαγωγικά τμήματα το συγκεκριμένο έτος δεν ήταν απαραίτητο οι υποψήφιοι να εξεταστούν στα μαθηματικά, έτσι οι περισσότεροι είχαν ακολουθήσει θεωρητική κατεύθυνση σπουδών στο λύκειο. Οι 120 από τους φοιτητές είχαν βαθμό μεγαλύτερο του 18 στα μαθηματικά του σχολείου, 81 είχαν από 15 ως 18, 34 από 11 ως 15 και οι υπόλοιποι λιγότερο από 11 ή δεν απάντησαν. Στο ένα τρίτο των φοιτητών οι γραμματικές γνώσεις του πατέρα ήταν επιπέδου τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, και το αντίστοιχα στο 26,2% για τη μητέρα.

Τα δεδομένα που προέκυψαν αναλύθηκαν ποσοτικά με το πακέτο στατιστικής SPSS. Οι ερωτήσεις ανοιχτού τύπου μελετήθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Ακόμα πραγματοποιήθηκε συνεπαγωγική στατιστική ανάλυση με το λογισμικό CHIC (Classification Hiérarchique, Implicative et Cohésitive), για την εύρεση συσχετίσεων μεταξύ των διαφορετικών μεταβλητών (Gras & Kuntz, 2008). Για την εισαγωγή των αποτελεσμάτων στο CHIC, οι ερωτήσεις πεποιθήσεων αντιστοιχίστηκαν όπως φαίνεται στον πίνακα 1 στην κλίμακα 0 έως 1.

**Πίνακας 1:** Αντιστοίχιση απαντήσεων σε τιμές

| Στάσεις                   |      | Πεποιθήσεις   |      |
|---------------------------|------|---------------|------|
| Απάντηση                  | Τιμή | Απάντηση      | Τιμή |
| Διαφωνώ πολύ              | 0    | Καθόλου       | 0    |
| Διαφωνώ                   | 0,25 | Ικανοποιητικό | 0,25 |
| Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ | 0,5  | Αρκετά καλό   | 0,5  |
| Συμφωνώ πολύ              | 0,75 | Πολύ καλό     | 0,75 |
| Συμφωνώ                   | 1    | Άριστο        | 1    |

**Ανάλυση αποτελεσμάτων**

Οι περισσότεροι φοιτητές δηλώσαν ότι θέλουν να γίνουν δάσκαλοι και ο κύριος λόγος που πρόβλααν ήταν ότι αγαπάνε τα παιδιά. Το 79% είπαν ότι τους αρέσει να διδάσκουν μαθηματικά, κυρίως γιατί θεωρούν ότι τα μαθηματικά είναι σημαντικά και χρήσιμα. Όσοι είπαν ότι δεν τους αρέσει να διδάσκουν μαθηματικά, έγραψαν ως πιο σημαντικό λόγο ότι οι ίδιοι αντιμετωπίζουν δυσκολίες ή φοβούνται ότι δεν θα τα εξηγήσουν σωστά.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται οι απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις για τις απόψεις τους προς τα μαθηματικά. Περισσότεροι από τους μισούς φοιτητές (62,4%) είπαν ότι τους αρέσουν τα μαθηματικά και ακόμα περισσότεροι (75,8%) συμφώνησαν με την πρόταση «Μου αρέσει να μαθαίνω μαθηματικά». Σχεδόν όλοι οι φοιτητές (96,9%) πιστεύουν ότι τα μαθηματικά είναι σημαντικά στη ζωή των ανθρώπων, ενώ λίγοι είναι αυτοί που τα θεωρούν ανιαρά (2,7%).

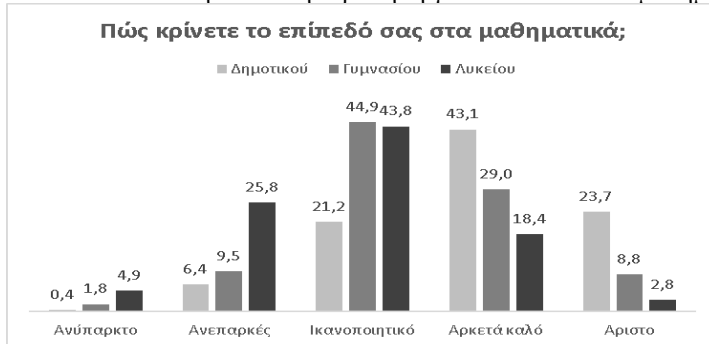
**Πίνακας 1:** Ποσοστά απαντήσεων σε σχέση με τις στάσεις για τα μαθηματικά

|  | Διαφωνώ πολύ | Διαφωνώ | Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ | Συμφωνώ | Συμφωνώ πολύ |
|--|--------------|---------|---------------------------|---------|--------------|
| Μου αρέσει να μαθαίνω μαθηματικά   | 1,5%         | 1,2%    | 21,5%                     | 53,5%   | 22,3%        |
| Τα μαθηματικά είναι ανιαρά   | 19,5%        | 58,4%   | 19,5%                     | 2,3%    | ,4%          |
| Τα μαθηματικά είναι σημαντικά στη ζωή των ανθρώπων                                       | 1,6%         | ,4%     | 1,2%                      | 38,8%   | 58,1%        |
| Μου αρέσουν τα μαθηματικά  | 2,7%         | 6,2%    | 28,7%                     | 47,3%   | 15,1%        |
| Θα μου άρεσαν τα μαθηματικά περισσότερο αν δεν ήταν τόσο δύσκολα                         | 5,0%         | 14,3%   | 23,9%                     | 33,2%   | 23,6%        |
| Κανένας δεν μπορεί να είναι καλός σε όλα τα μαθήματα κι εγώ δεν έχω κλίση στα μαθηματικά | 10,5%        | 22,1%   | 36,0%                     | 21,3%   | 10,1%        |
| Τα μαθηματικά δεν ανήκουν στα μαθήματα που είμαι δυνατός                                 | 7,4%         | 21,0%   | 24,9%                     | 32,7%   | 14,0%        |
| Θα βελτιωθώ στα μαθηματικά αν προσπαθήσω   | 0,0%         | ,4%     | 5,0%                      | 44,0%   | 50,6%        |

Παρόλα αυτά, είναι αρκετά υψηλό το ποσοστό όσων δήλωσαν ότι δεν έχουν κλίση στα μαθηματικά (31,4%), και σχεδόν οι μισοί πιστεύουν ότι τα μαθηματικά δεν ανήκουν στα μαθήματα που είναι δυνατοί (46,6%), ενώ θα τους άρεσαν αν δεν ήταν τόσο δύσκολα (56,8%). Είναι θετικό ότι περίπου το 95% των φοιτητών πιστεύουν ότι θα βελτιωθούν στα μαθηματικά αν προσπαθήσουν.

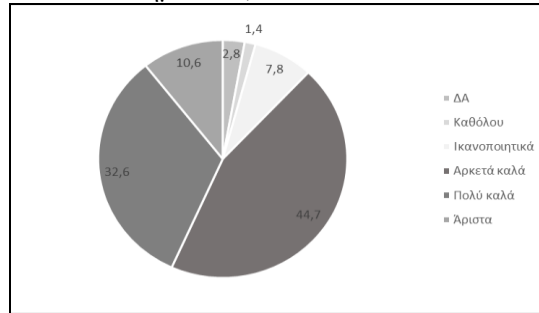
Στην ερώτηση πώς κρίνουν το επίπεδό τους στα μαθηματικά, οι περισσότεροι (43,1%) απάντησαν ότι το θεωρούν αρκετά καλό στα μαθηματικά δημοτικού και ικανοποιητικό στα μαθηματικά γυμνασίου και λυκείου (γράφημα 1).

**Γράφημα 1:** Ποσοστά απαντήσεων στην ερώτηση για το επίπεδο στα μαθηματικά



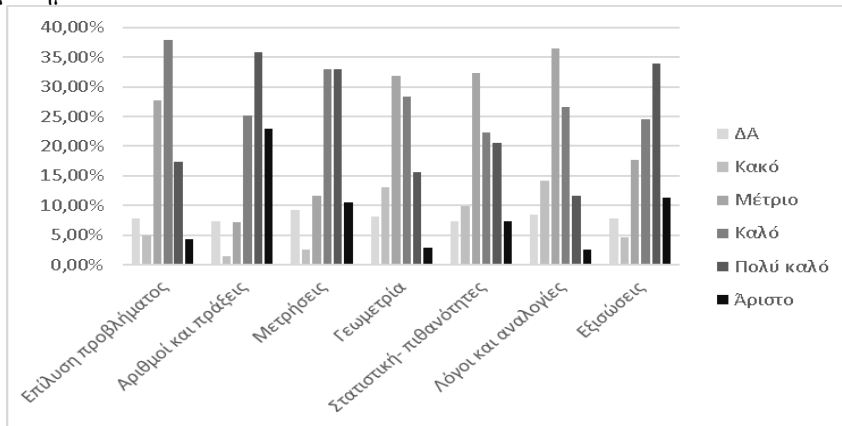
Σε ερώτηση ανοικτού τύπου σχετικά με τις ως τώρα εμπειρίες τους στα μαθηματικά, οι περισσότεροι φοιτητές δήλωσαν θετικές εμπειρίες, τόνισαν την σημαντικότητα και τη χρησιμότητα των μαθηματικών ακόμα και στην καθημερινή ζωή και κάποιοι αναφέρθηκαν στο ενδιαφέρον και στην ικανοποίηση που προκαλεί η ενασχόληση με τα μαθηματικά. Αρκετές ήταν όμως και οι αρνητικές εμπειρίες που περιέγραψαν οι φοιτητές, οι περισσότερες εκ των οποίων σχετίζονται με κάποιον εκπαιδευτικό ή με τη δυσκολία του μαθήματος και με την αίσθηση που έχουν ότι δεν τα καταφέρνουν.

**Γράφημα 2:** Με δεδομένο ότι όλοι αποφοιτήσατε από το δημοτικό πιστεύετε ότι γνωρίζετε την ύλη και το αντικείμενο των Μαθηματικών που υπάρχουν στα σχολικά βιβλία των Μαθηματικών του Δημοτικού;



Οι περισσότεροι φοιτητές (44,7%) πιστεύουν ότι γνωρίζουν αρκετά καλά την ύλη και το αντικείμενο των μαθηματικών που υπάρχουν στα σχολικά βιβλία των μαθηματικών του δημοτικού, και το 32,6% ότι τη γνωρίζουν πολύ καλά (γράφημα 2). Από τις απαντήσεις τους φαίνεται ότι απέφυγαν να απαντήσουν ότι γνωρίζουν την ύλη καλύτερα, γιατί έχουν περάσει αρκετά χρόνια από το δημοτικό και έχουν αλλάξει τα βιβλία.

Σχετικά με τις πεποιθήσεις τους για τις γνώσεις τους σε συγκεκριμένες περιοχές των μαθηματικών (γράφημα 2), οι περισσότεροι μελλοντικοί δάσκαλοι έχουν αυτοπεποίθηση ως προς τις ικανότητές τους στους αριθμούς και πράξεις (58,8%), και λίγο λιγότεροι από τους μισούς στις εξισώσεις (45,3%) και στις μετρήσεις (43,6%). Η επίλυση προβλήματος φαίνεται ότι προκαλεί περισσότερες δυσκολίες καθώς το 21,7% δήλωσαν ότι είναι σε πολύ καλό ή άριστο επίπεδο. Ακόμα οι φοιτητές αναγνωρίζουν ότι έχουν ελλείψεις στη γεωμετρία, στη στατιστική – πιθανότητες και κυρίως στους λόγους και αναλογίες.

**Γράφημα 2:** Ποσοστά απαντήσεων σε σχέση με τις πεποιθήσεις για το γνωστικό επίπεδο στα μαθηματικά

Στην ερώτηση ποιος έχει συμβάλει θετικά στο επίπεδο των γνώσεων στα μαθηματικά, ο βασικός παράγοντας φαίνεται ότι είναι ο δάσκαλος / εκπαιδευτικός (πίνακας 3). Συγκεκριμένα 222 από τους φοιτητές δήλωσαν τη θετική επίδραση του εκπαιδευτικού σε τουλάχιστον μία από τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Ιδιαίτερο ρόλο πιστεύεται ότι διαδραματίζουν οι γονείς και το οικογενειακό περιβάλλον, κυρίως στο δημοτικό, καθώς συνολικά 180 από τους φοιτητές το επέλεξαν σε αυτή τη βαθμίδα εκπαίδευσης. Στο λύκειο όπως ήταν αναμενόμενο οι περισσότεροι δήλωσαν ότι τους βοήθησε η ύπαρξη εξωσχολικής βοήθειας.

**Πίνακας 3.** Ποιος έχει συμβάλει θετικά στο επίπεδο των γνώσεών σας στα μαθηματικά; Εγώ Ο δάσκαλος/ Το οικογενειακό περιβάλλον Συνθήκες στο εκπαιδευτικό ίδρυμα Διδακτέα ύλη /εκπαιδευτικά εγχειρίδια Υπαρξη εξωσχολικής βοήθειας

|                       | Εγώ       | Ο δάσκαλος/<br>καθηγητής | Το<br>οικογενειακό<br>περιβάλλον | Συνθήκες στο<br>εκπαιδευτικό<br>ίδρυμα | Διδακτέα ύλη<br>/εκπαιδευτικά<br>εγχειρίδια | Υπαρξη<br>εξωσχολικής<br>βοήθειας |
|-----------------------|-----------|--------------------------|----------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| Δημοτικό              | 35        | 43                       | <b>103</b>                       | <b>27</b>                              | 20  | 3                                 |
| Γυμνάσιο              | 18        | 25                       | 7                                | 20                                     | <b>30</b>                                   | 19                                |
| Λύκειο                | 22        | 28                       | 6                                | 14                                     | 15  | <b>113</b>                        |
| Δημοτικό,<br>Γυμνάσιο | 26        | 30                       | <b>30</b>                        | 13                                     | 12  | 3                                 |
| Δημοτικό,<br>Λύκειο   | 6         | 19                       | 2                                | 2                                      | 2   | 1                                 |
| Γυμνάσιο,<br>Λύκειο   | 15        | 12                       | 1                                | 0                                      | 10  | <b>63</b>                         |
| Δημ.,Γυμν.,<br>Λύκ.   | <b>69</b> | <b>65</b>                | 37                               | 12                                     | 18  | 9                                 |
| ΔΑ                    | 91        | 59                       | 95                               | 192                                    | 173   | 70                                |



Αντίστοιχα για το ποιος έχει συμβάλει αρνητικά στο επίπεδο των γνώσεων στα μαθηματικά (πίνακας 4), οι περισσότεροι δήλωσαν τις συνθήκες στο εκπαιδευτικό ίδρυμα, ιδιαίτερα στο λύκειο, τη διδακτέα ύλη και τα εκπαιδευτικά εγχειρίδια. Ο ρόλος του δασκάλου ή του καθηγητή φαίνεται όμως ότι έχει επηρεάσει και αρνητικά τους φοιτητές καθώς 154 από τους 282 τον έχουν δηλώσει σε κάποια από τις βαθμίδες εκπαίδευσης.

**Πίνακας 4.** Ποιος έχει συμβάλει αρνητικά στο επίπεδο των γνώσεών σας στα μαθηματικά;

|                       | Εγώ | Ο δάσκαλος/ Το<br>καθηγητής | οικογενειακό<br>περιβάλλον | Συνθήκες στο<br>εκπαιδευτικό<br>ίδρυμα | Διδακτέα ύλη<br>/εκπαιδευτικά<br>εγχειρίδια | Ύπαρξη<br>εξωσχολικής<br>βοήθειας |
|-----------------------|-----|-----------------------------|----------------------------|--|---|-----------------------------------|
| Δημοτικό              | 14  | <b>22</b>                   | 7                          | 14                                     | 2   | 3                                 |
| Γυμνάσιο              | 16  | <b>37</b>                   | 7                          | 18                                     | 14  | 9                                 |
| Λύκειο                | 33  | <b>38</b>                   | 10                         | <b>47</b>                              | 32  | 11                                |
| Δημοτικό,<br>Γυμνάσιο | 2   | <b>13</b>                   | 2                          | 3                                      | 4   | 1                                 |
| Δημοτικό,<br>Λύκειο   | 3   | 2                           | 0                          | 4                                      | 4   | 0                                 |
| Γυμνάσιο,<br>Λύκειο   | 14  | 28                          | 5                          | <b>37</b>                              | <b>38</b>                                   | 2                                 |
| Δημ., Γυμν.,<br>Λύκ.  | 22  | 12                          | 0                          | <b>42</b>                              | <b>39</b>                                   | 1                                 |
| ΔΑ                    | 177 | 128                         | 249                        | 116                                    | 148   | 253                               |

Σε μία από τις ανοιχτού τύπου ερωτήσεις ζητήθηκε από τους φοιτητές να περιγράψουν τις εμπειρίες τους όταν «κολλάνε» στη λύση προβλημάτων στα μαθηματικά. Το 38,65% των ερωτώμενων εστίασε στην προσπάθεια που κάνουν για να λύσουν το πρόβλημα. Αναφέρθηκαν στην επανεξέταση του προβλήματος, στο γράψιμο των δεδομένων, στο διάβασμα της θεωρίας ή αντίστοιχων προβλημάτων, στις λύσεις, στην αναζήτηση βοήθειας από τον καθηγητή, τους γονείς ή κάποιον άλλο. Πολλοί δήλωσαν ότι αφήνουν για λίγο το πρόβλημα και προσπαθούν ξανά αργότερα.

Από τις απαντήσεις των φοιτητών στην ερώτηση αυτή όμως είναι εμφανές το μαθηματικό άγχος που βιώνει ένα σημαντικό ποσοστό των φοιτητών. Συγκεκριμένα, το 23,76% περιέγραψε καταστάσεις άγχους και το 5,76% αναφέρθηκε σε άγχος αλλά και προσπάθεια. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε 31 απαντήσεις αναφέρθηκε συγκεκριμένα ο όρος άγχος, ενώ αρκετοί έγραψαν για εκνευρισμό, θυμό ακόμα και φόβο. Σε πολλές από τις απαντήσεις που περιγράφονταν αρνητικά συναισθήματα επακολούθησε και η παραίτηση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η παρακάτω απάντηση (εικόνα 1).

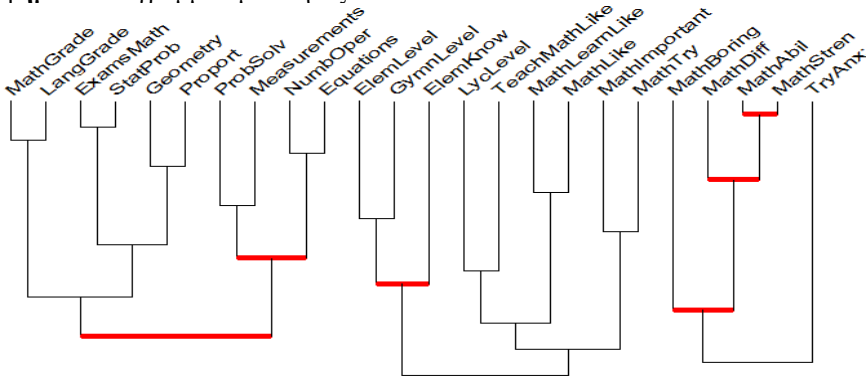
**Εικόνα 1.** Χαρακτηριστικό παράδειγμα απάντησης

Περιγράψτε τις εμπειρίες σας όταν «κολλάτε» στη λύση προβλημάτων στα μαθηματικά.

ΑΓΧΩΝΟΜΑΙ ΚΑΙ ΠΟΛΛΕΣ ΦΟΡΕΣ ΕΝΩ ΞΕΡΩ ΤΗΝ ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΤΑ ΠΑΡΑΤΑΩ

Από το διάγραμμα ομοιότητας που προέκυψε από το CHIC (γράφημα 3) φαίνεται ότι σημαντικό επίπεδο ομοιότητας υπάρχει μεταξύ του βαθμού που είχαν οι φοιτητές στα μαθηματικά, στη γλώσσα και του βαθμού που έγραψαν στις πανελλαδικές εξετάσεις στα μαθηματικά με το επίπεδο στο οποίο θεωρούν ότι γνωρίζουν κάποιους τομείς των μαθηματικών και ιδιαίτερα της στατιστικής, της γεωμετρίας και των αναλογιών. Μια άλλη σημαντική σχέση ομοιότητας αφορά στις αρνητικές στάσεις των φοιτητών για τα μαθηματικά και του άγχους που δηλώνουν ότι βιώνουν.

**Γράφημα 3:** Διάγραμμα ομοιότητας



**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Παρόλο που γενικά οι στάσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών-δασκάλων για τα μαθηματικά δεν είναι ιδιαίτερα αρνητικές, παρατηρείται ένα σημαντικό ποσοστό που πιστεύουν ότι έχουν δυσκολίες και βιώνουν μαθηματικό άγχος. Ενώ θεωρούν ότι τα μαθηματικά είναι χρήσιμα και σημαντικά, αναγνωρίζουν τις ελλείψεις τους. Αυτό τους δημιουργεί αρνητικά συναισθήματα, όπως ότι δεν τα καταφέρνουν, ανασφάλεια και σε πολλές περιπτώσεις άγχος και φόβο. Τόσο όμως η πεποίθησή τους ότι θα τα καταφέρουν αν προσπαθήσουν περισσότερο όσο και οι ώρες που δηλώναν ότι θα πρέπει να διαβάζουν την ημέρα για να καλύψουν τα κενά τους, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 1 και 3, δείχνουν ότι έχουν τη θέληση να μάθουν και να προσπαθήσουν να βελτιωθούν σε αυτόν τον βασικό τομέα της μελλοντικής δουλειάς τους.

Για τη διδασκαλία των μαθηματικών απαιτείται καταρχάς γνώση του αντικειμένου και της διδασκαλίας του, αλλά επηρεάζουν και οι πεποιθήσεις και οι στάσεις των δασκάλων για τα μαθηματικά και τη διδακτική τους (Ernest, 1989). Στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση των μελλοντικών δασκάλων θα μπορούσαν να γίνονται

προσπάθειες ώστε να καλυφθούν τυχόν κενά που έχουν σε βασικές έννοιες των μαθηματικών από την υποχρεωτική εκπαίδευση. Είναι ενδεικτικό ότι μεγάλο ποσοστό των φοιτητών και υποψηφίων δασκάλων δηλώνει ότι έχει δυσκολίες ή και άγνοια σε κεντρικές έννοιες των μαθηματικών του δημοτικού όπως οι λόγοι και οι αναλογίες, τα ποσοστά, η γεωμετρία και η επίλυση προβλήματος. Αυτό θα μπορούσε να γίνει κατ' αρχήν με την ύπαρξη υποχρεωτικού προπαρασκευαστικού μαθήματος, το οποίο θα απευθύνεται σε όσους φοιτητές προέρχονται από τη θεωρητική κατεύθυνση (περίπου 85% κατά μέσον ορό την τελευταία εικοσαετία).

Αν και υπάρχουν προτάσεις να διδάσκονται οι μελλοντικοί δάσκαλοι περισσότερα μαθήματα μαθηματικών έτσι ώστε να γνωρίζουν καλύτερα το αντικείμενο και να ξεπεράσουν το μαθηματικό άγχος, φαίνεται ότι μόνο αυτό το μέτρο δεν είναι αποτελεσματικό (Cil, 2017). Εκτός του αριθμού και του εύρους των μαθημάτων έχει σημασία και το τι διδάσκεται σε αυτά, οι μέθοδοι και το υλικό που χρησιμοποιείται (Stevens & Wenner, 1996).

Παράλληλα με τις γνώσεις του αντικειμένου που πρέπει να έχουν οι μελλοντικοί δάσκαλοι, θα πρέπει να αναπτύσσεται και η δυνατότητά τους να διδάξουν μαθηματικά. Μεταξύ των θεμάτων διδακτικής είναι και η επίλυση προβλήματος, αλλά και το εκπαιδευτικό υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η ενασχόληση με θέματα διδακτικής των μαθηματικών για όλους τους φοιτητές μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση του μαθηματικού άγχους και στην ενδυνάμωση της αυτοπεποίθησης των μελλοντικών δασκάλων. Είναι σημαντικό οι μελλοντικοί δάσκαλοι να αναγνωρίσουν τους παράγοντες που τους προκαλούν μαθηματικό άγχος και να τους αντιμετωπίσουν, ώστε να αποφευχθεί η μετάδοση των δικών τους αρνητικών εμπειριών στους μελλοντικούς τους μαθητές. Εν κατακλείδι, η διαφαινόμενη «μαθηματική ένδεια» των νέων δασκάλων θα πρέπει σύντομα να αντιμετωπισθεί από όλους τους αρμοδίους, την πολιτεία και τα πανεπιστήμια.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Φιλίππου, Γ., & Χρίστου, Κ. (2001). *Κείμενα Παιδείας. Συναισθηματικοί παράγοντες και μάθηση των Μαθηματικών*. Εκδόσεις: Ατραπός.
- Bai, H., Wang, L., Pan, W., & Frey, M. (2009). Measuring mathematics anxiety: Psychometric analysis of a bidimensional affective scale. *Journal of Instructional Psychology*, 36(3), 185-193.
- Cil, O. (2017). Pre-Service Elementary School Teachers' Mathematics Anxiety and Mathematics Self-Efficacy and Their Relationship to Mathematical Teaching Performance, *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 8, 28, pp. (CDXL-CDLIV).
- Ernest, P. (1989). The Knowledge, Beliefs and Attitudes of the Mathematics Teacher: a model, *Journal of Education for Teaching*, 15(1), 13-33, DOI: 10.1080/0260747890150102.
- Gomez – Chacon, I. (2000). Affective influences in the knowledge of mathematics. *Educational studies in Mathematics*, 43, 149 – 168. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Gras, R. & Kuntz, P. (2008). An overview of the Statistical Implicative Analysis (SIA) development. *Studies in Computational Intelligence (SCI)*, 127, 11 – 40. Verlag Berlin Heidelberg: Springer 2008.
- Gresham, G. (2007). A study of mathematics anxiety in pre-service teachers. *Early Childhood Education Journal*, 35(2), 181-188.
- Gresham, G. (2008). Mathematics anxiety and mathematics teacher efficacy in elementary pre-service teachers. *Teaching Education*, 19(3), 171-184.
- Hannula, M., Malmivuori, M. L., & Pehkonen, E. (1996). Development of pupils mathematical beliefs: A description of a research project. In *Current State of Research on Mathematical Beliefs III. Proceedings of the MAVI-3 workshop* (pp. 39-47).
- Harper, N. W., & Daane, C. J. (1998). Causes and reduction of math anxiety in pre-service elementary teachers. *Action in Teacher Education*, 19(4), 29-38.
- Hart, L. (1989). Describing the Affective Domain: Saying What We Mean. In McLeod, Adams (Eds.), *Affect and Mathematical Problem Solving*. New York: Springer Verlag.
- Hart, L. (2002). Pre-service teachers' beliefs and practices after participating in an integrated content/methods course. *School Science and Mathematics*, 102(1), 4–14.
- Pehkonen, E. (2001). A Hidden Regulating Factor in Mathematics Classrooms: Mathematics – Related Beliefs. In M. Ahtee, O. Bjockqvist, E. Pehkonen, & V. Vatanen (Eds.), *Research on Mathematics and Science Education* (pp. 11 – 35). Institute for Educational Research. University of Jyväskylä.
- Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of counseling Psychology*, 19(6), 551.
- Stevens, C., & Wenner, G. (1996). Elementary preservice teachers' knowledge and beliefs regarding science and mathematics. *School Science and Mathematics*, 96(1), 2-9.
- Tapia, M., & Marsh, G. E. (2004). An instrument to measure mathematics attitudes. *Academic Exchange Quarterly*, 8(2), 16-22.

# Η αντίληψη του κύβου σε σχέση με άλλες έννοιες των μαθηματικών από μελλοντικούς δασκάλους

Ευγένιος Αυγερινός<sup>1</sup>, Άρης Μαλκότσης<sup>2</sup> και Δήμητρα Ρεμούνδου(\*)<sup>3</sup>

Εργαστήριο Μαθηματικών, Διδακτικής και Πολυμέσων, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
<sup>1</sup>eavger@aegean.gr, <sup>2</sup>arismalkotsis@gmail.com, <sup>3</sup>remoundou@aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η αντίληψη της έννοιας των στερεών σωμάτων θεωρείται σημαντική στα μαθηματικά, ιδιαίτερα σε μία εποχή που η τεχνολογία έχει εξελιχθεί τόσο όσο η εικονική πραγματικότητα και η προσομοίωση καταστάσεων. Στην παρούσα εργασία, εξετάζονται οι αντιλήψεις μελλοντικών δασκάλων για την έννοια του πλέον σύνηθους στερεού σώματος, του κύβου σε συνδυασμό με άλλες καίριες έννοιες των μαθηματικών. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η συσχέτιση μεταξύ της αντίληψης του κύβου και της δυνατότητας σχεδίασης γραφικών παραστάσεων, επίλυσης προβλημάτων με κλάσματα και βασικά στοιχεία πιθανοτήτων. Οι έννοιες αυτές περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα σπουδών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και θεωρούνται απαραίτητα εφόδια των μελλοντικών δασκάλων. Παρόλα αυτά οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές και μελλοντικοί δάσκαλοι είναι σημαντικές.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** κύβος, γραφικές παραστάσεις, κλάσματα, μελλοντικοί δάσκαλοι.

(\*) Η υλοποίηση της διδακτορικής διατριβής συγχρηματοδοτήθηκε μέσω της Πράξης «ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΥΠΟΤΡΟΦΙΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση», του ΕΣΠΑ 2014 - 2020 με τη συγχρηματοδότηση του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην υποχρεωτική εκπαίδευση στην Ελλάδα ο χρόνος που αφιερώνεται στη μελέτη τρισδιάστατων σχημάτων, τόσο σε επίπεδο πρωτοβάθμιας όσο και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, είναι περιορισμένος (Δ.Ε.Π.Π.Σ., 2003). Ιδιαίτερα όσον αφορά στη μελέτη στερεών σωμάτων, αυτή περιορίζεται στον ορισμό βασικών στερεών όπως κύβου, ορθογωνίου και κυλίνδρου στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Αντίστοιχα για τις γραφικές παραστάσεις, που θεωρούνται σημαντικό εργαλείο οπτικοποίησης εννοιών των μαθηματικών, δεν αφιερώνεται πολύς διδακτικός χρόνος.

Στην παρούσα εργασία αναλύονται οι αντιλήψεις φοιτητών παιδαγωγικού τμήματος για τον κύβο και επιχειρείται να συσχετιστούν με την ικανότητά τους να σχεδιάζουν

γραφικές παραστάσεις και να επιλύουν προβλήματα κλασμάτων. Παρόλο που η αντίληψη και κατανόηση των εννοιών των στερεών σωμάτων έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό, δεν υπάρχουν πολλές έρευνες στις οποίες να συσχετίζεται με την ικανοποιητική ανταπόκριση σε άλλες μαθηματικές δεξιότητες.

## **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Ένα ερώτημα της έρευνας για τη μαθηματική εκπαίδευση που έχει απασχολήσει τους ερευνητές τα τελευταία χρόνια είναι τι μαθηματικά θα πρέπει να ξέρουν οι μελλοντικοί δάσκαλοι πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Ball, Lubienski & Mewborn, 2001). Η γεωμετρία είναι ένας σημαντικός κλάδος των μαθηματικών, οι βάσεις του οποίου θέτονται στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Σε έρευνα σε μελλοντικούς δασκάλους φαίνεται ότι, παρόλο που φαίνεται να γνωρίζουν ορισμούς γεωμετρικών εννοιών, δυσκολεύονται να τους χρησιμοποιήσουν και να κατανοήσουν τις έννοιες (Cunningham & Roberts, 2010). Έχει παρατηρηθεί δυσκολία στη διατύπωση ορισμών γεωμετρικών στερεών, στη σχεδίασή τους και στη σχεδίαση του αναπτύγματός τους (Marchis, 2012).

Οι γραφικές παραστάσεις αποτελούν ένα εργαλείο οπτικοποίησης στα μαθηματικά. Επιτρέπουν σε κάποιον να εξάγει εύκολα συμπεράσματα από την εικόνα και χρησιμοποιούνται σε φυσικές αλλά και σε κοινωνικές επιστήμες. Η πρώτη επαφή των μαθητών με γραφικές παραστάσεις γίνεται στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η ικανότητα όμως τόσο σχεδιασμού γραφικών παραστάσεων όσο και ανάγνωσης και ερμηνείας τους δεν είναι δεδομένη στους φοιτητές (Kilic, Sezen & Sari, 2012).

Ένας ακόμα τομέας των μαθηματικών που θεωρείται βασικός είναι η επίλυση προβλημάτων με κλάσματα και πιθανοτήτων. Τα κλάσματα αρχίζουν να διδάσκονται στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση από την Γ΄ δημοτικού και αρχικές έννοιες πιθανοτήτων έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα σπουδών της Στ΄ δημοτικού.

### **Γεωμετρική αντίληψη**

Σύμφωνα με τους van Hiele (1986) η γεωμετρική αντίληψη αναπτύσσεται σε πέντε διαφορετικά επίπεδα: αναγνώρισης (recognition), ανάλυσης (analysis), ταξινόμησης (order), επαγωγής (deduction) και αυστηρότητας ή ακρίβειας (rigor). Οι μαθητές αντιλαμβάνονται στην αρχή το αντικείμενο οπτικά ως ολότητα, στη συνέχεια μπορούν να το αναλύσουν στα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητές του, μετά να διακρίνουν τις σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων του και να αντιλαμβάνονται την έννοια του ορισμού. Από το τέταρτο επίπεδο μπορούν να αντιληφθούν τους ορισμούς, τα αξιώματα και τις αποδείξεις και στο τελευταίο κατανοούν τις σχέσεις μεταξύ των αξιωμάτων. Παράλληλα, τα επίπεδα van Hiele μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πλαίσιο για την αντίληψη και τη διαδικασία μάθησης των στερεών σχημάτων (Gutiérrez, 1992; Gutiérrez, Jaime & Fortuny, 1991).

### **Ψευδαίσθηση της γραμμικότητας**

Η μελέτη γραμμικών και αναλογικών σχέσεων αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της μαθηματικής εκπαίδευσης, ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια και στα πρώτα χρόνια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι μαθητές φαίνεται ότι έχουν μια έντονη διαισθητική εικόνα της γραμμικότητας την οποία γενικεύουν και εφαρμόζουν και σε μη γραμμικά πλαίσια (Van Dooren et al., 2004). Η γενίκευση της αναλογικότητας ονομάζεται ψευδαίσθηση της γραμμικότητας «illusion of linearity» (De Bock, Verschaffel & Janssens, 1998).

Ιδιαίτερα έντονο και εμφανές είναι το φαινόμενο σε γεωμετρικά προβλήματα που σχετίζονται με το μήκος, το εμβαδόν και τον όγκο (De Bock et al., 1998). Οι μαθητές συνηθίζουν να χρησιμοποιούν σχέσεις αναλογίας σε μη αναλογικές καταστάσεις για την εύρεση εμβαδού ή όγκου όταν μεγεθύνεται ή σμικρύνεται το σχήμα σε σχέση με την ακμή του (De Bock et al., 1998; Modestou & Gagatsis, 2007; Van Dooren et al., 2004). Για παράδειγμα, θεωρείται ότι αν διπλασιαστεί η ακμή ενός κύβου θα προκύψει κύβος με διπλάσιο εμβαδόν ή όγκο. Η ψευδαίσθηση της γραμμικότητας αποτελεί ένα επιστημολογικό εμπόδιο το οποίο παρατηρείται σε διαφορετικές βαθμίδες εκπαίδευσης από την πρωτοβάθμια ως την τριτοβάθμια (Modestou & Gagatsis, 2007).

Το συγκεκριμένο φαινόμενο έχει παρατηρηθεί και σε άλλους τομείς των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών, όπως στην αριθμητική, στην άλγεβρα, στη μαθηματική ανάλυση, στις πιθανότητες και στη φυσική (De Bock et al., 1999). Οι Leinhardt et al. (1990) κατηγοριοποιώντας τις παρανοήσεις των φοιτητών που έχουν παρατηρηθεί σε έρευνες κατά την σχεδίαση γραφικών παραστάσεων αναφέρονται στην τάση των φοιτητών να χρησιμοποιούν ή να σχεδιάζουν ευθείες ή ευθύγραμμα τμήματα για να συνδέσουν δύο σημεία. Πολλοί φοιτητές τείνουν να σχεδιάζουν ευθείες και ιδιαίτερα ευθείες που διέρχονται από την αρχή των αξόνων ακόμα και για μη γραμμικές σχέσεις.

## **ΕΡΕΥΝΑ**

Στην παρούσα έρευνα αναλύονται οι αντιλήψεις των φοιτητών παιδαγωγικού τμήματος σε σχέση με τον κύβο και κάποιες συνηθισμένες παρανοήσεις. Γίνεται ακόμα μια προσπάθεια να συνδυαστούν οι απαντήσεις για τον κύβο με άλλες έννοιες των μαθηματικών όπως οι γραφικές παραστάσεις και η επίλυση προβλήματος με κλάσματα.

### **Μεθοδολογία**

Η έρευνα που παρουσιάζεται διενεργήθηκε την περασμένη ακαδημαϊκή περίοδο σε Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Συμμετείχαν 104 φοιτητές, εκ των οποίων οι 71 ήταν γυναίκες και οι 33 άντρες. Οι 51 ήταν στο πρώτο έτος των σπουδών τους, 35 στο δεύτερο ή στο τρίτο έτος και οχτώ σε μεγαλύτερα έτη.

Χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο, στο οποίο δόθηκαν ερωτήσεις που σχετίζονται με τον κύβο, ζητήθηκε να σχεδιαστούν κάποιες γραφικές παραστάσεις, να λυθεί ένα πρόβλημα με κλάσματα και ένα πιθανοτήτων. Το ερωτηματολόγιο δόθηκε μετά το τέλος του πρώτου εξαμήνου σπουδών, στο οποίο οι φοιτητές είχαν μεταξύ άλλων παρακολουθήσει διαλέξεις στις οποίες γινόταν αναφορά στις παραπάνω έννοιες.

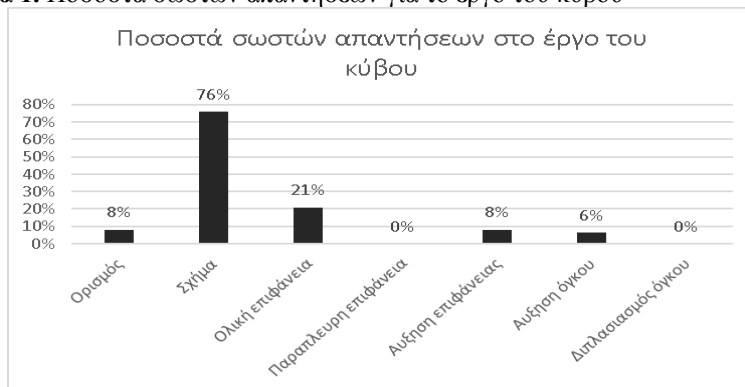
Για την ανάλυση των δεδομένων των ερωτηματολογίων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό υπολογιστικών φύλλων Microsoft Excel και το λογισμικό συναγωγικής στατιστικής ανάλυσης CHIC (Classification Hiérarchique, Implicative et Cohésitive), το οποίο στοχεύει στην εξαγωγή των συσχετίσεων μεταξύ των διαφορετικών μεταβλητών (Gras & Kuntz, 2008).

### Αποτελέσματα

#### Ποσοτική ανάλυση

Το πρώτο έργο του ερωτηματολογίου αφορούσε στην αντίληψη του κύβου. Συγκεκριμένα ζητήθηκε να διατυπωθεί ο ορισμός του, να σχεδιαστεί η ολική και η παράπλευρη επιφάνειά του, να υπολογιστεί πόσο αυξάνεται το εμβαδόν και ο όγκος του αν αυξηθεί η ακμή του κατά 10% και πόσο θα πρέπει να αυξηθεί η ακμή του για να διπλασιαστεί ο όγκος του. Από τους 104 φοιτητές που ρωτήθηκαν, οι 42 δεν ασχολήθηκαν καθόλου με το συγκεκριμένο έργο. Τα ποσοστά επιτυχίας στα ερωτήματα του έργου για τους 62 φοιτητές που ασχολήθηκαν παρουσιάζονται στο γράφημα 1.

**Γράφημα 1.** Ποσοστά σωστών απαντήσεων για το έργο του κύβου



Οι περισσότεροι φοιτητές σχεδίασαν έναν κύβο (76%), αλλά λίγοι κατάφεραν να διατυπώσουν σωστά τον ορισμό του (8%). Αρκετοί αναφέρθηκαν στον κύβο ως ένα τετράγωνο στον χώρο (εικόνα 1).

**Εικόνα 1.** Παράδειγμα ορισμού κύβου

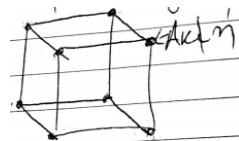
*β. Ένα τριεδιαστατο τετράγωνο το οποίο έχει μαθη ορθογώνια, γωνία, γωνία, ύψος ίσο*

Οι αναφορές στους όρους πλευρά, έδρα, ακμή, κορυφή και γωνία δείχνουν ότι δεν είναι ξεκάθαροι για τους φοιτητές. Πολλές φορές ο όρος πλευρά χρησιμοποιείται αντί για του όρου

**Εικόνα 2.** Παράδειγμα



ακμή, αλλά ακόμα και αντί για του όρου έδρα. Στην εικόνα 2 φαίνεται μία απάντηση στην οποία η κορυφή θεωρείται ως ακμή. Ακόμα, από τις απαντήσεις φαίνεται ότι υπάρχει σύγχυση μεταξύ στερεών και επίπεδων σχημάτων.



Στο παράρτημα παραθέτουμε χωρίς σχόλια άλλες ενδεικτικές απαντήσεις φοιτητών, μελλοντικών δασκάλων, στην ερώτηση (Τι καλείται «κύβος»).

Το 21% των φοιτητών σχεδίασαν την ολική επιφάνεια του κύβου. Ένα συνηθισμένο λάθος ήταν να θεωρείται ότι το ανάπτυγμα της ολικής επιφάνειας του κύβου είναι η τρισδιάστατη αναπαράστασή του. Η έννοια παράπλευρη επιφάνεια δεν ήταν γνωστή στους φοιτητές. Κανένας δεν σχεδίασε την παράπλευρη επιφάνεια σωστά. Η πιο συνηθισμένη παρανόηση ήταν να θεωρείται ότι η παράπλευρη επιφάνεια είναι μία έδρα του κύβου.

Στο ερώτημα κατά πόσο τοις εκατό αυξάνεται η επιφάνεια του κύβου και ο όγκος του αντίστοιχα, αν οι ακμές του αυξηθούν κατά 10%, αρκετοί απάντησαν θεωρώντας ότι η επιφάνεια και ο όγκος αυξάνονται αναλογικά με την ακμή του κύβου. Συγκεκριμένα από τους 28 φοιτητές που απάντησαν λάθος σχετικά με την αύξηση της επιφάνειας και του όγκου, οι 23 χρησιμοποίησαν μια αναλογία που δεν ισχύει (εικόνα 3). Επιπλέον, οι πράξεις και η διαχείριση των ποσοστών δυσκόλεψαν τους φοιτητές και τα ποσοστά σωστών απαντήσεων στα δύο αυτά ερωτήματα ήταν ιδιαίτερα χαμηλά (8% και 6%).

### Εικόνα 3. Ψευδαίσθηση της γραμμικότητας

Αν όλες οι ακμές αυξηθούν κατά 10% τότε η επιφάνεια του κύβου θα αυξηθεί κατά 10%, το ίδιο και ο όγκος θα αυξηθεί 10%. Για να διπλασιαστεί ο όγκος, θα πρέπει να διπλασιαστεί και η ακμή του κύβου.

Το τελευταίο ερώτημα στο οποίο οι φοιτητές ρωτήθηκαν κατά πόσο πρέπει να αυξηθεί η ακμή ενός κύβου ώστε να διπλασιαστεί ο όγκος του δεν απαντήθηκε σωστά από κανέναν, εκτός από τρεις φοιτητές που απάντησαν μερικώς. Και σε αυτό το ερώτημα είναι εμφανή τα σημάδια της ψευδαίσθησης της γραμμικότητας. Από τους 24 φοιτητές που απάντησαν λάθος στο συγκεκριμένο ερώτημα, οι 19 έγραψαν ότι ο όγκος είναι διπλάσιος όταν η ακμή διπλασιάζεται, επιβεβαιώνοντας τα ευρήματα σε σχέση με την ψευδοαναλογία του διπλασιασμού της ακμής κύβου (Van Dooren et al., 2004).

Το δεύτερο και το τρίτο έργο του ερωτηματολογίου σχετίζονταν με τη σχεδίαση γραφικών παραστάσεων. Στο πρώτο έργο γραφικών παραστάσεων ζητήθηκε να σχεδιαστούν δύο γραφικές παραστάσεις συναρτήσεων και τρεις σχέσεων. Από τους 104 φοιτητές οι 84 δεν σχεδίασαν καμία από τις γραφικές παραστάσεις που τους ζητήθηκαν στο πρώτο ερώτημα (πίνακας 1). Από τους υπόλοιπους μόνο πέντε σχεδίασαν σωστά και τις πέντε γραφικές παραστάσεις.

### Πίνακας 1: Απαντήσεις στο πρώτο έργο γραφικών παραστάσεων

| Ερώτημα | Υποερωτήματα που απαντήθηκαν σωστά | Αριθμός φοιτητών | Ποσοστό % |        |
|---------|------------------------------------|------------------|-----------|--------|
| 1       | Σχεδίαση                           | 0                | 84        | 80,77% |
|         | γραφικών                           | 1                | 2         | 1,92%  |
|         | παραστάσεων                        | 2                | 9         | 8,65%  |
|         | σχέσεων                            | 3                | 0         | 0,00%  |
|         |                                    | 4                | 4         | 3,85%  |
|         |                                    | 5                | 5         | 4,81%  |

Στο τρίτο έργο ζητήθηκε να σχεδιαστούν γραφικές παραστάσεις έξι γνωστών συναρτήσεων μεταξύ των οποίων η ευθεία  $f_6(x)=x$ , η παραβολή  $f_1(x)=x^2$  και η  $f_2(x)=x^3$  στο ίδιο σύστημα αξόνων (εικόνα 3). Οι περισσότεροι φοιτητές δεν σχεδίασαν καμία από τις γραφικές παραστάσεις (πίνακας 2), ενώ μόνο το 13,46% σχεδίασε τέσσερις ή περισσότερες.

**Εικόνα 3.** Έργο γραφικών παραστάσεων

α. Να γίνει το γράφημα των παρακάτω σχέσεων-συναρτήσεων στο ίδιο σύστημα αξόνων:

$$f_1(x) = x^2, \quad f_2(x) = x^3, \quad f_3(x) = \left(\frac{2}{5}\right)^x, \quad f_4(x) = 2^x, \quad f_5(x) = 2x^2, \quad f_6(x) = x,$$

**Πίνακας 2:** Απαντήσεις στο δεύτερο έργο γραφικών παραστάσεων

| Ερώτημα | Υποερωτήματα που απαντήθηκαν σωστά | Αριθμός φοιτητών | Ποσοστό % |        |
|---------|------------------------------------|------------------|-----------|--------|
| 2       | Σχεδίαση                           | 0                | 76        | 73,08% |
|         | γραφικών                           | 1                | 3         | 2,88%  |
|         | παραστάσεων                        | 2                | 5         | 4,81%  |
|         | συναρτήσεων στο                    | 3                | 6         | 5,77%  |
|         | ίδιο σύστημα                       | 4                | 4         | 3,85%  |
|         | αξόνων                             | 5                | 3         | 2,88%  |
|         |                                    | 6                | 7         | 6,73%  |

Κάποιοι φοιτητές θεώρησαν ότι έπρεπε να λύσουν ανισώσεις και χρησιμοποιήσαν αλγεβρικό τρόπο επίλυσης. Περισσότεροι από το 50% των φοιτητών δεν χρησιμοποίησαν πίνακα τιμών για να βρουν σημεία και να σχεδιάσουν τις γραφικές παραστάσεις. Προσπάθησαν να σχεδιάσουν την εικόνα που είχαν για τη γραφική παράσταση μιας συνάρτησης ή σχέσης χωρίς να γράψουν κάποια αριθμητική ένδειξη στη γραφική παράσταση, είτε οι άξονες δεν ήταν αριθμημένοι. Ελάχιστοι χρησιμοποίησαν χαρτί μιλιμετρέ και γεωμετρικά όργανα, παρόλο που είχε δοθεί οδηγία ότι μπορούσαν και προτεινόταν να

τα χρησιμοποιήσουν. Γενικά, οι γραφικές παραστάσεις που σχεδιάστηκαν χαρακτηρίζονται από προχειρότητα και ασάφεια.

Στους φοιτητές δόθηκε ακόμα ένα έργο πιθανοτήτων με ρίψη δύο νομισμάτων. Στο πρώτο υποερώτημα ζητήθηκε ο δειγματόχωρος για τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις ρίψης, οι οποίες άλλαζαν σε λεπτομέρειες όπως το χρώμα ή το μέγεθος των νομισμάτων που δεν επηρέαζαν τον δειγματικό χώρο. Από τους 104 φοιτητές οι 42 δεν απάντησαν καθόλου το πρώτο υποερώτημα. Από τους υπόλοιπους, οι 29 απάντησαν μόνο το ένα, οι 12 τα δύο, οι 10 τα 3 και οι 11 και τα 4 υποερωτήματα (πίνακας 3).

Το δεύτερο υποερώτημα ήταν να βρεθούν οι πιθανότητες να έρθει ακριβώς μία και τουλάχιστον μία κορώνα στα αντίστοιχα πειράματα. Σε αυτό οι περισσότεροι φοιτητές δεν απάντησαν ή δεν βρήκαν σωστά καμία από τις δύο πιθανότητες, ενώ το 27% περίπου απάντησε σωστά και για τις δύο περιπτώσεις. Τέλος, το τελευταίο έργο ήταν ένα πρόβλημα με κλάσματα. Περίπου ένας στους τρεις φοιτητές επέλυσε σωστά το συγκεκριμένο πρόβλημα.

**Πίνακας 3:** Απαντήσεις στο έργο των πιθανοτήτων

| Ερώτημα         | Υποερωτήματα που απαντήθηκαν | Αριθμός φοιτητών | Ποσοστό % |
|-----------------|------------------------------|------------------|-----------|
| 1 Δειγματόχωρος | 0                            | 42               | 40,38%    |
|                 | 1                            | 29               | 27,88%    |
|                 | 2                            | 12               | 11,54%    |
|                 | 3                            | 10               | 9,62%     |
|                 | 4                            | 11               | 10,58%    |
| 2 Πιθανότητες   | 0                            | 63               | 60,58%    |
|                 | 1                            | 13               | 12,50%    |
|                 | 2                            | 28               | 26,92%    |

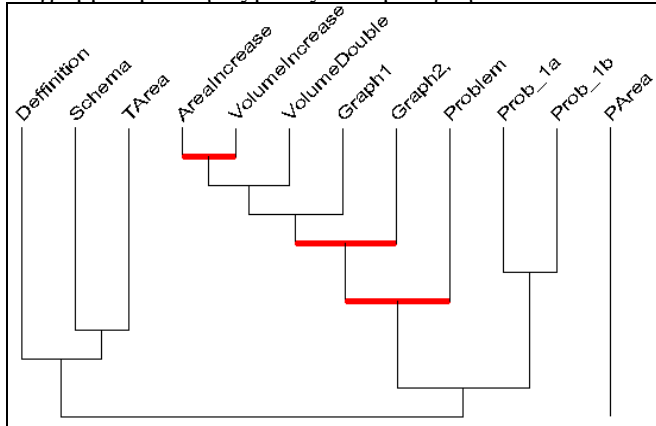
#### Συνεπαγωγική στατιστική ανάλυση

Από την επεξεργασία των δεδομένων με το πρόγραμμα συνεπαγωγικής στατιστικής ανάλυσης CHIC προέκυψε το διάγραμμα ομοιότητας (γράφημα 1), το οποίο παρουσιάζει τις σχέσεις ομοιότητας μεταξύ των μεταβλητών του ερωτηματολογίου. Οι έντονες γραμμές δηλώνουν την ύπαρξη ομοιότητας σε επίπεδο σημαντικότητας 99% (Gras & Kuntz, 2008).

Από το διάγραμμα ομοιότητας ξεχωρίζουν δύο κλάσεις ομοιότητας οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους. Η μία, στην οποία οι σχέσεις ομοιότητας είναι ασθενείς αντιστοιχεί σε σωστές απαντήσεις σε σχέση με τον ορισμό του κύβου, τη σχεδίαση του σχήματος και της ολικής του επιφάνειας. Η άλλη κλάση ομοιότητας αφορά στα έργα υπολογισμών και γραφικών παραστάσεων. Σε αυτή την κλάση διακρίνονται δύο υποκλάσεις από τις οποίες η πρώτη έχει τις πιο σημαντικές σχέσεις ομοιότητας με επίπεδο σημαντικότητας 99% και σχετίζεται με τις απαντήσεις των φοιτητών στα έργα των γραφικών πα-

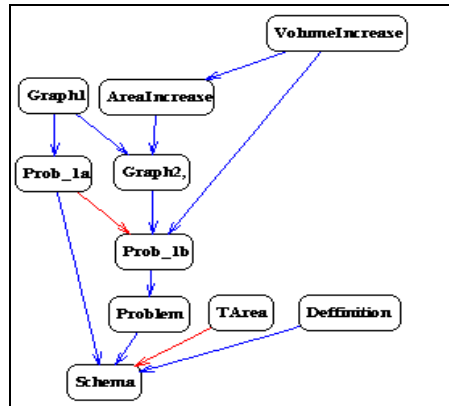
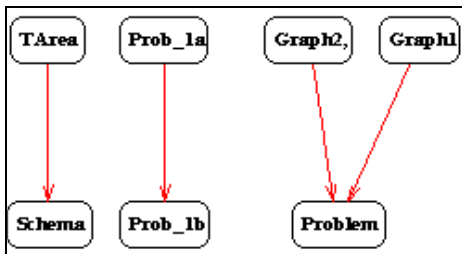
ραστάσεων, στο πρόβλημα και στην αύξηση της ακμής του κύβου. Τα έργα της συγκεκριμένης ομάδας απαιτούσαν αλγεβρικές πράξεις και μαθηματική αντίληψη. Αντίθετα τα έργα της πρώτης κλάσης που αναφέρθηκε ήταν πιο θεωρητικά.

**Γράφημα 1:** Διάγραμμα ομοιότητας μεταξύ των μεταβλητών



Στο συνεπαγωγικό διάγραμμα (γράφημα 2) διακρίνονται οι σχέσεις συνεπαγωγής που υπάρχουν ανάμεσα στις μεταβλητές και ισχύουν σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Φαίνεται ότι οι φοιτητές που σχεδίασαν σωστά την ολική επιφάνεια του κύβου είχαν σχεδιάσει σωστά και το σχήμα.

**Γράφημα 2:** Συνεπαγωγικό γράφημα (95%) **Γράφημα 3:** Συνεπαγωγικό γράφημα (90%)



Όπως ήταν αναμενόμενο, σχέση συνεπαγωγής παρατηρείται και μεταξύ των υποερωτημάτων του έργου των πιθανοτήτων, καθώς για να υπολογίσει κάποιος τις πιθανότητες που ζητήθηκαν στο δεύτερο υποερώτημα θα έπρεπε να έχει βρει τον δειγματόχωρο. Τέλος, φαίνεται μια έντονη συνεπαγωγική σχέση μεταξύ των σωστών απαντήσεων στα ερωτήματα σχεδίασης γραφικών παραστάσεων και της επίλυσης του προβλήματος με τα κλάσματα.

Στο συνεπαγωγικό διάγραμμα του γραφήματος 3 διακρίνονται οι σχέσεις συνεπαγωγής που υπάρχουν ανάμεσα στις μεταβλητές και ισχύουν σε επίπεδο σημαντικότητας 95% και 90%. Από αυτό φαίνεται ότι σημαντικό ρόλο και απαραίτητη γνώση πάνω στην οποία βασίζονται οι επιδόσεις των φοιτητών είναι η δυνατότητα σχεδίασης του σχήματος του κύβου.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην προσπάθεια να αντιστοιχηθούν οι απαντήσεις στα επίπεδα van Hiele, παρατηρήθηκε ότι 51 από τους 62 φοιτητές που ασχολήθηκαν με το έργο του κύβου ανήκουν στο επίπεδο 0, δηλαδή της αναγνώρισης. Έξι φοιτητές αντιστοιχήθηκαν στο επίπεδο ανάλυσης και πέντε στο επίπεδο ταξινόμησης. Η μετάβαση από το ένα επίπεδο van Hiele στο άλλο δεν αποτελεί φυσική διαδικασία, αλλά απαιτεί διδακτική παρέμβαση (Fuys, Geddes, & Tischler, 1988). Όπως έχει παρατηρηθεί και από άλλες έρευνες μεγάλο ποσοστό των φοιτητών δεν γνωρίζει ή δεν χρησιμοποιεί σωστά τη γεωμετρική ορολογία (Usiskin, 1982).

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στη διατύπωση ορισμών συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Marchis, 2012), αλλά αναδεικνύεται και το θέμα της χρήσης της γλώσσας. Παρόλο που μελετήθηκε ο κύβος, ένα στερεό το οποίο όλοι αναγνωρίζουν και οι περισσότεροι μπορούν να σχεδιάσουν, υπάρχουν έντονες παρανοήσεις σε σχέση με την ορολογία για την περιγραφή του και τη διατύπωση ενός ορισμού. Το φαινόμενο της ψευδαίσθησης της γραμμικότητας παρατηρήθηκε έντονα στις απαντήσεις των φοιτητών.

Σημαντικός αριθμός ερευνών έχει εστιάσει στην ενίσχυση της αντίληψης των γεωμετρικών στερεών ακόμα και από την προσχολική ηλικία, με χρήση χειραπτικού εκπαιδευτικού υλικού και τεχνολογιών πληροφορικής. Παρόλα αυτά οι δυσκολίες των φοιτητών στη διατύπωση ορισμού, η μη χρήση χαρτιού μιλιμετρέ και γεωμετρικών οργάνων για τη σχεδίαση γραφικών παραστάσεων και η ασάφεια των σχεδίων τους ενδέχεται να είναι αποτέλεσμα των πρότερων εμπειριών τους. Πιθανόν ως μαθητές, οι μελλοντικοί δάσκαλοι να είχαν λίγες ευκαιρίες στα μαθήματα μαθηματικών να πειραματιστούν με χειραπτικό υλικό ή να εξερευνήσουν τις ιδιότητες σχημάτων μέσω τεχνολογιών πληροφορικής. Αν οι γραφικές παραστάσεις σχεδιάζονται στον πίνακα και δεν χρησιμοποιούνται γεωμετρικά όργανα, αποτυπώνεται στους μαθητές ή φοιτητές η εικόνα τους, αλλά όχι και η ακρίβεια που απαιτείται. Χαρακτηριστική είναι η απάντηση μίας φοιτήτριας στην ερώτηση αν θέλει να χρησιμοποιήσει χαρτί μιλιμετρέ: «Όχι, δεν ξέρω να το χρησιμοποιώ».

Η γεωμετρία και η σχεδίαση γραφικών παραστάσεων είναι δύο περιπτώσεις για τις οποίες διατίθεται πλούσιο εκπαιδευτικό υλικό και η χρήση του μπορεί να επηρεάσει

τις αντιλήψεις των μαθητών. Για να γίνει αυτό όμως, θα πρέπει οι μελλοντικοί δάσκαλοι να αναστρέψουν τις πρότερες εμπειρίες τους και να εξοικειωθούν με τη χρήση, αλλά και τη δημιουργία του. Στην εκπαίδευση τους στο πανεπιστήμιο θα πρέπει να τους δοθεί το έναυσμα χρήσης υλικού με παραγωγικό τρόπο, έτσι ώστε όχι μόνο να δείχνουν το υλικό αλλά να το συνδέουν με τις μαθηματικές έννοιες με χρήση σωστής ορολογίας και ανάδειξη των ιδιοτήτων τους.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Δ.Ε.Π.Π.Σ. (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων. ΦΕΚ 303B/13 – 3 – 2003.
- Ball, D. L., Lubienski, S. T., & Mewborn, D. S. (2001). Research on teaching mathematics: The unsolved problem of teachers' mathematical knowledge. *Handbook of research on teaching*, 4, 433-456.
- Cunningham, R. F., & Roberts, A. (2010). Reducing the Mismatch of Geometry Concept Definitions and Concept Images Held by Pre-Service Teachers. *Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers*, 1.
- De Bock, D., Verschaffel, L., & Janssens, D. (1998). The predominance of the linear model in secondary school students' solutions of word problems involving length and area of similar plane figures. *Educational Studies in Mathematics*, 35(1), 65-83.
- De Bock, D., Verschaffel, L., & Janssens, D. (1999, January). Some reflections on the illusion of linearity. In *History and Epistemology in Mathematical Education. From play school to university. Proceedings of the 3rd European Summer University on History and Epistemology in Mathematical Education* (Vol. 1, pp. 153-167). Université Catholique de Louvain/Katholieke Universiteit Leuven.
- Fuys, D., Geddes, D., & Tischler, R. (1988). The van Hiele model of thinking in geometry among adolescents. *Journal for Research in Mathematics Education. Monograph*, 3, i-196.
- Gras, R., & Kuntz, P. (2008). An overview of the Statistical Implicative Analysis (SIA) development. *Studies in Computational Intelligence (SCI)*, 127, 11 – 40. Verlag Berlin Heidelberg: Springer 2008.
- Gutiérrez, Á. (1992). Exploring the links between Van Hiele Levels and 3-dimensional geometry. *Structural Topology*, 18.
- Gutiérrez, A., Jaime, A., & Fortuny, J. M. (1991). An alternative paradigm to evaluate the acquisition of the van Hiele levels. *Journal for Research in Mathematics education*, 237-251.
- Kilic, D., Sezen, N., & Sari, M. (2012). A study of pre-service science teacher's graphing skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 2937-2941.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O. & Stein, M. K. (1990), Functions, graphs, and graphing: tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1–64.
- Marchis, I. (2012). Preservice Primary School Teachers' Elementary Geometry Knowledge. *Acta Didactica Napocensia*, 5(2), 33-40.

- Modestou, M., & Gagatsis, A. (2007). Students' Improper Proportional Reasoning: A result of the epistemological obstacle of "linearity". *Educational Psychology*, 27(1), 75-92.
- Usiskin, Z. (1982). *Van Hiele Levels and Achievement in Secondary School Geometry*. CDASSG Project.
- Van Dooren, W., De Bock, D., Hessels, A., Janssens, D., & Verschaffel, L. (2004). Remediating secondary school students' illusion of linearity: A teaching experiment aiming at conceptual change. *Learning and instruction*, 14(5), 485-501.
- Van Hiele, P. (1986). *Structure and Insight: A Theory of Mathematics Education*. Orlando, FL: Academic Press.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ενδεικτικές απαντήσεις φοιτητών, μελλοντικών δασκάλων, στην ερώτηση (Τι καλείται «κύβος»).

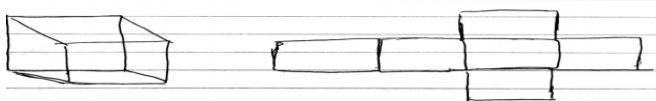
Κύβος καλείται ένα τετράγωνο σχήμα το οποίο έχει ίσες πλευρές μεταξύ τους και για να φράξμε το εμβαδόν του πολλαπλασιάζουμε πλεύρα επί πλεύρα.

β.) κύβος είναι το σχήμα που οι πλεύρα και οι γωνίες είναι ίσες αποτελείται από 6 ίσες πλεύρα κ' 4 γωνίες.

Ο κύβος αποτελείται από 4 εστρώματα  
κάθε πλεύρα του τετράγωνου αποτελεί  
μία εδρά / αψίδα του κύβου.

β. Κύβος καλείται ~~π~~ ένα αναδιπλασιασμένο τετράγωνο με 6 πλευρές ίσες μεταξύ τους.

β) κύβος είναι ένα γεωμετρικό σώμα που έχει 8 κορυφές και διαστάσεις και μπορεί να κτίσεται στο κύβο. Οι αναπαράξεις τις παραπλευρές και της οπίσθιας είναι:



Κύβος ονομάζεται το τριδιάστατο τετράγωνο όπου μήκος, πλάτος και ύψος είναι ίσα.

Κύβος είναι μια επιφάνεια με ~~επιφάνεια~~ τρεις διαστάσεις έναν κύβο.

β. Κύβος αναφέρεται το τριδιάστατο σχήμα, που αποτελείται από 6 επιφάνειες και αναφέρεται από όγκο, μάζα και συνιστώσα.

β. Ένα τριδιάστατο τετράγωνο το οποίο έχει καθέτη γωνία, μήκος ύψος ίσο

β) Κύβος καλείται το <sup>επιπέδο</sup> έξιπλευρο το οποίο αποτελείται από 6 ίσες πλευρές, ~~6~~ 6 ίσες γωνίες και 6 ίσες διαγώνιες.

Κύβος, είναι το γεωμετρικό σχήμα που στα όσφει ενόψει και στα ενόψει του ύψους.

Όμοια 3 α  
β. Κύβος καλείται το στερεό ομοειδές που έχει 8 ίσες πλευρές, 6 ίσες διαγώνιες και 8 ίσες γωνίες.



# Μελέτη για την επιρροή της οπτικοποίησης και της εμπλοκής νέων τεχνολογικών μέσων κατά την διδασκαλία των πιθανοτήτων στο σχολείο

Μιχαήλ Ζώρζος<sup>1</sup> και Ευγένιος Αυγερινός<sup>2</sup>

Εργαστήριο Μαθηματικών, Διδακτικής και Πολυμέσων, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
<sup>1</sup>premnt16015@aegean.gr, <sup>2</sup>eavger@aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η σημαντικότητα των οπτικών αναπαραστάσεων στα μαθηματικά και πιο συγκεκριμένα στις πιθανότητες, είναι αποδεδειγμένη. Τα παιδαγωγικά συστήματα της Ελλάδας και της Κύπρου ενώ εμφανίζουν παρόμοια εξέλιξη κατά την διδακτική των πιθανοτικών εννοιών, φαίνεται να μην συμβαδίζουν στη χρήση και αξιοποίηση των εικόνων. Οι μαθητές κατανοούν καλύτερα μια έννοια, όταν αυτή μπορεί να παρουσιαστεί μέσω μιας εικόνας. Έτσι, ένας εκπαιδευτικός μπορεί μέσα από τις αναπαραστάσεις ενός υπολογιστή να βελτίωση την κατανόηση των νέων εννοιών και να κάνει τη μάθηση πιο ευχάριστη. Αυτό πολλές φορές ίσως να κρίνεται απαραίτητο αφού τα παιδιά εμφανίζουν αρκετές δυσκολίες στις πιθανοτικές έννοιες.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** οπτικοποίηση, μαθηματική οπτικοποίηση, πιθανότητες, διδακτική πιθανοτήτων, διαδικτυακές εφαρμογές, κατανόηση πιθανοτικών εννοιών.

## ΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ, ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΝΕΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΜΕΣΑ

Σύμφωνα με έρευνες του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών της Αμερικής, Visualization in Scientific Computing, το 50% των νευρώνων του εγκεφάλου σχετίζονται με την όραση (McCormick, Thomas and Maxine, 1987). Έτσι η οπτικοποίηση αποσκοπεί στην ενεργοποίηση αυτών των νευρώνων με στόχο την ταχύτερη και αποτελεσματικότερη μάθηση. Η χρήση της στα εκπαιδευτικά συστήματα έχει ιδιαίτερο ρόλο, ακόμα και για τις μεγαλύτερες ηλικίες. Ο συνδυασμός των οπτικών αναπαραστάσεων με τη χρήση της τεχνολογίας, έχει τις προδιαγραφές να καλύψει τα κενά και τις παρανοήσεις που εμφανίζονται κατά την τυπική εκπαίδευση.

Η έννοια «οπτικοποίηση» πραγματοποιείται τη χρήση οπτικών μέσων για την καλύτερη επεξήγηση ενός θέματος ή γεγονότος. Η χρήση αυτή, μπορεί ακόμα να σημαίνει το σχηματισμό μιας πραγματικής είτε νοητής εικόνας για τις ανάγκες του εκάστοτε φαινομένου. Με άλλα λόγια, είναι η διαδικασία με την οποία κάποιος μέσα από τις

αισθήσεις του και την εμπειρία του, κατορθώνει να προσαρμόσει ή να δημιουργήσει μια εικόνα για να κατανοήσει ένα πρόβλημα ή μια έννοια (Zimmermann & Cunningham, 1991).

Στα μαθηματικά βέβαια, η έννοια «οπτικοποίηση» διαφέρει σε σύγκριση με την έννοια που χρησιμοποιείται στη καθημερινότητα (Zimmermann & Cunningham, 1991). Όταν ένας μαθηματικός αποσκοπεί από το μαθητή να οπτικοποιήσει ένα πρόβλημα ή μια άσκηση, επιδιώκει την επιλογή του κατάλληλου διαγράμματος ή εικόνας, ακόμα και της μεθόδου, που θα οδηγήσουν στη λύση της άσκησης (Zimmermann & Cunningham, 1991). Με άλλα λόγια, είναι μία διαδικασία σχηματισμού της εικόνας και η χρήση της στην κατανόηση και στην επίλυση ενός προβλήματος (Zimmermann & Cunningham, 1991). Έτσι, δεν έχει να κάνει μόνο με μία οπτική ή χωρική αντίληψη αλλά και με την διαισθητική κατανόηση ενός προβλήματος (Presmeg, 2006).

### **Χρησιμότητα οπτικοποίησης στα μαθηματικά**

Τα μαθηματικά, όπως τα γνωρίζουμε σήμερα οφείλουν εν μέρη την ύπαρξή τους στον Πυθαγόρα και τους Πυθαγόρειους (Guzman, 2002). Η μελέτη τους για τους αριθμούς και τις σχέσεις μεταξύ τους, οδήγησε στη δημιουργία διάφορων αναπαραστάσεων (Guzman, 2002). Σήμερα είναι γνωστή η αναπαράσταση των τετράγωνων αριθμών με βότσαλα και η γεωμετρική αναπαράσταση του πυθαγόρειου θεωρήματος. Γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η οπτικοποίηση στα μαθηματικά δεν είναι ένα πρόσφατο φαινόμενο (Zimmermann & Cunningham, 1991).

Ο Wilder το 1986 είχε αναφέρει ότι, τα μαθηματικά είναι δημιούργημα του ανθρώπου για να εξηγήσουν κάποια φαινόμενα. Η δομή τους έγινε τόσο αυστηρή, ώστε να μην επιδέχεται αντιρρήσεις ή εμπειρικές παρεμβάσεις. Έτσι σήμερα πρεσβεύεται ότι τα μαθηματικά είναι η επιστήμη των προτύπων (Zimmermann & Cunningham, 1991). Όπως είναι λοιπόν λογικό, αναζητούνται συνεχώς οι βέλτιστοι δυνατοί τρόποι για την απεικόνισή τους. Η μαθηματική απεικόνιση και κατά συνέπεια η οπτικοποίηση είναι το μέσο που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση και κατανόηση των προτύπων αυτών (Zimmermann & Cunningham, 1991).

Η οπτική έχει πολλές σημαντικές χρήσεις σε διάφορες μαθηματικές δραστηριότητες (Guzman, 2002). Η σημαντικότητα και η χρησιμότητα της οπτικής σκέψης στα μαθηματικά αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο και αναζωπυρώνει το ενδιαφέρον για περαιτέρω έρευνα (Zimmermann & Cunningham, 1991). Αυτό γίνεται αφού πλέον η εξέλιξη της, γίνεται με γνώμονα την επιστημονική εξέλιξη (Presmeg, 2006). Σήμερα λόγω των προηγμένων τεχνολογιών έχει επεκταθεί σημαντικά η δύναμη της απεικόνισης και κατά συνέπεια το πεδίο εφαρμογής της.

Εντύπωση βέβαια προκαλείται αφού διάφορες έρευνες του παρελθόντος, έδειξαν ότι υπήρχε μια απροθυμία από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν μια εικόνα για την επίλυση ενός προβλήματος (Presmeg, 2006). Στις πιο πρόσφατες έρευνες όμως, φαίνεται να έχει ξεπεραστεί αυτό το φαινόμενο και να υπάρχει προσπάθεια και θέληση οπτικοποίησης (Presmeg, 2006). Ωστόσο, οι μη ειδικευμένοι στα μαθηματικά, παρόλη την αναγνώριση της σημασίας της οπτικοποίησης, αλλά και τη διάθεση τους να

σχηματίσουν μια νοητή εικόνα, εμφανίζουν αδυναμία λόγο έλλειψης της σχετικής εκπαίδευσης (Presmeg, 2006). Γεγονός που αναγκάζει τους καθηγητές των μαθηματικών να καταστούν πιο αναλυτικοί και σαφείς στη συγκεκριμένη διαδικασία.

### **Η οπτική αντίληψη κατά τη διδασκαλία των Πιθανοτήτων**

Οι Πιθανότητες, λόγω της φύσης τους και των ποικίλων διαγραμμάτων που χρησιμοποιούν, είναι ίσως η κατεξοχήν περιοχή των Μαθηματικών, που μπορεί να προσεγγιστεί με οπτικές αναπαραστάσεις. Οι Σταυροπούλου και Γαγάτσης (2006) αναφέρουν ότι οι αναπαραστάσεις στη περίπτωση των Πιθανοτήτων μπορεί να είναι εικονικές, διακοσμητικές αλλά και οι πίνακες, οι γραφικές παραστάσεις, τα διαγράμματα και άλλα χειριστικά μέσα βοηθούν στη κατανόηση των πειραμάτων τον ευκολότερο εντοπισμό των δειγματοχωρών και αμεση διατυπωση των ενδεχομενων-γεγονωτων συμφωνα με την θεωρια συνολων.

Ο Pratt στο άρθρο του το 2000, βασιζόμενος σε διάφορα ερευνητικά αποτελέσματα, ανέφερε ότι η ύπαρξη πολλαπλών αναπαραστάσεων στη διδακτική των Πιθανοτήτων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Επιπλέον ο Fischbein πρέσβευε ότι τα διαισθητικά μοντέλα αποτελούν την αφετηρία για την οικοδόμηση της γνώσης των πιθανοτήτων (Σταυροπούλου & Γαγάτσης, 2006). Σε αυτά έρχονται να προστεθούν και τα αποτελέσματα της έρευνας των Σταυροπούλου και Γαγάτση (2006), όπου γίνεται λόγος για τις θετικές επιδράσεις των πινάκων, των ιστογραμμάτων και των γραφικών παραστάσεων στην επίλυση προβλημάτων πιθανοτήτων.

Οι μαθητές συχνά αναζητούν αναπαραστάσεις για να κατανοήσουν ή να εξηγήσουν ένα πρόβλημα πιθανοτήτων. Πολλές έρευνες έδειξαν ότι οι αναπαραστάσεις των πιθανοτήτων ωφελούν τόσο τους μικρούς μαθητές, όσο και τα παιδιά των μεγαλύτερων ηλικιών (Σιριβιανού & Βαλανίδης, 2010). Σύμφωνα λοιπόν με αυτά, είναι ευκόλως αντιληπτό ότι αυτός ο κλάδος των μαθηματικών μπορεί να στηριχθεί σε πολλαπλές αναπαραστάσεις και να βελτιώσει τη μαθησιακή διαδικασία.

## **ΥΠΑΡΧΟΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΚΥΠΡΟ**

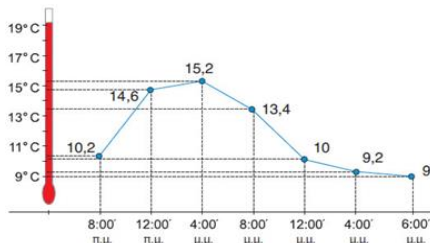
Μελετώντας το πρόγραμμα σπουδών του ελληνικού συστήματος εκπαίδευσης (Ελλάδα και Κύπρου), διαπιστώνει κανείς ότι οι αναπαραστάσεις για τις έννοιες των πιθανοτήτων εισάγονται από τα πρώιμα στάδια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Από τις πρώτες τάξεις του δημοτικού, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με οπτικές μεθόδους, όπως διαγράμματα, ραβδογράμματα, γραφήματα και εικόνες.

Αξίζει να σημειωθεί στη παρούσα φάση, ότι τα σχολικά βιβλία και των δύο συστημάτων, περιέχουν ποικίλες ασκήσεις πραγματολογικής, εννοιολογικής ή και διαδικαστικής γνώσης, εφαρμοζόμενες σε διάφορα πλαίσια με ανάλυση γραπτού κειμένου ή εικόνων (Krathwohl, 2002). Παρακάτω εμφανίζονται μερικές ενδεικτικές δραστηριότητες από τα σχολικά βιβλία του ελληνικού και του κυπριακού εκπαιδευτικού συστήματος, όπως αυτές παρουσιάζονται στα ελληνικά σχολικά και στο βιβλίο που δημοσίευσε το 2010 το παιδαγωγικό ινστιτούτο Κύπρου. Ξεκινώντας οι πρώτες δραστηριότητες αφορούν διάφορες ενδεικτικές ασκήσεις που διδάσκονται σε παιδιά

ηλικίας 10 έως 16 ετών στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα και κατά συνέπεια ακολουθούν αντίστοιχες ασκήσεις του συστήματος της Κύπρου.

Στην Ε Δημοτικού τα παιδιά γνωρίζουν από προηγούμενες τάξεις την έννοια των διαγραμμάτων, των ραβδογραμμάτων και των εικονογραμμάτων. Ωστόσο μαθαίνουν την ανάλυση δυσκολότερων γραφικών παραστάσεων με πιο σύνθετα δεδομένα, όπως την εικόνα που φαίνεται παρακάτω.

**Εικόνα 1:** Άσκηση μαθητών Έ Δημοτικού (Κακαδιάρης, Μπελίτσου, Στεφανίδης, Χρονοπούλου, 2013)



Στη συνέχεια, καθώς τα παιδιά εμπλουτίζουν τις γνώσεις του περί τις μαθηματικές έννοιες, εισάγονται πιο αυστηροί ορισμοί, όπως αυτός του δειγματικού χώρου. Ακόμα μαθαίνουν διαδικασίες όπως τα δένδροδιαγράμματα για την εύρεση των δυνατών αποτελεσμάτων του πειράματος και τη χρήση του κλασικού ορισμού Πιθανότητας.

**Εικόνα 2:** Άσκηση μαθητών Γ Γυμνασίου (Αργυράκης κα) (2013)

Σ' έναν προκριματικό όμιλο των Πανευρωπαϊκών αγώνων Μπάσκετ κληρώθηκαν να παίξουν τέσσερις ομάδες Α, Β, Γ, Δ δίνοντας μεταξύ τους από δύο αγώνες (εντός και εκτός έδρας). Με τη βοήθεια ενός πίνακα να βρείτε όλα τα ζεύγη των αντιπάλων.

**Εικόνα 3:** Άσκηση μαθητών Γ Γυμνασίου (Αργυράκης κα) (2013)

Ρίχνουμε ένα ζάρι δύο φορές. Να βρείτε τις πιθανότητες των ενδεχομένων:  
 Α: Φέρνουμε και τις δύο φορές 6.  
 Β: Φέρνουμε την ίδια ένδειξη και τις δύο φορές.  
 Γ: Φέρνουμε μία τουλάχιστον φορά 5.

Τα παιδιά που φοιτούν στο Λύκειο, έχουν πιο ανεπτυγμένη μαθηματική σκέψη, οπότε είναι σε θέση να ασχοληθούν με πιο σύνθετες ασκήσεις. Γεγονός είναι ότι στα βιβλία των ελληνικών σχολείων, από τη Γ τάξη του γυμνασίου και έπειτα στερούνται αρκετά και σε κάποια σημεία πλήρως τις εικονικές αναπαραστάσεις, έτσι, με αυτό τον τρόπο καθίστανται δυσκολότερες ασκήσεις όπως αυτή που παρουσιάζεται παρακάτω.

**Εικόνα 4:** Άσκηση μαθητών Ά Λυκείου (Ανδρεαδάκης, Κατσαργύρης, Παπασταυρίδης, Πολύζος, Σβέρκος, Αδαμόπουλος & Δαμιανού, 2017)

Η διεύθυνση ενός νοσοκομείου κωδικοποιεί τους ασθενείς σύμφωνα με το αν είναι ασφαλισμένοι ή όχι και σύμφωνα με την κατάσταση της υγείας τους, η οποία χαρακτηρίζεται ως καλή, μέτρια, σοβαρή ή κρίσιμη. Η διεύθυνση καταγράφει με 0 τον ανασφάλιστο ασθενή και με 1 τον ασφαλισμένο, και στη συνέχεια δίπλα γράφει ένα από τα γράμματα α, β, γ ή δ, ανάλογα με το αν η κατάστασή του είναι καλή, μέτρια, σοβαρή ή κρίσιμη. Θεωρούμε το πείραμα της κωδικοποίησης ενός νέου ασθενούς. Να βρείτε:

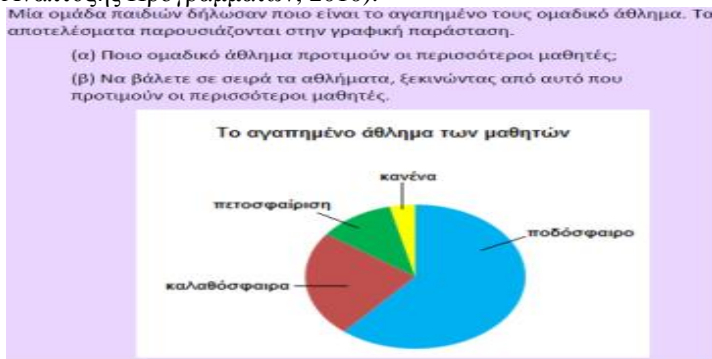
- i) Το δειγματικό χώρο  $\Omega$  του πειράματος.
- ii) Το ενδεχόμενο A: "η κατάσταση του ασθενούς είναι σοβαρή ή κρίσιμη και είναι ανασφάλιστος".
- iii) Το ενδεχόμενο B: "η κατάσταση του ασθενούς είναι καλή ή μέτρια".
- iv) Το ενδεχόμενο Γ: "ο ασθενής είναι ασφαλισμένος".

Στο εκπαιδευτικό σύστημα της Κύπρου από την άλλη, ενώ ακολουθείται η ίδια πορεία κατά τη μάθηση των παιδιών, φαίνεται να υπάρχει μεγαλύτερη προσοχή στις οπτικές αναπαραστάσεις των ασκήσεων ακόμα και στις μεγαλύτερες τάξεις. Επίσης, όπως φαίνεται και στην εικόνα 8, το Κυπριακό σύστημα προωθεί και προτρέπει τη χρήση της τεχνολογίας στη τάξη. Παρακάτω εμφανίζονται τέσσερις δραστηριότητες διαβαθμισμένης δυσκολίας, για τα διάφορα επίπεδα των κυπριακών τάξεων.

**Εικόνα 5:** Άσκηση μαθητών Έ Δημοτικού (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 2010).



**Εικόνα 6:** Άσκηση μαθητών Β και Γ Γυμνασίου (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 2010).



**Εικόνα 7:** Άσκηση μαθητών Β και Γ Γυμνασίου (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 2010).



**Εικόνα 8:** Άσκηση μαθητών Α Λυκείου (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, 2010)

Καταγράφουν τα αποτελέσματα πειραμάτων τύχης με συστηματικό τρόπο, όπως:

«Να χρησιμοποιήσετε κατάλληλο λογισμικό, για να ρίξετε ένα νόμισμα είκοσι φορές. Να κατασκευάσετε έναν πίνακα συχνοτήτων για να καταγράψετε την ένδειξη που παρουσιάζεται κάθε φορά και να απαντήσετε στις ερωτήσεις.»

(α) Τι μέρος των ρίψεων ήταν κορώνα;  
 (β) Τι μέρος των ρίψεων ήταν γράμματα;  
 (γ) Να συγκρίνετε τις απαντήσεις σας με αυτές του διπλανού σας.  
 (δ) Αν ξαναρίξετε το νόμισμα άλλες είκοσι φορές τι αναμένετε να συμβεί και γιατί;  
 (ε) Να κάνετε 100 ρίψεις με το λογισμικό και να γράψετε σε μορφή ποσοστού και δεκαδικού τι μέρος αυτών των 100 ρίψεων είναι γράμματα και τι μέρος κορώνα. Πώς συγκρίνονται τα αποτελέσματά σας των 20 ρίψεων με αυτά των 100;  
 (στ) Τι νομίζετε ότι θα συμβεί, αν κάνετε 1000 ρίψεις με το λογισμικό;

## **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ**

Τα οφέλη της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι γνωστά και δεν θα απασχολήσουν την παρούσα εργασία. Πολλές έρευνες κατά καιρούς διεξάγονται για να προβάλουν τα πλεονεκτήματα χρήσης του υπολογιστή στη τάξη. Η διαδραστικότητα της μάθησης, η δυνατότητα πολλαπλών αναπαραστάσεων και το ενδιαφέρον των μαθητών για τις νέες τεχνολογίες, είναι μερικά από αυτά. Ωστόσο, όπως είναι επίσης γνωστό, η τεχνολογία από μόνη της δεν μπορεί να αντικαταστήσει την παρουσία του εκπαιδευτικού (Παπαδοπετράκης, 2002). Γεγονός είναι βέβαια, ότι ένας μορφωμένος και άρτια καταρτισμένος εκπαιδευτικός, μπορεί να μετατρέψει την τεχνολογία στο πιο χρήσιμο διδακτικό εργαλείο (Παπαδοπετράκης, 2002).

Η τεχνολογία και τα επιτεύγματα της δεν θα μπορούσαν να μην επηρεάσουν τον κλάδο των Πιθανοτήτων. Η ποικιλία των προγραμμάτων για την ανάλυση, την ταξινόμηση και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων μιας έρευνας, όπως επίσης και προγράμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα στην εκπαιδευτικά διαδικασία, είναι σήμερα ευρέως γνωστά (Batanero, Chernoff, Engel, Lee και Sánchez, 2016).

Ένας εκπαιδευτικός μπορεί να ανακαλύψει με μια γρήγορη αναζήτηση στο διαδίκτυο αρκετές ιστοσελίδες που θα τον βοηθήσουν στη διδακτική των πιθανοτήτων. Λόγου χάρι, υπάρχουν εφαρμογές και προγράμματα, όπου ο μαθητής μπορεί να παίζει διάφορα παιχνίδια ή να εκτελέσει πειράματα που σχετίζονται με την τύχη. Το κύριο πλεονέκτημα είναι τόσο η παραστατικότητα και η διαδραστικότητα του μαθήματος μέσω τέτοιων προγραμμάτων, όσο και ευχέρεια που προσφέρεται στην επανάληψη αρκετών φορών του πειράματος. Ακόμα, η οπτική αναπαράσταση των ασκήσεων, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, βοηθάει το μαθητή να κατανοήσει καλύτερα τις πιθανοτικές έννοιες.

Τέλος, να σημειωθεί ότι πολλές από αυτές τις διαδικτυακές εφαρμογές, δεν απαιτούν την παρουσία του εκπαιδευτικού, διότι ελέγχουν αυτόματα τις απαντήσεις των μαθητών και προσδιορίζουν τη σωστή. Αυτό σημαίνει ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν επιπρόσθετα στην εκπαίδευση για να βελτιστοποιήσουν την κατανόηση και την αντίληψη των μαθητών. Παράδειγμα ενός τέτοιου προγράμματος, το οποίο υπάρχει διαθέσιμο στο διαδίκτυο, βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση [https://www.transum.org/Software/SW/Starter\\_of\\_the\\_day/Similar.asp?ID\\_Topic=30](https://www.transum.org/Software/SW/Starter_of_the_day/Similar.asp?ID_Topic=30) (Software, 2018).

## **ΕΡΕΥΝΑ**

Το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν μαθητές των σχολίων του νησιού Ρόδος. Το συνολικό μέγεθος του δείγματος ανέρχεται στους 497 μαθητές της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ο ερευνητής, επέλεξε ως μέσω συλλογής των δεδομένων ερωτηματολόγιο. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί εδώ, ότι οι ηλικίες που επικεντρώθηκε η έρευνα ήταν παιδιά από 8 έως 16 ετών.

Οι μαθητές καλούνταν να απαντήσουν σε διάφορες ερωτήσεις περί πιθανοτήτων, στις οποίες εξεταζόταν τόσο η γνώση τους για διάφορες πιθανοτικές έννοιες, όσο και η

δυνατότητα αιτιολόγησης των επιλογών τους. Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε τέσσερις ερωτήσεις και τέσσερις ασκήσεις με αιτιολόγηση, για να διαπιστωθεί η εννοιολογική και η διαδικαστική γνώση τους. Η πρώτη ερώτηση σχετικά με τον ορισμό της πιθανότητας ήταν ανοιχτού τύπου, ενώ οι επόμενες που αφορούσαν άλλους ορισμούς τα θεωρίας ήταν κλειστού τύπου.

Λόγω των μικρών ηλικιών των συμμετεχόντων, η πλειοψηφία των ερωτηματολογίων που χορηγήθηκαν στους μαθητές ήταν με τη παρουσία του ερευνητή για να διασφαλιστεί η ποιότητα της έρευνας. Στη συνέχεια, η συλλογή τους, οδήγησε στη χρήση του προγράμματος S.P.S.S. για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων.

Τέλος, να σημειωθεί ότι η έρευνα που παρουσιάζεται στη παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα μιας μεγαλύτερης έρευνας που συνεχίζεται.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν έδωσε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω. Για τη διευκόλυνση του αναγνώστη αυτά ταξινομήθηκαν σε έναν πίνακα, ανάλογα με την έννοια που πραγματευόταν κάθε ερώτηση ή άσκηση. Να σημειωθεί ότι μόνο στις ασκήσεις ζητήθηκε αιτιολόγηση και για αυτό το λόγο ο πίνακας έχει την μορφή που φαίνεται παρακάτω.

**Πίνακας 1:** Αποτελέσματα απαντήσεων μαθητών ανάλογα με την άσκηση και την έννοια που πραγματευόταν (N=497)

| Έννοια                             | Σωστή<br>Απάντηση | Σωστή<br>Αιτιολόγηση | Καμία<br>Απάντηση |
|------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| Πιθανότητα                         | 45                | Δεν ζητήθηκε         | 211               |
| Πείραμα τύχης                      | 261               | Δεν ζητήθηκε         | 59                |
| Ενδεχόμενο                         | 160               | Δεν ζητήθηκε         | 102               |
| Βέβαιο Ενδεχόμενο                  | 304               | Δεν ζητήθηκε         | 68                |
| Άσκηση Ισοπίθانا (χωρίς εικόνα)    | 88                | 76                   | 95                |
| Άσκηση Ισοπίθانا (με εικόνα)       | 60                | 63                   | 129               |
| Άσκηση μη Ισοπίθانا (με εικόνα)    | 41                | 144                  | 120               |
| Άσκηση μη Ισοπίθانا (χωρίς εικόνα) | 42                | 154                  | 188               |

Όπως είναι φανερό, αρκετά μεγάλο ήταν το πλήθος των μαθητών που δεν απάντησε σε αρκετές ερωτήσεις και ασκήσεις. Ωστόσο, από τις απαντήσεις των μαθητών στις πιθανοτικές έννοιες, φαίνεται αρκετά ικανοποιητικό το ποσοστό που απάντησε σωστά. Επίσης, σχετικά με τις ασκήσεις του ερωτηματολογίου, υπήρχε πρόβλημα στην ικανότητα των παιδιών να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Τέλος, σε γενικές γραμμές ενώ παρατηρείται ουσιαστική διαφορά με την παρουσία ή όχι της εικόνας στην άσκηση ωστόσο η παρουσία της εικόνας συνήθως προκαλεί συνεχιση παραπέρα χειρισμού και οπτικοποίησης (λχ με δένδρογραφήματα κλπ) ώστε τα αποτελέσματα να είναι σημαντικώς καλλίτερα.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, καταλαβαίνει κανείς τη χρησιμότητα της οπτικοποίησης στη καθημερινότητα, αλλά και ιδιαίτερα στα μαθηματικά. Οι πιθανότητες προσφέρουν το κατάλληλο έδαφος για τη χρήση των αναπαραστάσεων, λόγο των διαγραμμάτων και πινάκων που χρησιμοποιούν. Ωστόσο, από την μελέτη των σχολικών δραστηριοτήτων στην Ελλάδα φαίνεται να ελαττώνονται καθώς τα παιδιά μεγαλώνουν. Αντιθέτως όμως στο παιδαγωγικό σύστημα της Κύπρου, δίνουν σημασία στην οπτικοποίηση ακόμα και στις μεγαλύτερες ηλικίες μαθητών.

Οι μαθητές αναζητούν από μόνοι τους ένα οπτικό μέσο για να τους βοηθήσει να καταλάβουν τις πιθανοτικές έννοιες. Ωστόσο, όπως έδειξαν τα αποτελέσματα της έρευνας, τα παιδιά εμφανίζουν δυσκολίες στις πιθανοτικές έννοιες και δεν φαίνεται ουσιαστική διαφορά με την παρουσία της εικόνας στην άσκηση. Είναι γεγονός βέβαια πως η σωστή χρήση ενός οπτικού μέσου, προϋποθέτει την εμπειρία και τη γνώση των μαθητών στο χειρισμό και την αξιοποίηση του. Με άλλα λόγια, τα παιδιά χρειάζονται περισσότερη εξάσκηση στη χρήση οπτικών μέσων, για να καταστούν αυτά αποτελεσματικά.

Σύμφωνα με τα παραπάνω λοιπόν, προτείνεται η χρήση της τεχνολογίας ως συμπληρωματική διδασκαλία, με την παρουσία ή μη του εκπαιδευτικού για τη διασαφήνιση των διάφορων εννοιών. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης της τεχνολογίας και ιδιαίτερα στη διδακτική των πιθανοτήτων είναι πολλά και υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να μπορούν, φυσικά μαζί με το κατάλληλο σχέδιο διδασκαλίας, να καλύψουν τις παρανοήσεις των μαθητών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ανδρεαδάκης, Σ., Κατσαργύρης, Β., Παπασταυρίδης, Σ., Πολύζος, Γ., Σβέρκος, Α., Αδαμόπουλος, Α. & Δαμιανού, Χ. (2017). Άλγεβρα και στοιχεία πιθανοτήτων: Α΄ Γενικού Λυκείου. Αθήνα: ΙΤΥΕ-Διόφαντος.
- Αργυράκης, Δ., Βουργάνας, Π., Μεντής, Κ., Τσικοπούλου, Σ. & Χρυσοβέργης, Μ. (2013). Μαθηματικά Γ΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ. Αθήνα: ΙΤΥΕ-Διόφαντος.
- Batanero C., Chernoff E., Engel J, Lee H. & Sanchez, E. (2016). Research on Teaching and Learning Probability. Topical Surveys ICME-13
- Guzman, M. (2002). The Role of Visualization in the Teaching and Learning of Mathematical Analysis. International Conference on the Teaching of Mathematics
- Κακαδιάρης, Χ., Μπελίτσου, Ν., Στεφανίδης, Γ. & Χρονοπούλου, Γ. (2013). Μαθηματικά Ε΄ Δημοτικού. Αθήνα: ΙΤΥΕ-Διόφαντος.
- Krathwohl, D. (2002). A revision of bloom's taxonomy: An overview. Theory into Practice, Vol. 41, No. 4, 212-218.
- McCormick, B., DeFanti, T. & Brown, M. (1987). Visualization in Scientific Computing. Computer Graphics 21, 6

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων (2010). Πρόγραμμα Σπουδών Μαθηματικών. Κύπρος: Υπουργείο Παιδείας Και Πολιτισμού Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, pp.393-440.
- Παπαδοπετράκης, Ε. (2002). Οι υπολογιστές στην εκπαίδευση: Μύθοι και Πραγματικότητα. (16ο Πανελλήνιο Εκπαιδευτικό Συνέδριο Δ.Ο.Ε – Π.Ο.Ε.Δ., Αλεξανδρούπολη).
- Pratt, D. (2000). Making sense of the Total of Two Dice. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31( 5), 602-625
- Presmeg, N. (2006). Research on Visualization in Learning and Teaching Mathematics. *Handbook of research on the psychology of mathematics education*, 205-235
- Sivariou, G., & Valanidis, N. (2010). Child depictions for probability concepts: Use of the Toontalk microcosm. Tzimogiannis, A. (eds.), *Proceedings of the 7th Pan-Hellenic Conference with International Participation "ICT in Education"*. (vol. II, 513-520). Corinth.
- Software, T. (2018). Probability Lesson Starters and Online Activities. [online] Transum.org. Available at: [https://www.transum.org/Software/SW/Starter\\_of\\_the\\_day/Similar.asp?ID=30](https://www.transum.org/Software/SW/Starter_of_the_day/Similar.asp?ID=30) [Accessed 21 Sep. 2018].
- Stavropoulou, S., & Gagatsis, A. (2006). Static and dynamic representations: the case of probabilities. (9th Conference of the Pedagogical Society of Cyprus).
- Wilder, R. (1986). *Evolution of Mathematical Concepts*. (D. Psychogios, Trans. eds.). Athens: Koutsoubos publications
- Zimmermann, W., & Cunningham, S. (1991). *Visualization in teaching and learning mathematics*. Washington, D.C: Mathematical Association of America.

## ***Χρήση εκπαιδευτικού υλικού Φυσικών Επιστημών***

---

# «Το σωματίδιο φάντασμα» πρότυπο καλών διδακτικών πρακτικών του ευρωπαϊκού ερευνητικού έργου Creations

**Ζαχαρούλα Σμυρναίου**

Επίκουρη καθηγήτρια Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών,  
[zsmyrnaiou@ppp.uoa.gr](mailto:zsmyrnaiou@ppp.uoa.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Έργο «CREATIONS - Developing an Engaging Science Classroom» (<http://creations-project.eu/>) στοχεύει στη δημιουργία και παραγωγή καινοτόμων διδακτικών προσεγγίσεων, οι οποίες έχουν στόχο να κατοχυρωθούν ως βέλτιστες πρακτικές στην ευρωπαϊκή κοινότητα με στόχο την ενεργό εμπλοκή καθηγητών και μαθητών στην επιστημονική έρευνα και στις Φυσικές Επιστήμες, τηρώντας το επιστημονικό πλαίσιο της Δημιουργικότητας και συνδυάζοντας διαθεματικά την Επιστήμη με την Τέχνη. Κάτω από το πλαίσιο στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται το διδακτικό σενάριο με τίτλο « Το σωματίδιο φάντασμα» καθώς και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του. Το σενάριο αυτό πλασιώνεται από το θεωρητικό, επιστημονικό, παιδαγωγικό πλαίσιο των Αποτελεσματικών Περιβάλλοντων Μάθησης (Effective Learning Environments), το επιστημονικό, παιδαγωγικό πλαίσιο της Δημιουργικότητας (Creativity) και της Ανακαλυπτικής Μάθησης (Inquiry- Based Approach), τις αρχές του ευρωπαϊκού πλαισίου της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (Responsible Research and Innovation) και εντάσσεται στα πρότυπα καλών διδακτικών πρακτικών του Προγράμματος Creations (Creations Features).

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Δημιουργικότητα, Ανακαλυπτική Μάθηση, Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία, Εκπαιδευτικά Σενάρια

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Η ταυτότητα του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Creations

Βασικό μέρος του ερευνητικού προγράμματος Creations είναι η ανάπτυξη ενός συνδυαστικού παιδαγωγικού πλαισίου (pedagogical framework), χαρακτηριζόμενο από τις αρχές των σύγχρονων θεωριών μάθησης οι οποίες ενισχύουν τη δημιουργικότητα, τη φαντασία, την αυτενέργεια του μαθητή, μελετώντας παράλληλα τα μαθησιακά του παραγόμενα και τις γνωστικές του δομές. Παράλληλα, το ερευνητικό πρόγραμμα συλλέγει, μελετά και εισάγει τις αρχές της επιστημονικής μεθοδολογίας στην

εκπαιδευτική πράξη, ενισχύοντας ταυτόχρονα τη δημιουργία κοινοτήτων μάθησης μεταξύ εκπαιδευτικών, μαθητών, ερευνητών, καλλιτεχνών και άλλων φορέων (<http://portal.opendiscoveryspace.eu/en>), (<http://portal.opendiscoveryspace.eu/en/creations> ), διαχέοντας τα αποτελέσματα της έρευνας τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Στο τέλος του ερευνητικού προγράμματος προβλέπεται η σύσταση και δημοσιοποίηση ενός κοινού πλαισίου από «Αποτελεσματικούς τρόπους σύμπραξης των σχολείων με την επιστημονική έρευνα» και την κατοχύρωση κοινών βέλτιστων πρακτικών ανάλογα με τους επιδιωκόμενους στόχους, ώστε να πραγματοποιηθούν αλλαγές στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

### **Οι στόχοι του Ερευνητικού Προγράμματος**

Το Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα «Creations- Developing an engaging Scientific classroom» (<http://creations-project.eu/>) στοχεύει :

-στην αποτελεσματική δημιουργία κοινοτήτων μεταξύ ερευνητών, εκπαιδευτικών φοιτητών και μαθητών και την ενδυνάμωση των μαθητών να χρησιμοποιούν με καινοτόμο τρόπο τη συλλογική δύναμη μοναδικών επιστημονικών πόρων (ερευνητικές εγκαταστάσεις, επιστημονικά όργανα, προηγμένα εργαλεία ΤΠΕ, εφαρμογές προσομοίωσης και απεικόνισης και επιστημονικές (εκπαιδευτικές εκδρομές, εικονικές επισκέψεις, σχολικές εγκαταστάσεις) και άτυπης μάθησης (εφαρμογές παιχνιδιών, φεστιβάλ και hangouts στο διαδίκτυο, συναφή έργα τέχνης όπως το θεατρικό θέατρο ή εκθέματα, συζητήσεις στο πλαίσιο επιστημονικών καφέ), που προωθούν τη δημιουργική μάθηση με βάση την έρευνα και την εκτίμησή τους για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη. Αυτό το τοπικό και πανευρωπαϊκό δίκτυο επιστημόνων, εκπαιδευτικών, φοιτητών, μαθητών και καλλιτεχνών μπορεί να αυξήσει το ενδιαφέρον για την επιστήμη και να βοηθήσει την ερευνητική και σχολική κοινότητα να κατανοήσουν πώς λειτουργεί η επιστήμη :

-στην αύξηση του επιστημονικού ενδιαφέροντος και τη βελτίωση των δεξιοτήτων των μαθητών στο επιστημονικό πεδίο των STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά)

-στο συνδυασμό της Επιστήμης με την Τέχνη με δημιουργικές, καλλιτεχνικές προσεγγίσεις και την εκπροσώπηση των επιστημονικών εννοιών (θέατρο, πειράματα, φωτογραφία, εκθέσεις, εικονικοποιήσεις, σχεδίαση κ.λπ.). Οι τέχνες μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες όχι μόνο ως πράξη αυτο-έκφρασης αλλά και ως μέσο ανθρώπινης κατανόησης, καθώς είναι ένα σημειωτικό σύστημα γνωστικής εκπροσώπησης της γνώσης.

-στη δημιουργία τεχνικών επιστημονικής διδασκαλίας βασισμένης στην έρευνα, εμπλουτισμένης με νέες, σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες, όπως η επίλυση προβλημάτων μάθησης ή η Ενσώματη μάθηση.

-στο να εμπνεύσει όλη την σχολική κοινότητα με δημιουργικές και καινοτόμες ιδέες

-στην τεκμηρίωση της σχολικής διαδικασίας μέσω της κατάρτισης ενός οδικού χάρτη που θα περιλαμβάνει κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό και την εφαρμογή

καινοτόμων εκπαιδευτικών και ενημερωτικών δραστηριοτήτων που θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως αναφορά για να προσαρμοστούν για τους ενδιαφερόμενους τόσο στην επιστημονική έρευνα όσο και στην πολιτική για την επιστημονική εκπαίδευση.

### **ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ «ΤΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ ΦΑΝΤΑΣΜΑ»**

Η παρούσα εργασία στοχεύει να εμπλουτίσει τις υπάρχουσες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις συνδυάζοντας την καλλιτεχνική δημιουργικότητα με το μοντέλο εκπαίδευσης με βάση την έρευνα. Αναλύεται η επιστημονική διασύνδεση της επιστήμης με πτυχές της τέχνης, η οποία αξιοποιείται ως αναπαραστασιακό μέσο (οι μαθητές θα ερευνήσουν, θα σχεδιάσουν προσομοιώσεις στο λογισμικό, θα δημιουργήσουν μοντέλα που θα εμπεριέχουν έννοιες σύγχρονης φυσικής -στοιχειωδών σωματιδίων / νετρίνων -, θα υλοποιήσουν σύντομα θεατρικά έργα). Συνεπώς, οι μαθητές θα εμπλακούν σε δραστηριότητες μοντελοποίησης με διαφορετικά μέσα (ψηφιακά, καλλιτεχνικά), οι οποίες θα τους βοηθήσουν στην βαθιά κατανόηση πολύπλοκων εννοιών / θεωριών. Επιπρόσθετα, μέσα από την ανάλυση του επιστημονικού και παιδαγωγικού πλαισίου του ερευνητικού έργου Creation αναμένεται η προώθηση καλύτερης κατανόησης του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη, η ενθάρρυνση και ενδυνάμωση των εκπαιδευτικών των επιστημών να επηρεάσουν την αλλαγή, η εφαρμογή και προώθηση της διδασκαλίας και της μάθησης με βάση την έρευνα και η μάθηση και αυτο-δημιουργία σε συναισθηματικά πλούσια περιβάλλοντα μάθησης.

### **Παιδαγωγικό πλαίσιο**

Οι βασικές γνώσεις των μαθητών, σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο ο κόσμος είναι δομημένος, ξεκινούν, σε ένα μικρό επίπεδο, με βασικές έννοιες των μορίων και των ατόμων. Λαμβάνοντας αυτό ως αφετηρία για το ταξίδι μας στον κόσμο των υποατομικών σωματιδίων, το σενάριο «το σωματίδιο φάντασμα» εισάγει τους μαθητές στις πιο πρόσφατες ανακαλύψεις στην έρευνα της σωματιδιακής φυσικής -τα νετρίνια. Η επιλογή αυτού του ενδιαφέροντος θέματος δεν καθοδηγείται μόνο από το πρόσφατο βραβείο Νόμπελ το 2015 στη Φυσική για την ανακάλυψη των ταλαντώσεων των νετρίνων, αλλά και για τα ακόμα άλυτα μυστήρια της ταυτότητάς τους και για όλες τις πιθανές επιστημονικές ανακαλύψεις στις οποίες μπορεί να οδηγήσει η εξερεύνησή τους από τους επιστήμονες.

Ο κύριος στόχος του συγκεκριμένου σεναρίου είναι να ενσωματώσει μια σειρά δραστηριοτήτων που θα δημιουργήσουν ένα περιβάλλον μάθησης, το οποίο θα βοηθήσει το μαθητή να εμπλακεί ενεργά στην διαδικασία της μάθησης στην τάξη. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να ερευνούν και να μαθαίνουν την ιστορία της Φυσικής των σωματιδίων από την αρχαία ιστορία μέχρι σήμερα και να αποκτούν βασικές έννοιες και αρχές που κυριαρχούν στο πεδίο της σωματιδιακής Φυσικής, πέρα από το επίσημο, σχολικό Πρόγραμμα Σπουδών.

Οι μαθητές συμμετέχουν στην κατασκευή ενός χρονοδιαγράμματος σχετικά με την ιστορία της σωματιδιακής Φυσικής, και διερευνούν τις πολιτιστικές πτυχές που επικρατούν σε κάθε εποχή, καθώς και τον υιοθετημένο τρόπο επιστημονικής έρευνας για

κάθε χρονική περίοδο. Οι μαθητές καλούνται, επίσης, να αναπαραστήσουν τις αποκτηθείσες γνώσεις και επιστημονικές έννοιες μέσω της εμπλοκής τους σε παιχνίδια ρόλων/ δραματοποίηση, καλλιτεχνικά σχέδια υποατομικών σωματιδίων ανάλογα με τις απόψεις τους, αφίσες, ψηφιακή αφήγηση, μικρά θεατρικά έργα δράσεων δραματοποίησης, εφαρμόζοντας βιωματικές τεχνικές και τεχνικές μοντελοποίησης που ενισχύουν την βαθιά κατανόηση των μαθησιακών αντικειμένων (Smyrniou, et al., 2016; Smyrniou & Kynigos, 2012).

Τέλος, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να γίνουν μέρος της μεγαλύτερης επιστημονικής περιπέτειας στο CERN και να επικοινωνήσουν με τους επιστήμονες μέσω των εικονικών επισκέψεων ATLAS. Με αυτόν τον τρόπο, πραγματοποιούν μια περιήγηση στην αίθουσα ελέγχου, παίρνουν απαντήσεις στις ερωτήσεις τους, αλλά εξετάζουν επίσης τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται επαγγελματίες ερευνητές στον τομέα της Σωματιδιακής Φυσικής.

### **Θεωρητικό και Επιστημονικό πλαίσιο**

Το Πρόγραμμα Σπουδών της Φυσικής στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα καλύπτει πολύ βασικές έννοιες σχετικά με τη Φυσική των σωματιδίων, που περιορίζονται στην ταυτοποίηση των τριών υποατομικών σωματιδίων: , νετρόνια, πρωτόνια, ηλεκτρόνια. Η περιορισμένη εμπλοκή των μαθητών με τον τομέα της Φυσικής των σωματιδίων όχι μόνο τους στερεί τη δυνατότητα να γνωρίσουν από τις πιο μαγικές και προκλητικές πτυχές της Φυσικής και της τρέχουσας επιστημονικής έρευνας, αλλά έχει και ως αποτέλεσμα οι μαθητές να έχουν παρανοήσεις σχετικά με τις θεμελιώδεις πτυχές του κόσμου και από τι αυτός αποτελείται.

Το εν λόγω παιδαγωγικό σενάριο ένα σύνολο διαδραστικών δραστηριοτήτων που καθοδηγούνται από τις αρχές της προσέγγισης της διερευνητικής/ ανακαλυπτικής μάθησης (Inquiry Based Science Education, (IBSE) ως ένα αποτελεσματικό εκπαιδευτικό πλαίσιο που φιλοδοξεί να προσελκύσει τους μαθητές σε μια αυθεντική επιστημονική διαδικασία διερεύνησης και αναζήτησης. Η διερευνητική προσέγγιση της μάθησης (Inquiry Based Science Education, (IBSE) είναι μια παιδαγωγική στρατηγική βασισμένη στη φυσική περιέργεια του μαθητή που αποτελεί τη δύναμη η οποία οδηγεί στην κατανόηση της γνώσης. Η μάθηση οργανώνεται γύρω από ερωτήσεις και προβλήματα, σε ένα υψηλά μαθητοκεντρικό περιβάλλον. Οι μαθητές λαμβάνουν τη γνώση μέσω ερωτήσεων, υποθέσεων, πειραμάτων, παρατηρήσεων και αναλύσεων και όχι μέσω της μετωπικής διδασκαλίας και έκθεσης της γνώσης από τους εκπαιδευτικούς και της στείρας απομνημόνευσης από τους μαθητές (Σωτηρίου κ.α., 2012). Η εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές ιδέες/ θεωρίες της σωματιδιακής Φυσικής βασίζεται στη διαδικασία της επιστημονικής συλλογιστικής και της οικοδόμησης των επιστημονικών γνώσεων που στηρίζονται με τη σειρά τους στη γνωστική ανάπτυξη του μαθητή, στην εξέταση των υποθέσεων, στη συλλογή δεδομένων και στην επακόλουθη διαλογική εξερεύνηση και ανάλυση. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές θα καταφέρουν να αντιμετωπίσουν τις παρανοήσεις τους και η μάθηση θα προέρχεται από το προϊόν της γνωστικής αλληλεπίδρασης και της σύγκρουσης μεταξύ της διαισθητικής μάθησης και των νέων

γνωσιακών σχημάτων και ιδεών που δομούνται αμφισβητώντας τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους, ενώ ασχολούνται με καταστάσεις επιστημονικής έρευνας (Smyrniαιου, & Ενγίριδου, 2012). Στην προσπάθειά τους οι μαθητές θα υποστηριχθούν από υπολογιστικά μοντέλα και προσομοιώσεις που συμβάλλουν στην εξήγηση και αφομοίωση απαιτητικών επιστημονικών εννοιών (Smyrniαιου, et al., 2012). Η εμπλοκή των μαθητών με το εκπαιδευτικό εργαλείο HYPATIA (<http://hypatia.iiasa.gr/el/batch.html>), τους επιτρέπει να μελετήσουν τα θεμελιώδη σωματίδια της ύλης και τις αλληλεπιδράσεις τους μέσω της παρατήρησης γραφικών αναπαραστάσεων/ υλοποιήσεων των προϊόντων από τις συγκρούσεις σωματιδίων. Αυτά τα προϊόντα προέρχονται από "γεγονότα" που ανιχνεύει ο ανιχνευτής ATLAS στον νέο, παγκοσμίως μεγαλύτερο, επιταχυντή LHC που βρίσκεται στη Γενεύη, στο Ευρωπαϊκό Εργαστήριο Σωματιδιακής Φυσικής CERN. Με άλλα λόγια, οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά με τον πειραματισμό μέσω διαδραστικών προσομοιώσεων και διεξαγάγουν από κοινού ρεαλιστικές αναλύσεις δεδομένων Φυσικής υψηλής ενέργειας χρησιμοποιώντας το εργαλείο HYPATIA (Kourkoumelis & Vourakis, 2014). Παράλληλα, όμως, οι μαθητές εμπλέκονται στο σχεδιασμό των δικών τους προσομοιώσεων που προβάλλουν αποσυνθέσεις νετρίνων και έτσι διευκολύνεται και ενισχύεται η εμπάθυνση των μαθητών στην προσέγγιση της επιστημονικής έρευνας (Zacharia, 2003). Σύμφωνα με τον Lemke (2009) «... το να μαθαίνουμε την επιστήμη είναι να μάθουμε πώς να έχουμε κάποιο βαθμό συμμετοχής σε αυτή τη διαδικασία εφευρέσεως και ανακάλυψης».

Ένα βασικό στοιχείο αυτού του σεναρίου είναι η δημιουργική αξιοποίηση της νεοαποκτηθείσας γνώσης. Η δέσμευση των μαθητών στο παιχνίδι ρόλων/ δραματοποίηση βασίζεται στη φυσική εκπροσώπηση της μεταφοράς (Hung, et al., 2015), η οποία συνδέει άμεσα τις φυσικές κινήσεις και τις χειρονομίες με την αντίληψη των μαθητών και την βαθιά κατανόηση των επιστημονικών εννοιών (Kynigos, Smyrniαιου & Roussou, 2010). Επιπλέον, η πρακτική δέσμευση των μαθητών με σχέδια και η ανάπτυξη της ψηφιακής αφήγησης, που αντιμετωπίζει τις βασικές αρχές που καθοδηγούν τον υποατομικό κόσμο, αναδεικνύει την αντίληψη και την κατανόησή τους για τις νεοαποκτηθείσες επιστημονικές έννοιες. Η δημιουργική διαπραγμάτευση με τις επιστημονικές έννοιες ενισχύει τη βαθιά σκέψη των μαθητών για τις βασικές αρχές/ θεωρίες και θέτει ένα στέρεο έδαφος για εναλλακτική σκέψη και σύνδεση με άλλους τομείς. Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές συμμετέχουν σε διαδικασίες που φέρνουν στο προσκήνιο τις ιδέες τους και τον τρόπο σκέψης τους σχετικά με τις επιστημονικές έννοιες.

Επιπλέον, το σενάριο υλοποιήθηκε με την εφαρμογή της προσέγγισης CLIL (Content and Language Integrated Learning), με κύριο στόχο την ανάδειξη της επικοινωνιακής προσέγγισης (διαλογική προσέγγιση, επιχειρηματολογία) που υιοθετήθηκε στη διδασκαλία ξένων γλωσσών για την ανακαλυπτική μάθηση των μαθητών και την εμπλοκή τους σε επιστημονικά περιβάλλοντα (Coyle, 2006, Lemke, 2009, Marsh, 2012). Οι μαθητές θα πρέπει να αναλύσουν τις επιστημονικές έννοιες και να διερευνήσουν τις επιστημονικές τους προσεγγίσεις. Επιπλέον, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να πραγματοποιήσουν την έρευνά τους με τη χρήση και τη διερεύνηση πρωτότυπου υλικού



και να αποκτήσουν το επιστημονικό λεξιλόγιο που χρησιμοποιείται σήμερα από την επιστημονική κοινότητα.

### **Μεθοδολογία**

Στο εν λόγω σενάριο το θέμα της διαπραγμάτευσης επελέγη λόγω της έξαψης του ενδιαφέροντος και της κεντρικής του θέσης σε σύγχρονα επιστημονικά ζητήματα και προβλήματα που χρειάζονται επίλυση. Εφαρμόζεται ως επέκταση του Προγράμματος Σπουδών της Φυσικής και παρέχει στους μαθητές την ευκαιρία να προσεγγίσουν βασικές αρχές και έννοιες του υποατομικού κόσμου. Εμπλέκοντας τους μαθητές σε ενεργές έρευνες σύγχρονων θεμάτων και μιώντας τους σε συνεργατική ομιλία, καταφέρνουν να οικοδομήσουν έννοιες και να ενισχύσουν την εκμάθηση επιστημονικών εννοιών. Παρέχοντας στους μαθητές κίνητρο και εμπλοκή σε αυθεντικά προβλήματα που απαιτούν επίλυση και τόνωση της δημιουργικότητάς τους και της κριτικής σκέψης τους, γίνονται βασικοί συντελεστές της μαθησιακής διαδικασίας.

Οι μαθητές ενεργούν ως επιστήμονες και φυσικά εφαρμόζουν προσεγγίσεις με βάση την έρευνα για την αντιμετώπιση του προβλήματος που βρίσκεται υπό διαπραγμάτευση. Αναπτύσσουν ερευνητικά ερωτήματα, εντοπίζουν, διερευνούν και πειραματίζονται σε διάφορες λύσεις με τη βοήθεια πρώτων υλών. Επιπλέον, ο μαθητής επισημαίνει τη σημασία της διασύνδεσης της επιστήμης, του πολιτισμού και της δημιουργικότητας και ενισχύει τη διαδικασία προβληματισμού των μαθητών σχετικά με την επιστημονική έρευνα που εφαρμόζεται σε όλη την ιστορία της σωματιδιακής Φυσικής. Ένα βασικό στοιχείο στο σενάριο είναι η σύνδεση των επιστημών και της κοινωνίας με τους μαθητές σε ένα προσωπικό πλαίσιο και η δέσμευσή τους στον δημιουργικό χειρισμό της αποκτηθείσας επιστημονικής γνώσης.

Στο πλαίσιο του σεναρίου οι μαθητές ασχολούνται με τον χειρισμό πειραματισμών με προσομοιώσεις που βασίζονται σε υπολογιστή. Σε αυτή την προσομοίωση οι μαθητές έρχονται σε επαφή με πληροφορίες σχετικά με το πρότυπο μοντέλο και τα υποατομικά σωματίδια και ασχολούνται με την πραγματοποίηση υποθέσεων και παρατηρήσεων στη δραστηριότητα των σωματιδίων κατά τη διαδικασία αποσύνθεσης σωματιδίων. Μέσω αυτής της αλληλεπιδραστικής προσομοίωσης, οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να συγκρίνουν, να συνδυάσουν και να κάνουν αξιολογήσεις σχετικές με τη γνώση και τις έννοιες που απέκτησαν μέσω της διαδικασίας. Η αναπαράσταση της προσομοίωσης συμβάλλει στην εξήγηση και αφομοίωση απαιτητικών επιστημονικών εννοιών.

Το σενάριο έχει ήδη εφαρμοστεί σε ένα δημόσιο σχολείο απευθυνόμενο σε μαθητές Γυμνασίου ηλικίας 12 έως 14 ετών. Τρεις διδάσκοντες από διαφορετικούς κλάδους συμμετείχαν στην υλοποίηση του σεναρίου: (1) δάσκαλος φυσικής, υπεύθυνος για την καθοδήγηση των μαθητών, σχετικά με τις επιστημονικές έννοιες και την εποπτεία του εκπαιδευτικού υλικού, (2) καθηγητής Αγγλικών για την υλοποίηση της προσέγγισης CLIL, ο οποίος καθοδήγησε τους μαθητές στην έρευνά τους μέσω υλικού πρώτης προέλευσης και (3) δάσκαλος Καλλιτεχνικών ο οποίος γνωστοποίησε στους μαθητές τεχνικές σχεδίασης για να διευκολύνουν την αποτελεσματική απόδοση των

εννοιολογικών επιστημονικών ιδεών τους. Το σενάριο πραγματοποιήθηκε μέσα σε τέσσερις εβδομάδες - ένα διδακτικό μάθημα διάρκειας δύο ωρών κάθε εβδομάδα - και ολοκληρώθηκε με παρουσιάσεις των μαθητών σχετικά με τη θεματική περιοχή της ιστορίας της σωματιδιακής Φυσικής, τις αρχές των νετρίνων και τον τρόπο λειτουργίας των ανιχνευτών ρεύματος. Οι μαθητές δημιούργησαν και μια καλλιτεχνική έκθεση με το έργο τους αναφορικά με τις τέχνες, ώστε να προβάλλουν τις αντιλήψεις τους για τα υποατομικά σωματίδια και τις αντίστοιχες αρχές τους.

### **Αξιολόγηση**

Για την αξιολόγηση της γνωστικής και δημιουργικής εξέλιξης των μαθητών και των εκπαιδευτικών μέσω της υλοποίησης του σεναρίου χρησιμοποιήθηκαν ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα. (Επειδή το εν λόγω σενάριο αποτελεί μέρος ευρωπαϊκού προγράμματος, ακολουθούνται τα εργαλεία αξιολόγησης του προγράμματος, για ποσοτική εκτίμηση συστήνουμε τη χρήση του ερωτηματολογίου για το ενδιαφέρον των μαθητών, Glynn, et al., 2011, Maximiliane, Schumm, Bogner, 2016, που απευθύνεται στους μαθητές και το ερωτηματολόγιο «VALNET» στους καθηγητές).

Στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού σεναρίου, η ποιοτική αξιολόγηση των μαθητών αξιολογήθηκε μέσω φύλλων εργασίας, συνεργατικού σχεδιασμού αντικειμένων και καλλιτεχνικών σχεδίων και τελικών παρουσιάσεων των επιστημονικών ιδεών υπό διαπραγμάτευση. Επιπλέον, για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα του σεναρίου με την εφαρμοζόμενη προσέγγιση CLIL, χρησιμοποιήθηκαν δύο ερωτηματολόγια: (1) ερωτηματολόγιο προ-αξιολόγησης και (2) ερωτηματολόγιο μετά την αξιολόγηση.

### **Αποτελέσματα\_Συζήτηση**

Από τα αποτελέσματα αξιολόγησης του συγκεκριμένου σεναρίου διαπιστώνεται ότι επιτεύχθηκε να ενισχυθεί η ικανότητα τους να διερευνήσουν με αυτόνομο τρόπο τα τρέχοντα επιστημονικά ζητήματα και να εμπλέκονται στην επιστημονική έρευνα πέρα από το σχολικό Πρόγραμμα Σπουδών σύμφωνα με τις κλίσεις και τα ενδιαφέροντά τους. Μέσω των αλληλεπιδραστικών δραστηριοτήτων οι μαθητές συμμετέχουν σε ένα συναρπαστικό μαθησιακό περιβάλλον και έρχονται σε επαφή με πολύπλοκες επιστημονικές έννοιες. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές αποκτούν ένα εγγενές ενδιαφέρον για τη Φυσική και καταρίπτονται τυχόν παρερμηνείες για την σωματιδιακή Φυσική. Το σενάριο έχει πραγματοποιηθεί ως τοπική δραστηριότητα μικρής κλίμακας, ενθαρρύνοντας τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές από άλλες περιοχές της χώρας ή ακόμα και από διαφορετικές χώρες να συμμετάσχουν και να συνεργαστούν στην έρευνα των ίδιων επιστημονικών θεμάτων. Παράλληλα, όμως, θα μπορούσε να γίνει μια διεθνής δραστηριότητα μεγάλης κλίμακας, όπου οι μαθητές από διαφορετικές χώρες επικοινωνούν δημιουργικές ιδέες και τις δικές τους επιστημονικές αντιλήψεις. Σε αυτή την περίπτωση, συνιστάται ιδιαίτερα η χρήση της «πύλης Open Discovery Space» (<http://www.opendiscovery.space.eu/community/greek-student-parliament-science834221>) ως χώρου συνεργασίας.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το Ευρωπαϊκό Έργο CREATIONS (CREATIONS (<http://creations-project.eu/>) στηρίζεται στο παιδαγωγικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε από το ευρωπαϊκό έργο CREAT-IT (<http://creatit-project.eu/>). Η πρωτοβουλία ακολουθεί τις αρχές της Διακήρυξης των Επιστημών Αγωγής, της Δημιουργικότητας, της Υπεύθυνης, Αποτελεσματικής έρευνας και προβλέπει την ανάπτυξη της δημιουργικότητας στην τάξη (<http://www.opendiscoveryspace.eu/community/culture-creativity-curiosity-413201>). Οι δράσεις των εκπαιδευτικών σεναρίων υλοποιούνται από το Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (<http://www.ppp.uoa.gr/>) και από τον οργανισμό Science View (<http://www.scienceview.gr/>) σε συνεργασία με την Ελληνογερμανική Αγωγή (<https://www.ea.gr/ea/index.asp?lag=en>).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Hung, I-Chun , Hsu, Hsiu-Hao, Chen, Nian-Shing, Kinshuk. (2015). Communicating through body: a situated embodiment-based strategy with flag semaphore for procedural knowledge construction. *Educational Technology Research and Development*, 63, (5), pp 749-769.
- Kourkoumelis, C. and Vourakis, S. (2014). HYPATIA-An online tool for ATLAS event visualization. *Physics Education*, 49,(1), pp 21-32 [Retrieved May 2016, available online at <http://iopscience.iop.org/0031-9120/49/1/21/>]
- Kynigos, C., Smyrnaïou, Z., & Roussou, M. (2010, June). Exploring rules and underlying concepts while engaged with collaborative full-body games. In *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 222-225). ACM.
- Lemke, J.L. (2009). Teaching All the Languages of Science: Words, Symbols, Images, and Actions. [Retrieved May 2016, available online at <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm>]
- Maximiliane F. Schumm & Franz X. Bogner (2016) Measuring adolescent science motivation, *International Journal of Science Education*, 38:3, 434-449, DOI: 10.1080/09500693.2016.1147659
- Smyrnaïou Z., Sotiriou M., Sotiriou S. & Georgakopoulou E. (2017). *The Learning Science Through Theatre initiative in the context of Responsible Research and Innovation*, In *The 15th International Conference on Education and Information Systems, Technologies and Applications: EISTA 2017 in the context of The 11th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics: IMSCI 2017, July 8 - 11, 2017 - Orlando, Florida, USA* <http://www.iiis2017.org/imsci/website/about.asp?vc=5>
- Smyrnaïou Z., Sotiriou M., Sotiriou S. & Georgakopoulou E. (2017). *Multi- Semiotic systems in STEMS: Embodied Learning and Analogical Reasoning through a Grounded- Theory approach in theatrical performances*. WSEAS transactions on Advances on Engineering Education, vol. 14 pp. 99-114.

- Smyrnaïou Z., Sotiriou M., Sotiriou S. (2017). *What Does Scientific Theatre Do? Toward an Inquiry- based and Semiotic Theory through a Cultural approach*. International Journal of Education and Learning Systems, vol. 2, pp. 47-58.
- Smyrnaïou Z., Sotiriou M., Georgakopoulou E., Papadopoulou O. (2016). “*Connecting Embodied Learning in educational practice to the realisation of science educational scenarios through performing arts*”, International Conference « Inspiring Science Education », Athens 22-24 April, pp. 37-45.
- Smyrnaïou, Z., Kynigos, C. (2012). Interactive Movement and Talk in Generating Meanings from Science, IEEE Technical Committee on Learning Technology, Special Theme "Technology-Augmented Physical Educational Spaces" Hernández Leo, D. (Ed). Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology, 14, (4), 17-20. [Retrieved May 2016, available online at <http://www.ieeetclt.org/content/bulletin-14-4>].
- Smyrnaïou, Z. & Evripidou, R. (2012). Learning to Learn Science Together with the Metafora tools. In Roser Pintó, Víctor López, Cristina Simarro, Proceedings of 10th International Conference on Computer Based Learning in Science in Science (CBLIS), Learning science in the society of computers, 26th to 29th June 2012, Barcelona, Catalonia/Spain, 132-139, 2012.
- Smyrnaïou, Z., Moustaki, F., Yiannoutsou, N., & Kynigos, C. (2012). Interweaving meaning generation in science with learning to learn together processes using Web 2.0 tools. Themes in Science & Technology Education, 5(1/2), 27-42 [Retrieved May 2016, available online at <http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/105>].
- Zacharia, Z. (2003) Beliefs, attitudes and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. Journal of Research in Science Teaching, 40 (8), 792-823.
- Σωτηρίου, Σ., Ξανθοδάκη, Μ., Calcagnini, S., Ζερβός, Π., Sampson, D. G., Bogner, F. X. (2012). Pathway: Διερευνητικές διαδρομές στη διδασκαλία των επιστημών – Οδηγός καθηγητή. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ανάκτηση 25 Μαΐου 2016, από [http://pathway.ea.gr/sites/default/files/d4.3\\_GREEK.pdf](http://pathway.ea.gr/sites/default/files/d4.3_GREEK.pdf).

# Μαύρα Κουτιά (Black Boxes) στη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

**Άννα Κουμαρά<sup>1</sup> και Κατερίνα Πλακίτση<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, anniekmr@gmail.com

<sup>2</sup> Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kplakits@gmail.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Τα Μαύρα Κουτιά είναι κλειστές κατασκευές που δεν επιτρέπουν να φανεί το περιεχόμενό τους. Πολιτισμικά-Ιστορικά, χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία ως εργαλεία για τη διδασκαλία περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και πιο πρόσφατα για την ανάδειξη χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε.. Οι δράσεις για την αποκάλυψη του περιεχομένου των Μαύρων Κουτιών αναπαριστούν το πώς δουλεύουν οι επιστήμονες, όταν αντιμετωπίζουν συστήματα που δεν μπορούν να παρατηρήσουν άμεσα. Είναι ιδανικά για δράσεις διερεύνησης, όπου οι μαθητές επιχειρούν να επινοήσουν τρόπους επίλυσης προβλήματος. Το παρόν Μαύρο Κουτί περιέχει στοιχεία ηλεκτρικών κυκλωμάτων και χρησιμοποιήθηκε ως εκπαιδευτικό υλικό σε Σεμινάριο Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών ΠΕ.04. Οι εκπαιδευόμενοι καλούνται, χωρίς οδηγίες, να προσδιορίσουν το περιεχόμενό του, χρησιμοποιώντας καλώδια, λαμπτήρες, μπαταρίες και πωζίδα. Τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται είναι: οι παρατηρήσεις διαφέρουν από τα συμπεράσματα, η επιστημονική γνώση φαίνεται αρχικά υποκειμενική, ενώ μέσω αλληλεπιδράσεων μετασχηματίζεται σε περισσότερο αντικειμενική και τέλος αποβαίνει αβέβαιη, καθώς το Μαύρο Κουτί δεν ανοίγει, επομένως δεν υπάρχει επιβεβαίωση του περιεχομένου του. Οι δράσεις ερμηνεύονται και υπό το πρίσμα της πολιτισμικής ιστορικής θεωρίας.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** φύση των Φυσικών Επιστημών, διερεύνηση, ηλεκτρικά κυκλώματα, Μαύρα (ή Μυστηριώδη) Κουτιά

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Μαύρα (ή αλλιώς Μυστηριώδη) Κουτιά, είναι κλειστές κατασκευές που δεν αφήνουν να φανεί το περιεχόμενό τους. Η προσπάθεια για την εξαγωγή συμπεράσματος σχετικά με το πιθανό περιεχόμενο (εσωτερική δομή) του Μαύρου Κουτιού απαιτεί επαναλαμβανόμενες μεταβολές, μετρήσεις ή/και παρατηρήσεις στην είσοδο και την έξοδο του (βλ. Σχήμα 1), χωρίς όμως το Μαύρο Κουτί να ανοίξει. Μάλιστα, είναι δυνατόν να

υπάρχουν περισσότερα του ενός προτεινόμενα μοντέλα για την εσωτερική δομή ενός Μαύρου Κουτιού που να είναι συμβατά με τις παρατηρήσεις (Rode & Friege, 2017).

**Σχήμα 1:** Η ενασχόληση με τα πειράματα Μαύρου Κουτιού (Rode & Friege, 2017)



Από τις πρώτες εφαρμογές Μαύρου Κουτιού στην εκπαίδευση στις Φ.Ε., επισημαίνουμε αυτή του Wray (1974), όπου πρωτοετείς φοιτητές καλούνται, μέσω μεταβολών και μετρήσεων στην είσοδο και την έξοδο του κουτιού να προσδιορίσουν τη συνδεσμολογία ηλεκτρικών κυκλωμάτων που βρίσκονται στο εσωτερικό του. Σκοπός της χρήσης του Μαύρου Κουτιού ήταν η κινητοποίηση φοιτητών όλων των επιπέδων με μια δημιουργική δραστηριότητα για την επίλυση απαιτητικών προβλημάτων Φυσικής. Ιστορικά, αντίστοιχα παραδείγματα παρουσιάζονται στα άρθρα των Keller & Wang (1994), Terry (1995) και Rode & Friege (2017), που χρησιμοποιούν Μαύρα Κουτιά για διδασκαλία περιεχομένου Φυσικής, με σκοπό την πρόκληση ενδιαφέροντος, την αύξηση της περιέργειας, τη βελτίωση της ικανότητας διατύπωσης ερωτήσεων και τον έλεγχο της γνώσης των μαθητών πάνω στο γνωστικό περιεχόμενο. Παράλληλα, τα Μαύρα Κουτιά έχουν χρησιμοποιηθεί στο πειραματικό μέρος Ολυμπιάδων Φυσικής, όπου οι μαθητές καλούνται να πραγματοποιήσουν μετρήσεις στοιχείων που βρίσκονται μέσα στο Μαύρο Κουτί και στη συνέχεια να υπολογίσουν το ζητούμενο με εφαρμογή τύπων (Chakrabarti et al, 2013). Τέλος, τα Μαύρα Κουτιά χρησιμοποιούνται στη Διδακτική των Φ.Ε. και για την ανάδειξη χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε μέσα από δραστηριότητες επιστημονικής διερεύνησης (Bell, 2008).

### **ΦΥΣΗ ΤΩΝ Φ.Ε., ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ & ΜΑΥΡΑ ΚΟΥΤΙΑ**

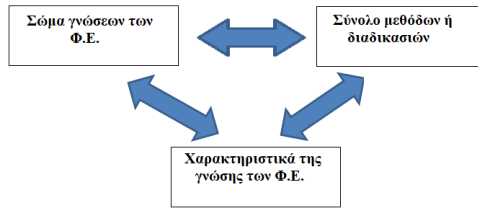
Οι επιστήμονες, συχνά καλούνται να ερευνήσουν «πράγματα» – και να βγάλουν συμπεράσματα για τη σύσταση και τη λειτουργία τους – που δεν μπορούν να δουν ή να αγγίξουν επειδή είναι πολύ μικρά (π.χ. εσωτερικό του ατόμου, στοιχειώδη σωματίδια ή οτιδήποτε σχετίζεται με την Πυρηνική Φυσική), πολύ μεγάλα και μακρινά (π.χ. αστέρια, Μαύρες Τρύπες, αστέρες νετρονίων ή οτιδήποτε σχετίζεται με το σύμπαν) ή γενικότερα απρόσιτα (π.χ. η σύσταση του εσωτερικού της Γης). Τα προηγούμενα προσομοιάζουν με Μαύρα Κουτιά για τα οποία οι επιστήμονες καλούνται να βγάλουν συμπεράσματα για τη δομή ή/και τη λειτουργία τους χωρίς να έχουν άμεση πρόσβαση σε αυτά και προφανώς χωρίς να μπορούν να τα «ανοίξουν».

Θεωρείται σημαντικό να κατανοήσουν οι μαθητές, από μικρή ηλικία, ότι οι επιστήμονες σε ορισμένα ερευνητικά αντικείμενα δεν μπορούν να κάνουν άμεσες παρατηρήσεις. Οπότε, με έμμεσες μεθόδους καταλήγουν σε συμπεράσματα και

σχεδιάζουν μοντέλα, τα οποία περιγράφουν τη δομή αυτών των αντικειμένων ή/και τους τρόπους συμπεριφοράς και αλληλεπίδρασής τους με τον υπόλοιπο κόσμο. Αυτά τα μοντέλα ελέγχονται αν παράγουν επαναλήψιμα αποτελέσματα και αναθεωρούνται είτε από καινούριες παρατηρήσεις που μπορεί να γίνουν με τη βοήθεια νέων βελτιωμένων οργάνων είτε λόγω μιας νέας δημιουργικής ιδέας, ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις καταγεγραμμένες ενδείξεις.

Τα παραπάνω συνδέονται με τη φύση των Φ.Ε. Σήμερα θεωρείται σημαντική η ενσωμάτωση της φύσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία των Φ.Ε., καθώς αποτελεί μέρος της ποιότητας στην εκπαίδευση στις Φ.Ε. (του επιστημονικού γραμματισμού) (Bell et al, 2013). Με τον όρο «φύση των Φ.Ε.» εννοούνται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε., που τις διαφοροποιούν από τις γνώσεις άλλων τομέων. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι ότι η επιστημονική γνώση: i) βασίζεται σε παρατηρήσεις, οι οποίες οδηγούν σε συμπεράσματα, τα οποία είναι διαφορετικό είδος γνώσης από τις παρατηρήσεις, ii) στηρίζεται – ή τουλάχιστον επιβεβαιώνεται από την – στην εμπειρία αλλά περιλαμβάνει την ανθρώπινη φαντασία και δημιουργικότητα, iii) δεν είναι απόλυτη και σίγουρη, υπόκειται σε αλλαγές όταν οι παρατηρήσεις δεν ερμηνεύονται με την υπάρχουσα θεωρία, iv) είναι υποκειμενική, καθώς οι επιστήμονες είναι άνθρωποι με ορισμένο τρόπο σκέψης, γνώσεις, πεποιθήσεις κ.λπ. αλλά και αντικειμενική καθώς η επιστημονική κοινότητα κρίνει τη δουλειά των μεμονωμένων επιστημόνων, v) επηρεάζει και επηρεάζεται από τις υπάρχουσες κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές συνθήκες και τέλος vi) οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη γνώσης (Lederman et al, 2014). Η φύση των Φ.Ε. ενσωματώνεται στη διδασκαλία των Φ.Ε. με τρεις τρόπους: α) μέσω της διδασκαλίας της Ιστορίας των Φ.Ε. β) μέσω της διδασκαλίας κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων και γ) μέσω της επιστημονικής διερεύνησης (Lederman, 2009). Η επιστημονική διερεύνηση αναφέρεται στις διαδικασίες και τις μεθόδους που ακολουθούνται στις επιστημονικές έρευνες. Σημειώνεται ότι πολλά σχολικά εγχειρίδια Φ.Ε., των ελληνικών συμπεριλαμβανομένων, κάνουν λόγο για τη μία «Επιστημονική Μέθοδο», η οποία έχει αυστηρά καθορισμένα βήματα. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλές επιστημονικές μέθοδοι, κάτι που αποτελεί χαρακτηριστικό της επιστημονικής διερεύνησης και όχι της φύσης των Φ.Ε. (Lederman et al, 2014). Η επιστημονική διερεύνηση χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση για να «μυηθούν» οι μαθητές στον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες.

Η επιστημονική διερεύνηση και η φύση των Φ.Ε. αλληλοσυμπληρώνονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και για τη διδασκαλία των Φ.Ε. είναι εξίσου σημαντικές με το σώμα γνώσεων: για να θεωρηθεί ένα μάθημα αποτελεσματικό, δεν αρκεί οι μαθητές να έχουν κατακτήσει ένα σώμα γνώσεων (ορισμούς, νόμους, τύπους), αλλά επιπλέον να έχουν καταλάβει το σύνολο των μεθόδων ή διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των Φ.Ε. (επιστημονική διερεύνηση) αλλά και το ποια είναι τα χαρακτηριστικά της γνώσης των Φ.Ε. (φύση των Φ.Ε.) (Lederman et al, 2014· Bell, 2008 σελ. 13-18), βλέπε σχήμα 2. Ανάμεσα στα ισχυρά διαμεσολαβητικά εργαλεία προς την επίτευξη των προηγούμενων, μπορούν να θεωρηθούν και τα Μαύρα Κουτιά και, ειδικότερα, για το συνδυασμό των τριών συνιστωσών της διδασκαλίας των Φ.Ε., όπως στο Σχήμα 2.

**Σχήμα 2:** Το περιεχόμενο της διδασκαλίας των Φ.Ε.

Πέρα από τον όρο «Μαύρα Κουτιά», στη βιβλιογραφία της τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης εμφανίζονται παρόμοια εκπαιδευτικά υλικά με το όνομα «Μυστηριώδη Κουτιά» (όπως έχει αποδοθεί στην ελληνική βιβλιογραφία ο όρος «Mystery boxes»), στόχος των οποίων είναι επίσης η εμπλοκή των – συνήθως νεαρότερων – μαθητών σε δραστηριότητες διερεύνησης και η διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε., χωρίς τις περισσότερες φορές να υπάρχει η απαίτηση ειδικού σώματος γνώσεων Φ.Ε.. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί το εκπαιδευτικό πακέτο «mystery boxes» του Science Museum του Λονδίνου<sup>1</sup>, όπου οι μαθητές προσπαθούν να ανακαλύψουν τι υπάρχει μέσα σε κλειστά κουτιά, κουνώντας, ζυγίζοντας, τοποθετώντας μαγνήτες ή οτιδήποτε άλλο νομίζουν ότι θα είναι χρήσιμο. Τα κουτιά δεν είναι δυνατόν να ανοίξουν, οπότε κανένας δεν ξέρει τι πραγματικά περιέχεται μέσα στο κουτί, (πιθανά η παρατήρηση με άλλο «όργανο» να έδειχνε και κάτι άλλο). Παραδείγματα εφαρμογής υπάρχουν στη χώρα μας και για παιδιά Δημοτικού<sup>2</sup>. Αντίστοιχες προτάσεις υπάρχουν από το University of California<sup>3</sup>, με μια διάταξη που «αλλάζει» το χρώμα του νερού που εισάγεται στο κουτί, για μαθητές Γυμνασίου, καθώς επίσης η πρόταση από τις πηγές εκπαιδευτικού υλικού της Νέας Ζηλανδίας<sup>4</sup>.

Τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται στα παραπάνω παραδείγματα είναι η διαφορά των παρατηρήσεων από τα συμπεράσματα, η εμπειρική βάση των Φ.Ε., η δημιουργικότητα, η αβεβαιότητα της επιστημονικής γνώσης, η υποκειμενικότητα του επιστήμονα και η ενίσχυση της αντικειμενικότητας μέσω της συζήτησης και των ποικίλων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επιστημόνων. Παράλληλα επιτυγχάνονται στόχοι όπως ότι οι μαθητευόμενοι συνεργάζονται μεταξύ τους, παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους στην τάξη και επιχειρηματολογούν (Roth, Goulart & Plakitsi, 2013).

<sup>1</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=hud8SPCcfu0>, <https://transformingpractice.sciencemuseum.org.uk/science-engagement-reflection-tool-extending-the-experience/>

<sup>2</sup> <http://efepereth.wikidot.com/mystery-boxes>, Σπινέλη, 2014

<sup>3</sup> <http://www.seplessons.org/node/387>

<sup>4</sup> <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/430-observation-and-the-mystery-box>



## **ΜΑΥΡΟ ΚΟΥΤΙ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ.**

### **Πληθυσμός - Στόχοι**

Το Μαύρο Κουτί που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία περιέχει στοιχεία ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Από τους μαθητευόμενους ζητείται να προσδιορίσουν το περιεχόμενό του κάνοντας διάφορες ενέργειες και παρατηρήσεις, χωρίς να το ανοίξουν. Στο τέλος ακολουθεί συζήτηση και γίνονται σαφείς συσχετισμοί με χαρακτηριστικά της φύσης της Φ.Ε.. Η δραστηριότητα παρουσιάστηκε σε Πρόγραμμα Επιμόρφωσης 49 Καθηγητών ΠΕ.04 για τη φύση των Φ.Ε. και για τρόπους εισαγωγής της στη διδασκαλία των Φ.Ε. στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Το πρόγραμμα, διάρκειας 12 ωρών, πραγματοποιήθηκε την Άνοιξη του 2018 σε συνεργασία με τα ΕΚΦΕ Θεσσαλονίκης στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής.

Στόχοι, όσον αφορά στην ανάδειξη χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε., είναι οι συμμετέχοντες να είναι ικανοί, στο τέλος της δραστηριότητας:

- να κάνουν διαχωρισμό μεταξύ παρατηρήσεων και συμπερασμάτων
- να σχεδιάζουν πώς μπορούν να ληφθούν τα δεδομένα έμμεσα, με τη διενέργεια οπτικών και μη παρατηρήσεων
- να αναγνωρίζουν ότι οι επιστήμονες θέτουν ερωτήσεις, ελέγχουν και αναθεωρούν τις απόψεις τους βάσει αποδεικτικών στοιχείων (για τη συλλογή των στοιχείων απαιτείται φαντασία, δημιουργικότητα αλλά και συστηματική επιστημονική εργασία σε μια σχέση διαλεκτικής συμπληρωματικότητας)
- να κατανοούν ότι η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική ως ανθρώπινη δραστηριότητα
- να κατανοούν ότι η επιστημονική γνώση είναι αβέβαιη ως ένα έργο πάντα σε εξέλιξη (κανείς δε βλέπει τι τελικά περιέχει το κουτί)
- να γνωρίζουν ότι η επιστημονική γνώση μπορεί να αλλάξει αν μια νέα παρατήρηση δεν ερμηνεύεται με την υπάρχουσα γνώση (λόγω εξέλιξης της τεχνολογίας μπορεί να έχει παραχθεί νέο όργανο), είτε αν παλιές ερμηνείες μπορούν να ερμηνευτούν παραγωγικότερα με βάση μια καινούργια ιδέα ενός επιστήμονα
- να δείχνουν ότι η επιστημονική γνώση είναι μια συνεργατική επιχείρηση που υπόκειται σε δημόσιο διάλογο και κριτική και ότι η αβεβαιότητα μπορεί να μειωθεί, αντίστοιχα να αυξηθεί η αντικειμενικότητα, μέσω της συνεργασίας

Η σχεδίαση του προγράμματος επιμόρφωσης ακολούθησε μετά από έρευνα που διεξήχθη στο πλαίσιο της ίδιας διδακτορικής διατριβής για τη διδασκαλία της φύσης των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Από την έρευνα προέκυψε ότι οι απόφοιτοι της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης έχουν πολύ πρώιμες απόψεις για τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε., ενώ η πλειοψηφία των καθηγητών συνήθως αποφεύγει να τα συμπεριλάβει στη διδασκαλία (Koumara & Plakitsi, 2017).

### **Παρουσίαση του μαθήματος**

Το μάθημα είχε αρχικά σχεδιαστεί να γίνει ως εξής: Οι συμμετέχοντες χωρίζονται σε ομάδες των 4 ατόμων και σε κάθε ομάδα δίνονται τα υλικά: ένα Μαύρο Κουτί, μια πλακέ

μπαταρία 4,5V, ένα κλασικό λαμπάκι φακού 3,6V μέσα στη βάση του, μια πυξίδα, καλώδια με κροκοδειλάκια στις άκρες τους. Τους ζητείται να βρουν τι περιέχει το Μαύρο Κουτί, κάνοντας ό,τι αυτοί κρίνουν κατάλληλο. Το μάθημα κλείνει με συζήτηση στο σύνολο της τάξης για να εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα. Με τον τρόπο αυτό το μάθημα γίνεται ανάλογο της επιστημονικής έρευνας: κάθε ερευνητική ομάδα επιστρατεύει τη δημιουργικότητα των μελών της για να σχεδιάσει και να πραγματοποιήσει την ερευνά της, από τις παρατηρήσεις της καταλήγει στα δικά της (υποκειμενικά) συμπεράσματα τα οποία ανακοινώνει και προσπαθεί να υποστηρίξει στη συζήτηση με την υπόλοιπη επιστημονική κοινότητα. Τελικά, η συζήτηση οδηγεί στα κατά τεκμήριο πιο αντικειμενικά συμπεράσματα.

Ο μεγάλος αριθμός όμως των 49 συναδέλφων, η έλλειψη τραπεζιών στο χώρο που πραγματοποιήθηκε το σεμινάριο και ο περιορισμένος χρόνος οδήγησαν σε τρόπο διερεύνησης όπου οι μαθητευόμενοι πρότειναν ενέργειες, ο παρουσιαστής του σεμιναρίου τις εκτελούσε, οι μαθητευόμενοι συζητούσαν τις παρατηρήσεις τους και με βάση αυτές κατέληγαν σε συμπεράσματα για το τι μπορεί να περιέχει το Μαύρο Κουτί. Το Μαύρο Κουτί (βλέπε σχήμα 3) είναι ένα παραλληλεπίπεδο χαρτοκούτι φτιαγμένο από τσακισμένο χαρτόνι διαστάσεων 35cm x 30cm x 5cm, από τις δυο στενές πλευρές του οποίου έβγαιναν δυο διπλά καλώδια με χρώματα μπλε και καφέ (Α, Β, Γ και Δ στο σχήμα 3).

**Σχήμα 3:** Η εξωτερική εμφάνιση του Μαύρου Κουτιού



Πάνω από τις θέσεις των καλωδίων Α και Β ήταν γραμμένη η λέξη ΕΙΣΟΔΟΣ (για να διευκολύνει χρονικά τη διερεύνηση, μιας κι έτσι υποδεικνύεται να συνδεθεί η μπαταρία μόνο στις θέσεις Α και Β).

Στη συνέχεια δίνονται περιληπτικά σε μορφή πίνακα μερικές από τις ενέργειες που πρότειναν οι συμμετέχοντες και οι παρατηρήσεις τους, όπως αυτές προκύπτουν από τις εκτενείς σημειώσεις που κρατήθηκαν από την υποψήφια διδάκτορα κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης αυτής της δραστηριότητας:

**Πίνακας 1:** Ενέργειες και παρατηρήσεις κατά τη διδασκαλία του Μαύρου Κουτιού

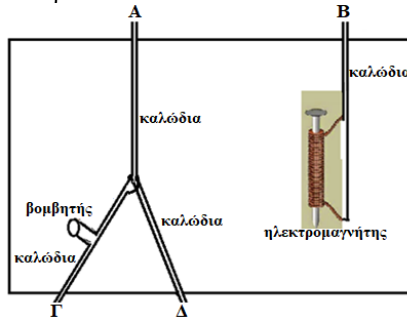
| ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ |
|-----------|--------------|
|-----------|--------------|

- 
- |  |   |
|--|---|
| 1. Συνδέεται η μπαταρία στη θέση Α και η λάμπα στη θέση Δ  | 1. Η λάμπα ανάβει   |
| 2. Με τη μπαταρία συνδεδεμένη στη θέση Α συνδέεται η λάμπα στη θέση Γ  | 2. Η λάμπα δεν ανάβει   |
| 3. Συνδέεται πάλι η μπαταρία στη θέση Α αλλά με ανάστροφη πολικότητα (δηλ. ο θετικός πόλος της μπαταρίας να συνδεθεί με το καφέ αντί με το μπλε καλώδιο) από ότι πριν και η λάμπα παραμένει στη θέση Γ | 3. Η λάμπα δεν ανάβει αλλά ακούγεται ήχος βομβητή από το εσωτερικό του κουτιού  |
| 4. Συνδέεται η μπαταρία στη θέση Β (και με τις δυο δυνατές πολικότητες) και η λάμπα στη θέση Γ ή στη θέση Δ  | 4. Η λάμπα δεν ανάβει ούτε ακούγεται κάποιος βόμβος   |
| 5. Συνδέεται η μπαταρία στη θέση Β και τοποθετείται η πυξίδα σε διάφορες θέσεις στην επιφάνεια του κουτιού   | 5. Σε μια περιοχή της επιφάνειας του κουτιού η βελόνα αποκλίνει και στριφογυρίζει.  |
| 6. Η μπαταρία συνδέεται στη θέση Β με διαφορετική πολικότητα   | 6. Η πυξίδα περιστρέφεται με αντίθετη φορά. Η φορά της απόκλισης ή της περιστροφής εξαρτάται από την πολικότητα σύνδεσης της μπαταρίας      |
| 7. Συνάδελφος πρότεινε αντί για πυξίδα να χρησιμοποιηθεί κινητό τηλέφωνο που διαθέτει ανιχνευτή μαγνητικού πεδίου και κατάλληλο λογισμικό (πχ. Physics Toolbox Suite)                                  | 7. Έντονη ένδειξη της ύπαρξης του μαγνητικού πεδίου και αναστροφή των ενδείξεων με την αναστροφή της πολικότητας στη σύνδεση της μπαταρίας. |
- 

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις βγήκαν, μετά από συζήτηση και επιχειρηματολογία, τα εξής συμπεράσματα:

1. Το καλώδιο από τη θέση Α καταλήγει στη θέση Δ (Παρατήρηση 1)
2. Το καλώδιο από τη θέση Α κάπου διακλαδίζεται και ο δεύτερος κλάδος της διακλάδωσης καταλήγει στη θέση Γ. Σε αυτή τη διακλάδωση είναι συνδεδεμένος ένας βομβητής με πολικότητα (Παρατηρήσεις 2 και 3). Η προσθήκη της λάμπας κλείνει το κύκλωμα, άρα ο βομβητής είναι σε σειρά, και η λάμπα δεν ανάβει γιατί ο βομβητής έχει μεγάλη αντίσταση. Ο θετικός πόλος (το κόκκινο καλώδιο) του βομβητή είναι συνδεδεμένος με το καφέ καλώδιο προς το μέρος του θετικού πόλου της μπαταρίας (Παρατήρηση 3)
3. Το καλώδιο από τη θέση Β καταλήγει σε ηλεκτρομαγνήτη που υπάρχει στο εσωτερικό του κουτιού (παρατηρήσεις 5, 6 και 7)

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεράσματα μια τομή του Μαύρου Κουτιού μπορεί να είναι αυτή που ακολουθεί στο σχήμα 4:

**Σχήμα 4:** Μια τομή του Μαύρου Κουτιού

Στο σημείο αυτό θα μπορούσε να κατασκευαστεί ένα μοντέλο του κουτιού, για να αποδειχτεί αν ένα Μαύρο Κουτί με αυτή την προτεινόμενη δομή λειτουργεί όπως το υπό έρευνα Μαύρο Κουτί, κάτι που δεν επέτρεψε ο χρόνος να γίνει. Σημειώνουμε ότι από τη στιγμή που το κουτί δεν ανοίγεται δεν μπορούμε να είμαστε βέβαιοι ότι αυτή είναι η δομή του. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να υπάρχει μικρή αντίσταση συνδεδεμένη σε σειρά με τον βομβητή ή μεγάλη ωμική αντίσταση συνδεδεμένη παράλληλα με τον βομβητή και να μην ανιχνεύεται. Τέλος συζητήθηκαν με τους συμμετέχοντες στο σεμινάριο τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται με αυτή τη δραστηριότητα (βλέπε στόχους παραπάνω). Για ασφαλέστερη συναγωγή συμπερασμάτων, σε σχέση με την αποτελεσματικότητα της δραστηριότητας στην επιμόρφωση καθηγητών ΠΕ04 στη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε., σχεδιάζεται επανεκτέλεση της δραστηριότητας με μικρό αριθμό εκπαιδευτικών, π.χ. με 3-4 τριμελείς ομάδες όπου η κάθε ομάδα θα εργαστεί αυτόνομα και στο τέλος θα υπάρχει συζήτηση στην ολομέλεια. Σημειώνεται ότι στη βιβλιογραφία τονίζεται ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. πρέπει να δηλώνονται ρητά και με σαφήνεια στους μαθητευόμενους (Schwartz & Crawford, 2006 Piliouras et al, 2017).

Οι συμμετέχοντες έκριναν θετικά τη δραστηριότητα και όταν στο τελευταίο τρίωρο του σεμιναρίου παρουσίασαν εργασίες τους για τη συμπερίληψη της φύσης των Φ.Ε. στη διδασκαλία τους παρουσίασαν εργασίες με Μαύρα Κουτιά, όπως για παράδειγμα ανίχνευση χημικών δεσμών από ιδιότητες ουσιών, ηλεκτρικά κυκλώματα, προσδιορισμός ηλεκτρικών στοιχείων και τρόπου συνδεσμολογίας. Πέραν τούτου σε προσωπικές συνεντεύξεις, που ελήφθησαν από την υποψήφια διδάκτορα για την αποτίμηση του επιμορφωτικού σεμιναρίου, οι μετέχοντες επέλεξαν αυτή τη δραστηριότητα ως μία από τις πλέον ενδιαφέρουσες, πρωτότυπες, εφαρμόσιμες στην τάξη και αποτελεσματικές για τη διδασκαλία του θέματος. Τέλος ενδεικτικό του ενδιαφέροντος των συμμετεχόντων θεωρείται και το γεγονός ότι ζήτησαν να δανειστούν το Μαύρο Κουτί για να το μελετήσουν μόνοι τους πιο εκτεταμένα.

## ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΤΑΞΗ

Το προτεινόμενο Μαύρο Κουτί μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη Φυσική Γενικής Παιδείας της Β΄ Λυκείου, μετά το τέλος του 2<sup>ου</sup> κεφαλαίου, ενώ ύστερα από διδακτικό μετασχηματισμό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στη Γ΄ Γυμνασίου στο κεφάλαιο των ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Προτείνεται να γίνει αφού ολοκληρωθεί η διδασκαλία των αντίστοιχων κεφαλαίων, με τους μαθητές χωρισμένους σε ομάδες. Οι μαθητές θα σχεδιάσουν οι ίδιοι τις ενέργειές τους, ώστε χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα υλικά να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και με βάση αυτές να σχεδιάσουν μία τομή του εσωτερικού του κουτιού, ενώ θα μπορούσαν και να την κατασκευάσουν, ώστε να επιβεβαιώσουν ότι οι παρατηρήσεις τους ισχύουν. Παράλληλα θα ήταν δυνατόν να χρησιμοποιούν ψηφιακές δραστηριότητες<sup>1</sup> αλλά και αυτές που προτείνονται στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για την Υποχρεωτική Εκπαίδευση<sup>2</sup>. Ο εκπαιδευτικός διαμεσολαβεί στις δράσεις των ομάδων μειώνοντας τις ιεραρχικές σχέσεις. Ακολουθεί η παρουσίαση των παρατηρήσεων και συμπερασμάτων στην τάξη, γίνεται σύγκριση ανάμεσα στις ομάδες, συζητούνται οι διαφοροτικές απόψεις. Τέλος, συζητούνται τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. που αναδεικνύονται σε αυτή τη δράση, με τρόπο ρητό και σαφή.

Εναλλακτικά, είναι δυνατό το σύνολο της τάξης να δουλεύει με το δάσκαλο, να καταγράφονται οι παρατηρήσεις στον πίνακα και στη συνέχεια να αποφασίζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν. Το πείραμα επίδειξης, αν και παρουσιάζει ισχυρή περιχάραξη και ιεραρχία, συχνά διαμεσολαβεί καταλυτικά και εισάγει τους μαθητές στις μεθόδους των Φ.Ε., ώστε να εξοικειωθούν με αυτόν τον τρόπο εργασίας και ο εκπαιδευτικός εστιάζει στη συζήτηση (βλ. και Κουμαράς, 2017, σελ. 177-190). Αντίστοιχοι τρόποι αντιμετώπισης διερευνητικών εργασιών προτείνονται από επίσημες πηγές του NRC (NGSS, 2013<sup>3</sup>. Michaels et al, 2008, σελ. 66-69).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bell, R. (2008). *Teaching the Nature of Science Through Process Skills: Activities for Grades 3-8*, Allyn & Bacon.
- Bell, R. Maeng, J. and Peters, E. (2013) *Teaching About Scientific Inquiry and the Nature of Science: Toward a More Complete View of Science*, The Journal of Mathematics and Science: Collaborative Explorations, Vol. 13, pp. 5-25.
- Chakrabarti, B. Pathare, S. Huli S. Nachane, M. (2013). *Experimental determination of unknown masses and their positions in a mechanical black box*, Physics Education, 48(4), pp. 477-483.
- Keller, C. Wang, Y. (1994). *A golden oldie – A Black Box Circuit*, The Physics Teacher, Vol. 32, pp. 222-223.

---

<sup>1</sup> Π.χ. Φωτόδεντρο (<http://photodentro.edu.gr>)

<sup>2</sup><http://ebooks.edu.gr/info/newsp/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B5%CF%82/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%93%CF%85%CE%BC%CE%BD%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%BF%CF%85.pdf>

<sup>3</sup> <http://www.nextgenscience.org/>

- Koumara, A., Plakitsi, K. (2017). *The nature of science in lower secondary school: the case of Greece*. Science Education: Research and Praxis, Vol. 4-65, pp.104-114.
- Κουμαράς, Π. (2017). *Διδάσκοντας Φυσική Αύριο*, Gutenberg
- Lederman J.S. (2009). *Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and open-ended levels*. In: National Geographic Science: Best Practices and Research Base. Hapton-Brown, pp. 8-20.
- Lederman, N.G. Antink, A. Bartos, S. (2014). *Nature of Science, Scientific Inquiry and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientific Literate Citizenry*, Science & Education, Vol. 23, No. 2, pp. 285-302.
- Michaels, S. Shouse, A.W. Schweingruber, H.A. (2008). *Ready Set Science*, National Research Council
- Piliouras, P., Plakitsi, K., Seroglou, F., & Papantoniou, G. (2017). *Teaching Explicitly and Reflecting on Elements of Nature of Science: a Discourse-Focused Professional Development Program with Four Fifth-Grade Teachers*, Research in Science Education, pp. 1-28.
- Roth, W.M., Goulart, M.I., Plakitsi, K. (2013). Magnifying Effects with LIGHT. In Roth, W.-M., Goulart, M.I.M., Plakitsi, K., *Science Education during Preschool Years. A Cultural-Historical Approach*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, pp. 181-200.
- Rode, H. Friege, G. (2017). *Nine optical black-box experiments for lower-secondary students*, Physics Education 52(3).
- Schwartz, R. Crawford, B. (2006). *Authentic Scientific Inquiry as Content for Teaching Nature of Science*, In Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning and Teacher Education, Edited by Flick L.B. and Lederman N.G, Springer, pp. 331-355.
- Terry, C. (1995). *Black-box Electrical Circuits*, The Physics Teacher, Vol. 33, pp. 386-387.
- Wray, E.M. (1974). *The black box principle*, Physics Education, 50 (9), pp. 50-52.

# Διδακτικές παρεμβάσεις για τη μεταβολή των αντιλήψεων των φοιτητών του ΠΤΔΕ σε έννοιες της θερμότητας

Γεώργιος Στύλος<sup>1</sup> και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, gstylos@gmail.com

<sup>2</sup>ΠΤΔΕ, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, kkotsis@uoi.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα πιλοτικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε φοιτητές του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με την επίδραση και τις επιπτώσεις μιας σειράς διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις τους στην θερμική αγωγιμότητα και τη μόνωση. Οι διδακτικές παρεμβάσεις βασίστηκαν στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως οι φοιτητές είχαν εσφαλμένες αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα της θερμικής αγωγιμότητας και της μόνωσης, τις οποίες και άλλαξαν προς το επιστημονικό πρότυπο μέσα από τις διδακτικές παρεμβάσεις. Επίσης, το αποτέλεσμα δείχνει πως οι επιστημονικές έννοιες υποκρύπτουν διαφορετικές υποβόσκουσες κατανοήσεις από τους φοιτητές σε παρόμοια καθημερινά πλαίσια.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *αντιλήψεις, εποικοδομητική προσέγγιση, αγωγιμότητα, μόνωση, φοιτητές*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) αποτελούν ευρύ επιστημονικό πεδίο και η έρευνα στην εκπαίδευση των Φ.Ε. είναι γεμάτη από παρανοήσεις και δυσκολίες μαθητών και φοιτητών στη μάθηση τους (Garbett, 2011). Οι έρευνες έχουν δείξει πως μαθητές και φοιτητές προσεγγίζουν και ερμηνεύουν καθημερινά φαινόμενα και καταστάσεις αξιοποιώντας τις παρανοήσεις τους (Chu et al., 2012). Οι έννοιες που σχετίζονται με τη θερμότητα αποτελούν ένα από το πιο σημαντικά θέματα στη διδασκαλία της Φυσικής καθώς είναι θεμελιώδεις για ένα ευρύ φάσμα της Φυσικής και όχι μόνο (Χημεία, Τεχνολογία).

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δείχνει πολλοί φοιτητές έχουν παρανοήσεις για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία όπως: θερμότητα και θερμοκρασία είναι το ίδιο, η θερμότητα εξαρτάται από την θερμοκρασία του αντικειμένου, η θερμότητα δεν είναι

ενέργεια, τα σώματα περιέχουν θερμότητα, η θερμοκρασία είναι μια καλή μέτρηση της ενέργειας ενός συστήματος κ.α. (Alwan, 2010; Georgiou & Smalma, 2011; Streveler, Litzinger, Miller, and Steif, 2008; Στύλος & Κώτσης, 2016). Επίσης, πολλοί φοιτητές πιστεύουν πως αντικείμενα κατασκευασμένα από υλικά τα οποία είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας είναι πιο ζεστά ή πιο κρύα κρύα σε σχέση με άλλα εξαιτίας της αίσθησης που νιώθουν όταν τα αγγίζουν (Meltzer, 2004).

Η άποψη των κονστрукτιβιστών υποστηρίζει πως η μάθηση και η γνώση μπορούν να περιγραφούν συνοπτικά ως εξής: (α) οι μαθητές δεν είναι παθητικοί αποδέκτες γνώσεων, ενώ η μάθηση συντελείται με την ενεργό συμμετοχή του μαθητή, (β) η γνώση δεν εντοπίζεται στον εξωτερικό κόσμο του ατόμου, αλλά κατασκευάζεται ατομικά και κοινωνικά, (γ) η διδασκαλία δε συνίσταται στη μεταφορά γνώσης και (δ) το αναλυτικό πρόγραμμα αποτελεί ένα σύνολο έργων και υλικών με τα οποία οι μαθητές κατασκευάζουν τη γνώση τους (Driver, 1988; Loyen & Gijbels, 2008; Treagust, Duit & Fraser, 1996). Πρόκειται, λοιπόν, για ένα δυναμικό μαθησιακό περιβάλλον με αυθεντικά και ρεαλιστικά προβλήματα ή εργασίες που συνδέουν τις προϋπάρχουσες εμπειρίες, γνώσεις και ενδιαφέροντα των μαθητών και ταυτόχρονα αποτελεί μια σημαντική προϋπόθεση για την εκπαίδευση των επιστημών, αλλά και των τεχνολογιών.

Ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα που ισχυρίζεται πως βασίζεται στην εποικοδομητική μάθηση θα πρέπει να αναγνωρίσει τρία στοιχεία (Brooks & Brooks, 1999): (α) η αρχική γνώση ενός μαθητή αποτελεί τον παράγοντα- κλειδί που επηρεάζει τη μελλοντική μάθηση, καθώς οτιδήποτε γνωρίζει ή πιστεύει ο μαθητής αλληλεπιδρά με μια νέα έννοια, στην οποία ο μαθητής έχει ήδη εκτεθεί, (β) οι μαθητές οικοδομούν τα νοήματα μέσω των αλληλεπιδράσεων με άλλους, με υλικά, καθώς και με την παρατήρηση και την εξερεύνηση ενδιαφερόντων και προκλητικών δραστηριοτήτων και (γ) οι μαθητές θα πρέπει να οικοδομούν την κατανόηση πάνω σε έννοιες που έχουν το ρόλο του πυρήνα και πάνω σε μεγάλες ιδέες. Μια εποικοδομητική άποψη της διδασκαλίας και της μάθησης ενσωματώνει ικανότητες σκέψης υψηλού επιπέδου, καθώς ενθαρρύνει την εξερεύνηση, τη διερεύνηση και την άμεση εμπειρία με υλικά και πληροφορίες προκειμένου να αποκαλυφθούν οι παρανοήσεις των μαθητών· έτσι, οι μαθητές ενθαρρύνονται να μοιραστούν τις εμπειρίες τους με άλλους (Brooks 1990).

Παράλληλα, ο Hodson (1996) συνόψισε τα τέσσερα κύρια βήματα της εποικοδομητικής προσέγγισης: (α) προσδιορισμός των ιδεών και των απόψεων των μαθητών, (β) δημιουργία ευκαιριών στους μαθητές με στόχο να εξερευνήσουν τις ιδέες τους, (γ) παροχή ερεθισμάτων στους μαθητές για να αναπτύξουν, να τροποποιήσουν και, όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο, να μεταβάλουν τις ιδέες και τις απόψεις τους και (δ) υποστήριξη των προσπαθειών τους να ξανασηματίσουν και να ανοικοδομήσουν τις ιδέες και τις απόψεις τους. Σύμφωνα με τους Uzuntiryaki et al. (2009), τα χαρακτηριστικά ενός εκπαιδευτικού που διδάσκει εποικοδομητικά μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα: (α) να δίνει αξία στην ποιότητα της μάθησης και όχι στην ποσότητα με επίκεντρο πάντα το μαθητή παρά το αντικείμενο διδασκαλίας, (β) να προωθεί κοινωνικές αλληλεπιδράσεις παρέχοντας ταυτόχρονα ουσιαστικές εμπειρίες και να διευκολύνει τους μαθητές να επεξεργάζονται την αρχική γνώση, (γ) να παρακολουθεί και να αξιολογεί τη διαδικασία



μάθησης καθιερώνοντας ταυτοχρόνως μαθησιακά περιβάλλοντα που ενθαρρύνουν τους μαθητές να μαθαίνουν με παραγωγικούς τρόπους και (δ) να προωθεί μια πλουραλιστική, δοκιμαστική και πιθανή άποψη της επιστημονικής γνώσης.

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση:

- α) της επίδρασης μιας σειράς διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των φοιτητών στις έννοιες της θερμικής αγωγιμότητας και της μόνωσης
- β) των εννοιολογικών συνδέσεων που πραγματοποιούν μεταξύ δύο καθημερινών καταστάσεων που βασίζονται στην ίδια επιστημονική ερμηνεία
- γ) των αντιλήψεων των φοιτητών σχετικά με την έννοια της θερμικής αγωγιμότητας και της μόνωσης.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Ερευνητικό εργαλείο

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελείται από 8 ερωτήσεις κλειστού τύπου και το δεύτερο μέρος από δύο ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Δύο από τις ερωτήσεις του πρώτου μέρους προέρχονται από το ερωτηματολόγιο TCE των Yeο & Zadnik (2001) προσαρμοσμένες στα ελληνικά (Παράρτημα).

Το σενάριο 1<sup>ο</sup> του δεύτερου μέρους (ερωτηματολόγιο ανοικτού τύπου) προέρχεται από την προσαρμογή στα ελληνικά του αντίστοιχου ερωτηματολογίου των Georgiou and Sharma (2011). Οι φοιτητές κλήθηκαν για κάθε σενάριο να επιλέξουν την έννοια (ανάμεσα από πέντε έννοιες) που συνδέεται εννοιολογικά με την κάθε περίπτωση και στη συνέχεια να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Επιπροσθέτως, στο δεύτερο σενάριο είχαν και την δυνατότητα επιλογής υλικού (Παράρτημα).

### Το δείγμα και οι διδακτικές προσεγγίσεις

Ο πληθυσμός της έρευνας είναι 32 τριτοετείς και τεταρτοετείς φοιτητές του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Το εκπαιδευτικό υλικό για την διδασκαλία της έννοιας της θερμικής αγωγιμότητας σχεδιάστηκε με βάση την επικοινωνιακή προσέγγιση για τη μάθηση και αποτελείται από δύο τριώρες σε διάρκεια ενότητες κατά την οποία οι φοιτητές εργάστηκαν ομαδοσυνεργατικά σε ομάδες των 5 ατόμων. Η επικοινωνιακή προσέγγιση βασίστηκε στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006; Μητακίδη & Σκουμιός, 2016) που εμπλέκει τους φοιτητές σε μια καθοδηγούμενη έρευνα εστιασμένη στην ανάδειξη, επεξεργασία και αναθεώρηση των αρχικών τους αντιλήψεων. Περιλαμβάνει τις ακόλουθες πέντε φάσεις

**(α) Ενεργοποίηση:** πρόκληση του ενδιαφέροντος των φοιτητών, ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων και διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα με παραδείγματα από την καθημερινό κόσμο.

**(β) Διερεύνηση:** σχεδιασμός και πραγματοποίηση έρευνας από τους φοιτητές με στόχο την απάντηση των ερωτημάτων που είχαν θέσει. Ειδικότερα, οι φοιτητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπήρχαν στα φύλλα εργασίας (διατύπωση του ερωτήματος, διατύπωση υποθέσεων, αναγνώριση

μεταβλητών, εντοπισμός ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών, περιγραφή πειραματικής διαδικασίας, συλλογή υλικών, εκτέλεση των πειραμάτων με υλικά κυρίως καθημερινής χρήσης, καταγραφή των δεδομένων π.χ. σε πίνακες).

(γ) **Ερμηνεία:** επεξεργασία των δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων, διατύπωση των αντίστοιχων νόμων των φυσικών φαινομένων.

(δ) **Εφαρμογή:** εφαρμογή της γνώσης που απέκτησαν οι φοιτητές σε νέα προβλήματα κυρίως από την καθημερινότητα τους και την ανατροφοδότηση τους.

(ε) **Αξιολόγηση:** αναστοχασμός των φοιτητών πάνω στη μαθησιακή διαδικασία που ακολούθηθηκε και σύγκριση των αρχικών τους απαντήσεων στα φύλλα εργασίας με τις τρέχουσες απαντήσεις τους.

### Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας

Το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε στους φοιτητές μία εβδομάδα πριν ξεκινήσουν οι διδακτικές προσεγγίσεις και τέσσερις εβδομάδες μετά το τέλος των παρεμβάσεων. Ο συντελεστής αξιοπιστίας Cronbach του πρώτου μέρους του εργαλείου κυμάνθηκε στο 0,75 τόσο πριν όσο και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Σε ό,τι αφορά τις ερωτήσεις ανοικτού τύπου, για τον έλεγχο της αξιοπιστίας της μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν δύο κωδικογράφοι (Μπονίδης, 2004). Ο βαθμός συμφωνίας ανάμεσα στους κωδικογράφους ελέγχθηκε με τον δείκτη Cohen's kappa και υπολογίστηκε στο 0,90 σε ένα δείγμα 8 ερωτηματολογίων με τη χρήση του Atlas.ti. Η εγκυρότητα των ερωτήσεων διασφαλίστηκε μέσω της πιλοτικής εφαρμογής σε πέντε φοιτητές του ΠΤΔΕ κατά την οποία διαπιστώθηκε ότι η κάθε ερώτηση διερευνά αυτό που έχει οριστεί εξ αρχής.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Η επίδραση των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των φοιτητών

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των σκορ των απαντήσεων των φοιτητών πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις καθώς και οι συγκρίσεις των μέσων όρων με βάση το Wilcoxon Signed Ranks Test.

**Πίνακας 1.** Οι μέσοι όροι των σκορ των φοιτητών και οι συγκρίσεις των μέσων όρων πριν και μετά τις διδακτικές απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου

|      | Σκορ (%) | z      | p     |
|------|----------|--------|-------|
| Πριν | 46.87    | -3.139 | 0.001 |
| Μετά | 79.53    |        |       |

Τα αποτελέσματα δείχνουν σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στους δύο μέσους όρους. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος των σκορ των φοιτητών μετά τις δύο παρεμβάσεις είναι υψηλότερο σε σχέση με πριν το οποίο και αναδεικνύει την θετική επίδραση της επικοινωνιακής προσέγγισης στην κατανόηση των υπο διευρεύνηση εννοιών.

**Συνδέσεις ανάμεσα στην επιλεγόμενη έννοια και το επιστημονικό πρότυπο****Πριν τις διδακτικές παρεμβάσεις**

Ένας πολύ μικρός αριθμός φοιτητών (μόλις 3) έδωσε εξηγήσεις σύμφωνες με το επιστημονικό πρότυπο και στα δύο σενάρια. Οι συγκεκριμένοι φοιτητές επέλεξαν την μεταφορά θερμότητας ή την αγωγιμότητα στο πρώτο σενάριο και τη μόνωση στο δεύτερο σενάριο και οι εξηγήσεις τους δεν εμφάνισαν αντιφατικές ερμηνείες (Πίνακας 2 & 3).

Στο πρώτο σενάριο η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (24) επιλέγει τις σωστές έννοιες που συνδέονται άμεσα με την περίπτωση αλλά μόλις τέσσερις δικαιολογούν με επιστημονικό τρόπο το φαινόμενο (Πίνακας 2).

Στο δεύτερο σενάριο, από τους 22 εκπαιδευτικούς που επέλεξαν τη σωστή έννοια, λιγότεροι από τους μισούς (14) ερμήνευσαν το φαινόμενο σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο (Πίνακας 3).

Επίσης, οι περισσότεροι φοιτητές (20) επέλεξαν ως μέσο μόνωσης του παγωμένου αναψυκτικού το αλουμινόχαρτο και πολύ λιγότεροι (10) το μάλλινο ύφασμα. Η ευρεία χρήση του αλουμινόχαρτου στην καθημερινότητα του φοιτητή ίσως να αποτελεί έναν από τους λόγους για τους οποίους επέλεξαν το συγκεκριμένο υλικό (Πίνακας 4).

**Μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις**

Η συχνότητα των φοιτητών που έδωσε απαντήσεις σύμφωνες με το επιστημονικό πρότυπο και στα δύο σενάρια αυξήθηκε θεαματικά προσεγγίζοντας τους 23. Και σε αυτό το μέρος της αξιολόγησης των φοιτητών αναδεικνύεται η επιτυχής επίδραση της διδασκαλίας ( $Z = -3.218, p < .001$ ) (Πίνακας 2 & 3).

Στο πρώτο σενάριο η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (26) επιλέγει τις σωστές έννοιες που συνδέονται άμεσα με την περίπτωση και την δικαιολογούν επιστημονικά (Πίνακας 2).

Στο δεύτερο σενάριο, 23 εκπαιδευτικούς επέλεξαν τις σωστές έννοιες και ερμήνευσαν το φαινόμενο σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο (Πίνακας 3).

Τέλος, οι φοιτητές που επιλέγουν το σωστό υλικό (μάλλινο ύφασμα) για τη μόνωση της συσκευασίας του αναψυκτικού είναι πολύ περισσότεροι (24) σε σχέση με τις αρχικές τους επιλογές (Πίνακας 4).

**Πίνακας 2.** Οι συχνότητες των απαντήσεων των φοιτητών πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις στο Σενάριο 1<sup>ο</sup>

| Επιλεγόμενη έννοια  | Σενάριο 1 ΠΡΙΝ  |                       | Σενάριο 1 ΜΕΤΑ  |                       |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
|                     | Επιλογή έννοιας | Επιστημονική ερμηνεία | Επιλογή έννοιας | Επιστημονική ερμηνεία |
| Μεταφορά θερμότητας | 20              |                       | 18              |                       |
| Μεταφορά κρύου      | 6               | 4                     | 2               | 26                    |
| Θερμοκρασία         | -               |                       | 2               |                       |
| Αγωγιμότητα         | 4               |                       | 8               |                       |
| Μόνωση              | 2               |                       | 2               |                       |

**Πίνακας 3.** Οι συχνότητες των απαντήσεων των φοιτητών πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις στο Σενάριο 2<sup>ο</sup>

| Επιλεγόμενη έννοια  | Σενάριο 2 ΠΡΙΝ  |                       | Σενάριο 2 ΜΕΤΑ  |                       |
|---------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
|                     | Επιλογή έννοιας | Επιστημονική ερμηνεία | Επιλογή έννοιας | Επιστημονική ερμηνεία |
| Μεταφορά θερμότητας | 2               |                       |                 |                       |
| Μεταφορά κρύου      | -               | 14                    | -               | 24                    |
| Θερμοκρασία         | 4               |                       | -               |                       |
| Αγωγιμότητα         | 4               |                       | 8               |                       |
| Μόνωση              | 20              |                       | 24              |                       |

**Πίνακας 4.** Οι συχνότητες των επιλεγόμενων υλικών των φοιτητών πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις

| Επιλεγόμενο υλικό | Πριν | Μετά |
|-------------------|------|------|
| Αλουμινόχαρτο     | 20   | 4    |
| Πλαστική μεμβράνη | 2    | 4    |
| Μάλλινο υλικό     | 10   | 24   |

**Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών**

Οι αναλύσεις των ερωτήσεων ανοικτού τύπου ανέδειξε πολλές εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών όπως για παράδειγμα η μεταφορά κρύου, η μεταφορά θερμότητας από ένα ψυχρό σώμα σε ένα θερμό, η μεταφορά θερμοκρασίας κ.α. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις απαντήσεις των φοιτητών οι οποίες και αναδεικνύουν τις παρανοήσεις τους κατηγοριοποιημένες ανάλογα με το περιεχόμενό τους.

**Μεταφορά κρύου:**

«Στην περίπτωση αυτή έχουμε μεταφορά της θερμότητας γιατί η κρύα επιφάνεια, που είναι τα πλακάκια, αρχίζει να μεταφέρει κρύο στις πατούσες μας που είναι ζεστές και έτσι μέσω της αγωγής αρχίζουμε να αντιλαμβανόμαστε το κρύο στα πλακάκια»

«Το σώμα μας έχει μια συγκεκριμένη θερμοκρασία όπως και το πλακάκι. Έτσι μεταφέρεται θερμότητα από το πόδι στο πλακάκι και το αντίστροφο μεταφορά κρύου από το πλακάκι στο πόδι»

**Μεταφορά θερμότητας από το ψυχρό στο θερμό:**

«Μεταφέρεται θερμότητα από το πιο ψυχρό στο πιο θερμό»

«νιώθουμε πιο κρύο τα πλακάκια λόγω του ότι η θερμότητα μεταφέρεται από το πλακάκι στο πόδι μας»

**Σώματα στις ίδιες συνθήκες με διαφορετικές θερμοκρασίες:**

«τα χαλιά έχουν μεγαλύτερη θερμοκρασία σε σχέση με το πλακάκι»

«διότι το πλακάκι είναι κρύο σε σχέση με το χαλί, άρα έχει μικρότερη θερμοκρασία»

### **Μεταφορά θερμοκρασίας:**

«Θεωρώ ότι στα πλακάκια μεταφέρεται η θερμοκρασία λόγω της ενέργειας που έχουμε»

«Το μαλλίνο υλικό δεν επιτρέπει στην θερμοκρασία να χαθεί»

### **Μονωτικές ιδιότητες:**

«Πιστεύω ότι το χαλί έχει καλύτερη μόνωση και έτσι το κρύο δεν το διαπερνά σε υψηλό επίπεδο»

«Το αλουμινόχαρτο μονώνει το αλουμινένιο τενεκεδάκι και δεν χάνει θερμοκρασία και έτσι παραμένει κρύο»

### **Η θερμότητα ως ιδιότητα των σωμάτων:**

«Το υλικό του αλουμινόχαρτου δεν περιέχει θερμότητα συγκριτικά με τα άλλα υλικά άρα θα διατηρήσει το αναψυκτικό όσο το δυνατόν πιο κρύο»

«Το σώμα έχει θερμότητα»

### **Χαρακτηριστικά υλικού:**

«Νιώθουμε σημαντική αίσθηση κρύου στα πλακάκια λόγω του υλικού που είναι κατασκευασμένα, σε αντίθεση με το χαλί που είναι κατασκευασμένο από μάλλινο υλικό και το αισθανόμαστε πιο θερμό»

«Τα χαλιά είναι πιο ζεστά λόγω του υλικού που είναι κατασκευασμένα»

### **Παραγωγή θερμότητας**

«Το μάλλινο υλικό εξαιτίας της τριβής και της σύνθεσης του παράγει θερμότητα για αυτό μπορεί το τενεκεδάκι να ζεσταθεί»

### **Μεταφορά ύλης:**

«Τα κρύα μόρια πηγαίνουν στα ζεστά»

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η παρούσα εργασία, η οποία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας, είχε σκοπό να διερευνήσει τις αντιλήψεις φοιτητών σχετικά με έννοιες της θερμικής αγωγιμότητας και της μόνωσης, τις συνδέσεις ανάμεσα στην επιλεγόμενη έννοια και το επιστημονικό πρότυπο καθώς και την επίδραση μιας σειράς διδακτικών παρεμβάσεων βασισμένες στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας πάνω σε αυτές τις έννοιες.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως οι φοιτητές είχαν εναλλακτικές αντιλήψεις για τις παραπάνω έννοιες οι οποίες και είναι σύμφωνες με την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία σε φοιτητές (Chiou & Anderson, 2010; Georgiou & Sharma, 2011; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009; Στύλος & Κώτσης, 2016) σε μαθητές (Σκουμιάς & Χατζηνινήτα, 2000; Τσιχουρίδης κ.α., 2009) αλλά και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Κώτσης & Κοτσίνας, 2011).

Σε ό,τι αφορά τις συνδέσεις, η επιλογή της έννοιας δεν είναι απλά η επιστημονική έννοια που αντιπροσωπεύει. Εμπλέκει μια πολύπλοκη σχέση ανάμεσα στην κατανόηση της έννοιας από τους φοιτητές και των απόψεών τους για την καταλληλότητα της έννοιας σε κάθε σενάριο (Georgiou & Sharma, 2011). Σύμφωνα με την κοινωνικοπολιτισμική θεωρία, η επιλογή και η αντίστοιχη εξήγηση ενσωματώνουν την αλληλοσύνδεση ανάμεσα σε δύο πολιτισμικές καταστάσεις τις οποίες ένας φοιτητής φέρνει στη τάξη, της κατάστασης των δικών τους εμπειριών και της κατάστασης της επιστημονικής εξήγησης

(John-Steiner & Mahn, 1996). Επίσης, το αποτέλεσμα δείχνει πως οι επιστημονικές έννοιες υποκρύπτουν διαφορετικές υποβόσκουσες κατανοήσεις από τους φοιτητές σε παρόμοια καθημερινά πλαίσια (Στύλος & Κώτσης, 2016).

Τέλος, αναδείχτηκε η θετική επίδραση που είχε η εφαρμοζόμενη διδακτική παρέμβαση στις αντιλήψεις των περισσότερων φοιτητών και η οποία επέφερε εν τέλει εννοιολογική αλλαγή. Η μη εννοιολογική αλλαγή των αντιλήψεων από έναν μικρό αριθμό φοιτητών φέρνει στην επιφάνεια την ανθεκτικότητα αυτών των αντιλήψεων (Χαλκιά, 2012).

Παρόλο τους περιορισμούς του δείγματος της έρευνας από φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος και τον σχετικά μικρό αριθμό τους, η εργασία συμβάλλει στην έρευνα για την εφαρμογή αποτελεσματικών διδακτικών παρεμβάσεων. Η χρήση συνέντευξης σε συνδυασμό με τα ερωτηματολόγια θα επέτρεπε την πληρέστερη διερεύνηση των επιστημονικών ερωτημάτων. Τέλος, προτείνεται η δημιουργία και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού και σε άλλες ενότητες της Φυσικής.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

**Ενδεικτικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου**

**Ερώτηση: Ο Θανάσης ανακινώνει ότι δεν του αρέσει να κάθεται πάνω στις μεταλλικές καρέκλες στο δωμάτιο, επειδή «είναι ψυχρότερες από τις πλαστικές».**

Με ποια από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε;

- α. Είναι πιο κρύες επειδή το μέταλλο είναι φυσικά πιο κρύο από το πλαστικό.
- β. Δεν είναι ψυχρότερες, έχουν την ίδια θερμοκρασία
- γ. Δεν είναι πιο κρύες, τα μεταλλικά αντικείμενα τα αισθανόμαστε πιο κρύα επειδή είναι βαρύτερα
- δ. Είναι πιο κρύες επειδή το μέταλλο έχει λιγότερη θερμότητα να χάσει από το πλαστικό

**Σενάριο 1<sup>ο</sup>:** Όταν περπατάμε ξυπόλυτοι πάνω στα πλακάκια νιώθουμε μια σημαντική αίσθηση κρύου σε σχέση με όταν περπατάμε πάνω στα χαλιά.

Οι έννοιες που έπρεπε να επιλέξουν είναι: Μεταφορά θερμότητας, Μεταφορά κρύου, Θερμοκρασία, Αγωγιμότητα, Μόνωση και να αιτιολογήσουν

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alwan, A. (2011). Misconception of Heat and Temperature Among Physics Students. *International Conference on Education and Educational Psychology*. [Procedia - Social and Behavioral Sciences](#), *12*, 600-614.
- Brooks, J. G. (1990). Teachers and students: Constructivist forging new connections. *Educational Leadership*, *47*(5), 68-7.
- Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1999). In search of understanding: The case for constructivist classroom. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- 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.

- Chiou, G.-L. & Anderson, R. (2010). A multi-dimensional cognitive analysis of undergraduate physics students' understanding of heat conduction. *International Journal of Science Education*, 32(16), 29.
- Chu, H.-E., Treagust, D.F., Yeo, S., & Zadnik, M. (2012). Evaluation of Students' Understanding of Thermal Concepts in Everyday Contexts. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1509–1534., DOI: 10.1080/09500693.2012.657714
- Driver, R. (1988). Theory into Practice II: A Constructivist Approach to Curriculum Development. In Fensham, P. (Ed.). *Development and Dilemmas in Science Education* (pp. 133-149). London: The Falmer Press.
- Garbett, D. (2011). Constructivism Deconstructed in Science Teacher Education. *Australian Journal of Teacher Education*, 36(6), 36-49. May 2011. Retrieved from ERIC database. (EJ936990).
- Georgiou, H., & Sharma, M.D. (2011). University students' understanding of thermal physics in everyday contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10, 1119-1142.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion, *Journal of Curriculum Studies*, 28, 115–135.
- John-Steiner, V. & Mahn, H. (1996). Sociocultural approaches to learning and development: A Vygotskian framework. *Educational Psychologist*, 31 (3/4), 191-206.
- Κώτσης, Κ., & Κοτσίνας, Γ. (2011). Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για το ορατό φως. *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, σελ. 533 - 541. <http://www.7seferet.gr>, ημερομηνία πρόσβασης 21/08/18.
- Loyen, S. M. & Gijbels, D. (2008). Understanding the effects of constructivist learning environments: Introducing a multi-directional approach. *Instructional Science*, 36, 351–357.
- Meltzer, D.E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course *American Journal of Physics* 72, 1432 <https://doi.org/10.1119/1.1789161>
- Μητακίδη, Β., & Σκουμιός, Μ. (2016). Η επίδραση ενός εκπαιδευτικού υλικού για το πεπτικό σύστημα στις αντιλήψεις παιδιών προσχολικής ηλικίας. *Πρακτικά 2ου 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: 21/08/2018.
- Μπονίδης, Κ. (2004). *Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας, Διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Ολυμπίου, Γ., & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α.

- Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 621–629). [www.uowm.gr/kodifeet](http://www.uowm.gr/kodifeet), ημερομηνία πρόσβασης 21/08/2018.
- Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικίτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα. *Επιθεώρηση της Φυσικής*, 31, 58-71.
- Streveler, R.A., Litzinger, T.A., Miller, R.L., & Steif, P.S. (2008). Learning conceptual knowledge in the engineering sciences: Overview and future research directions. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 279-294. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00979.x>.
- Στύλος, Γ., & Κώτσης, Κ.Θ. (2016). Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών για τα Σχολικά Εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο *Πρακτικά 2ου 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: 21/08/2018.
- Treagust, D.F., Duit, R. & Fraser, B.J. (1996). Overview: research on students' preinstructional conceptions – the driving force for improving teaching and learning in science and mathematics. In D.F. Treagust, R. Duit & B.J. Fraser (Eds.). *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 1-14). NY: Teachers College Press.
- Τσιχουρίδης, Χ., Βαβουγιός, Δ., και Ιωαννίδης, Γ. (2009). Διδακτική αξιοποίηση κατασκευαστικών δεξιοτήτων των μαθητών για τη μελέτη φαινομένων μεταφοράς θερμότητας με χρήση νέων τεχνολογιών. *Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών*. σελ. 886 - 894. <http://www.uowm.gr/kodifeet>, ημερομηνία πρόσβασης 10/10/16.
- Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Εκδόσεις Πατάκη.
- Uzuntiryaki, E., Boz, Y., Kirbulut, D., & Bektas, O. (2009). Do Pre-service Chemistry Teachers Reflect their Beliefs about Constructivism in their Teaching Practices? *Research in Science Education*, DOI 10.1007/s11165-009-9127-z.
- Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding, *The Physics Teacher*, 39, 496–504.



# Χρήση έξυπνων κινητών συσκευών στη διδασκαλία των ευθύγραμμων κινήσεων

Νικόλαος Τζιούφας<sup>1</sup> και Δημήτριος Τσαρούχας<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Λύκειο Ιαλυσού, [psemdt17024@aegean.gr](mailto:psemdt17024@aegean.gr)

<sup>2</sup>ΕΠΑ.Λ. Παραδεισίου, [psemdt17025@aegean.gr](mailto:psemdt17025@aegean.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Αυτή η εργασίαπραγματοεύεται την ένταξη του έξυπνου κινητού (Smartphone) ως εργαλείο μάθησης στη καθημερινή διδασκαλία. Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η χρήση του έξυπνου κινητού ως ένα αξιόπιστο μέσο στα σχολικά καθήκοντα. Η πληθώρα των εφαρμογών και οι δυνατότητες που έχει, δίνουν μία δυναμική για την ένταξη του στην εκπαίδευση. Η εργασία παρουσιάζει τη προσπάθεια ενσωμάτωσης του έξυπνου κινητού στη διδασκαλία όπου θα χρησιμοποιηθούν υπολογιστής, προτζέκτορας και εφαρμογές κινητού (σχεδίασης και σύνδεσης κινητού με υπολογιστή). Θα πραγματοποιηθεί μία διδακτική εφαρμογή αυτής της προσέγγισης στα προβλήματα ευθύγραμμης κίνησης που εμφανίζονται στα μαθηματικά Γ' Λυκείου. Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας αυτής της παρέμβασης έγινε, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα μίας πειραματικής ομάδας εφαρμογής και μιας ομάδας ελέγχου.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *έξυπνο κινητό, εφαρμογές κινητού, ευθύγραμμη κίνηση.*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η UNESCO στο website της αναφέρει ότι αυτήν την εποχή (2018) οι χρήστες έξυπνων κινητών είναι πάνω από 1.75 δις και οι χρήστες που έχουν πρόσβαση σε μία φορητή συσκευή είναι πάνω από 6 δις. Τέτοια ανάπτυξη οδηγεί σε μετάλλαξη του τεχνολογικού τοπίου το οποίο ζούμε, δουλεύουμε, παίζουμε, μαθαίνουμε. Στο πεδίο της μάθησης και εκπαίδευσης οι κινητές τεχνολογίες δίνουν την δυνατότητα της μάθησης οπουδήποτε και οποτεδήποτε (Looi, 2018). Η ένταξή αυτών στην τάξη δίνει την πεποίθηση ότι η τάξη του μέλλοντος θα αλλάξει μορφή. Ωστόσο η χρήση αυτών ως εργαλείομάθησης είναι σε αρχικό στάδιο και ιδιαίτερα στη καθημερινή διδασκαλία,η χρήση τους είναι περιορισμένη.

Θα παρουσιαστεί μία διδασκαλία που πραγματοποιήθηκε στα προβλήματα κίνησης όπου χρησιμοποιήθηκαν έξυπνα κινητά με στόχο να διαπιστωθεί κατά πόσο η χρήση των εφαρμογών θα βοηθήσει τους μαθητές να ξεπεράσουν τα προβλήματα κατανόησης που συνήθως παρατηρούνται. Επίσης θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα

της έρευνας που πραγματοποιήθηκε για το κατά πόσο ήταν αποτελεσματική αυτή η παρέμβαση. Τα αποτελέσματα οδηγούν στην άποψη ότι μπορεί να αποτελέσουν ένα γενικευμένο εργαλείο χρήσης και επιπλέον μπορούν να μας απελευθερώσουν από τους περιορισμούς που υπάρχουν, από τα φυσικά σύνορα της τάξης καθώς και από τους περιορισμούς του σχολικού προγραμματισμού (Owston, 1997). Τέλος, η εργασία θα ολοκληρωθεί με συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτήν τη διαδικασία καθώς επίσης θα αναφερθούν προτάσεις για μελλοντική χρήση.

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Ένας δάσκαλος μαθηματικών πρέπει να δημιουργεί ένα περιβάλλον που μεγιστοποιεί τις δυνατότητες μάθησης των μαθητών του, ώστε να ενθάρρυνε μία αυτοκαθοδηγούμενη μάθηση μοντελοποιημένης μαθηματικής σκέψης, αιτιολόγησης και να την εφοδιάζει με ουσιαστική και έγκυρη ανατροφοδότηση AAMT (2008). Το m-learning είναι η εκμάθηση που επιτυγχάνεται με τη χρήση μικρών φορητών υπολογιστικών συσκευών Liaw et al. (2010). Οι Toto και Lim (2006) ισχυρίζονται ότι το tablet είναι εύκολη προσαρμόσιμη τεχνολογία που μπορεί να έχει θετική επίδραση στην προσοχή και μάθηση των μαθητών. Την τελευταία δεκαετία ξεκίνησε ένας σημαντικός αριθμός πρωτοβουλιών που αποσκοπούν στη χρήση κινητών τεχνολογιών και εφαρμογών για εκπαιδευτικούς σκοπούς (Kearney et al. 2015). Ας αναλογιστούμε ότι και στη διαδικασία απόκτησης της γνώσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι κοινωνικές πτυχές της μάθησης, δηλαδή ότι η μάθηση είναι τόσο ατομικό όσο και κοινωνικό επίτευγμα (Cobb et al., 2001). Σε αυτή τη πτυχή, η κινητή μάθηση παρέχει νέες δυνατότητες στον εκπαιδευόμενο, όπως η μάθηση που είναι εξατομικευμένη, συμφραζόμενη και δεν παρεμποδίζεται από χρονικούς ή περιβαλλοντικούς περιορισμούς (Crompton, 2013). Στη παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν οι ορισμοί της κινητής μάθησης που χρησιμοποιήθηκαν ως θεωρητικό υπόβαθρο. Η Crompton (2013) την ορίζει ως τη μάθηση που λαμβάνει χώρα σε πολλαπλά περιβάλλοντα μέσω κοινωνικών αλληλεπιδράσεων στο περιεχόμενο, χρησιμοποιώντας προσωπικές ηλεκτρονικές συσκευές. Οι Rossing et al. (2012) ορίζουν την φορητή μάθηση ως την αποδοτική και αποτελεσματική χρήση των ασύρματων και ψηφιακών συσκευών τεχνολογίας, για τη βελτίωση των επιμέρους αποτελεσμάτων των μαθητών κατά τη διάρκεια της συμμετοχής τους σε δραστηριότητες μάθησης. Οι Cobcroft, Towers & Smith (2006) επιβεβαιώνουν ότι οι φορητές τεχνολογίες είναι σε θέση να υποστηρίξουν τη συμμετοχή των μαθητών σε δημιουργικές, συνεργατικές, κρίσιμες και επικοινωνιακές μαθησιακές δραστηριότητες. Επίσης ο Traxler (2007) την αναφέρει ως εξατομικευμένη και αυθεντική. Οι Tutty και White (2006) συμφώνησαν ότι με tablet το περιβάλλον μάθησης είναι πιο αποτελεσματικό από τον παραδοσιακό τρόπο διάλεξης, πρακτικής ή μαθήματος. Αυτό δημιουργεί μία προσθετική δυναμική στο να μετασχηματιστεί η υπάρχουσα άποψη του τι θεωρείται περιβάλλον μάθησης. Όπως αναφέρει ο Metz (2014) οι φορητές συσκευές έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν την επιστήμη της διδασκαλίας και της μάθησης. Επιπλέον όλες οι μελέτες της κινητής μάθησης στην επιστήμη ανέφεραν θετικά αποτελέσματα (Crompton et al., 2016). Οι Harris, Mishra και Koehler (2009) προτείνουν έναν τρόπο σκέψης που περιέχει

τον κρίσιμο ρόλο του γενικού πλαισίου επίδρασης της ενσωμάτωσης τεχνολογιών. Παράδειγμα, τα μαθηματικά βασίζονται πιο πολύ στην χρήση συμβόλων και γραφημάτων που σχεδιάζονται με το χέρι και η εξήγηση του μαθηματικού περιεχόμενου, γίνεται βήμα προς βήμα στους μαθητές. Η χρήση συσκευών γραφικών προσφέρει στον χρήστη πιο εύκολη γραφή συμβόλων και γραφημάτων. Επιπλέον εφοδιάζει τον εκπαιδευτικό με εργαλεία για να εξερευνήσει διαφορετικούς τρόπους λύσεων ή να προσαρμόσει τη λύση, ανάλογα με την αντίδραση των μαθητών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Κινήθηκε σε τρεις άξονες: Α) Η επίδραση παρόμοιας τεχνολογίας στους μαθητές Β) Οι δυσκολίες κατανόησης που έχουν οι μαθητές στις παραγώγους. Γ) Οι δυσκολίες κατανόησης που έχουν οι μαθητές στα προβλήματα της ευθύγραμμης κίνησης.

Θα χρησιμοποιηθεί η μελέτη των Galligan, Loch, McDonald & Taylor (2010) όπου θα προσαρμοστεί στη χρήση έξυπνων κινητών. Τα κύρια χαρακτηριστικά αυτής της προσέγγισης είναι:

### **Πλεονεκτήματα**

i) Γίνεται κατανοητό το τι κάνει η κάθε ομάδα χωρίς να είναι εκφοβιστικό. ii) Εντοπίζεται το λάθος και η αιτία του λάθους. iii) Η καινούργια πτυχή είναι ελκυστική σε μερικούς μαθητές. iv) Επιτρέπει τη καταγραφή των μαθημάτων για τη χρήση της αργότερα.

### **Μειονεκτήματα**

i) Στην πρόσωπο με πρόσωπο προσέγγιση, η χρήση ενός καθαρού πλάνου συνεργασίας είναι ουσιώδες. ii) Είναι πιο δύσκολος(διαφορετικός) τρόπος γραφής από αυτόν που έχουν συνηθίσει. iii) Μερικοί μαθητές δυσκολεύονται να προσαρμοστούν στην νέα τεχνολογία. Έως τα έτη της δεκαετίας του 1980, η εκπαίδευση των μαθηματικών γινόταν διαδικαστικά. Στα επόμενα χρόνια, πολλοί μαθηματικοί εκπαιδευτικοί επικεντρώθηκαν στο νόημα των παραγώγων σε διάφορους κλάδους και πρότειναν μια νέα μέθοδο που χρησιμοποίησε γραφική λειτουργία(Tall, 1997). Ο Orton (1983) παρατήρησε ότι σε θέματα παραγώγων, πολλά λάθη δεν μπορούν να κατανοηθούν με το πλαίσιο θεωρίας. Συνεπώς πρέπει να εγκαθιδρύσουμε μία σχέση ανάμεσα στη γραφική και αλγεβρική λειτουργία ώστε να κερδίσουμε μία δυναμική της παρεχόμενης γνώσης (Dreyfus & Halevi, 1990). Τα Μαθηματικά δεν είναι ένας κλάδος που διαχωρίζει τα διαφορετικά θέματα, λειτουργίες και κανόνες. Είναι ένας κλάδος που ακολουθεί μία διαδοχική πειθαρχία που τηρούνται βασικές αρχές και έννοιες. Όταν δεν έχουν κατανοηθεί οι βασικές έννοιες της ανάλυσης των παραγώγων από τους μαθητές, δημιουργείται απλά απομνημόνευση του κανόνα και η κατανόηση του ορισμού γίνεται δύσκολη και επιπλέον δεν περιέχεται η εφαρμογή αυτών στην πραγματική ζωή (Orhun, 2012). Επίσης όπως αναφέρουν Font, Godino & Gallardo, (2013), η παράγωγος κατά κάποιο τρόπο είναι αντικείμενο που μπορεί να θεωρηθεί ως ένα και πολλά ταυτόχρονα.

Η μελέτη των McDermott et al. (1987), παρουσίασε μία επισκόπηση για τις μαθητικές δυσκολίες με γραφήματα. Όσον αφορά την κλίση, διαπίστωσε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να διακρίνουν την κλίση και το ύψος ενός γραφήματος και την ερμηνεία των μεταβολών στο ύψος και την κλίση. Στην ίδια έρευνα έχουν προτείνει ότι η έλλειψη

μαθηματικών δεξιοτήτων, μπορεί να μην είναι η κύρια αιτία των δυσκολιών των μαθητών με γραφήματα στη φυσική. Ο Beichner (1994) τόνισε επίσης ότι πολλοί μαθητές ήταν ανίκανοι να επιλέξουν ποια λειτουργία του γραφήματος αντιπροσωπεύει-περιέχει τις κατάλληλες πληροφορίες για να απαντήσουν στην ερώτηση. Στη μελέτη των Brassel & Rowe (1993) ερευνήθηκαν οι γραφικές δεξιότητες των μαθητών Λυκείου και διαπιστώθηκε ότι τουλάχιστον στο ένα πέμπτο των μαθητών δεν ήταν επαρκείς. Οι μαθητές είχαν δυσκολίες στη σύνδεση του γραφήματος με τις λεκτικές περιγραφές ενός συγκεκριμένου γεγονότος και δεν κατανοούσαν τα γραφήματα ως μέσο αναπαράστασης των σχέσεων μεταξύ μεταβλητών. Γενικά στους μαθητές η ικανότητα με γραφήματα, βρέθηκε ότι είναι γενικά επιφανειακή και βασίζονται σε μερικούς απλουστευτικούς αλγορίθμους. Ο Woolnough (2000) αναφέρει ότι οι περισσότεροι μαθητές ακόμα και αυτοί που είναι καλοί στα μαθηματικά και στη φυσική δεν κάνουν ουσιώδεις συνδέσεις μεταξύ αυτών των περιεχομένων. Στην ίδια έρευνα μερικοί μαθητές ανέφεραν ότι δεν ήταν σωστό να μεταφέρουν μαθηματικές έννοιες στη φυσική. Ένας σημαντικός παράγοντας για τις δυσκολίες των μαθητών είναι ότι η μαθηματική γλώσσα στη Φυσική, διαφέρει από τη χρήση της στα Μαθηματικά Ellermeijer & Heck, (2003).

### **ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ**

Ο ερευνητικός σκοπός ήταν η μελέτη της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης για τις ευθύγραμμες κινήσεις που παρουσιάζονται στα μαθηματικά της Γ΄ Λυκείου και που θα βασίζεται στην ομαδοσυνεργατική προσέγγιση με τη χρήση νέων τεχνολογιών.

Τα ερευνητικάερωτήματα που έχουμε να απαντήσουμε είναι:

- (α) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης για να ερμηνεύσουν οι μαθητές το φυσικό φαινόμενο της ευθύγραμμης κίνησης με τη μαθηματική γλώσσα.
- (β) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης ώστε οι μαθητές να συνδέουν έννοιες που συσχετίζονται.
- (γ) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην αύξηση της επάρκειας λεκτικής αιτιολόγησης των μαθητών με τη χρήση γραφημάτων.

### **Ερευνητική διαδικασία – πόροι και περιβάλλον διδασκαλίας**

Αίθουσα πραγματοποίησης διδασκαλίας: πραγματοποιήθηκε στην αίθουσα πολλαπλών χρήσεων του σχολείου. Χρησιμοποιήθηκε: έξυπνο κινητό, υπολογιστής, προτζέκτορας. Οι εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν TEAMVIEWER 13, QuickSupport, Geogebra, Screenshot. Τέλος χαρτί και μολύβι.

### **Δείγμα**

Η συγκεκριμένη διδασκαλία πραγματοποιήθηκε σε δώδεκα μαθητές (7 αγόρια και 5 κορίτσια) της Γ΄ Λυκείου που είχαν ως ομάδα προσανατολισμού τις θετικές επιστήμες και χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες των τεσσάρων ατόμων.

Για την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε μία πειραματική και μία ομάδα ελέγχου που αποτελούνταν από 8 άτομα (5 αγόρια και 3 κορίτσια) που ήταν μαθητές της Οικονομικής κατεύθυνσης.

### **Διδακτικό σενάριο**

Η διάρκεια της διδασκαλίας ήταν τέσσερις ώρες.

**1<sup>η</sup> ώρα:** περισσότερο αφιερώθηκε με την εξοικείωση των μαθητών με τις εφαρμογές που είχαν επιλεγεί. Τους δόθηκαν οδηγίες με ποιον τρόπο γίνονται οι γραφικές παραστάσεις συνάρτησης, της παραγώγου αυτής, εύρεση κοινών σημείων με τους άξονες, κοινά σημεία συναρτήσεων, εύρεση ακροτάτων και κατασκευή εφαπτομένης σε σημείο της συνάρτησης μέσω της εφαρμογής που επιλέχθηκε και προβολή αυτών στον προτζέκτορα. Το παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν της  $f(x)=x^3-3x$ . Αρχικά έγινε η χάραξη της γραφικής παράστασης και με την επιπλέον δυνατότητα καταγραφής με το χέρι πάνω στο κινητό κάποιων στοιχείων που επιλέχθηκαν. Επίσης παρουσιάστηκαν κάποιες δυνατότητες της εφαρμογής π.χ για το πώς μετασχηματίζουν χρώμα, σχήμα καθώς και απόκρυψη στοιχείων των γραφημάτων που επιθυμούν. Επισημάνθηκε ότι αυτός ο τρόπος επίλυσης δεν αντικαθιστά την επίλυση με στυλό, διότι στην τελική εξέταση θα εξεταζόταν με αυτήν τη μέθοδο. Απλά να κατανοήσουν ότι τους δόθηκε ένα επιπλέον εργαλείο κατανόησης και ελέγχου. Η 1<sup>η</sup> εργασία που έγινε ήταν τα γραφήματα τριών (μία για κάθε ομάδα) συναρτήσεων και της παραγώγου αυτής. Επιπλέον τους ζητήθηκε η εύρεση κοινών σημείων με άξονες, κοινά σημεία των γραφικών παραστάσεων και μονοτονία αυτών. Οι εργασίες ήταν όσες οι ομάδες και ήταν σε μορφή φακέλου όπου κάθε ομάδα διάλεγε μία στην τύχη.

**2<sup>η</sup> ώρα:** στη συνέχεια παρουσιάστηκε το θεωρητικό πλαίσιο της παραγράφου που επιλέχθηκε. Παρουσιάστηκε μία δραστηριότητα (περισσότερο για να δούνε και τον τρόπο εργασίας έχοντας την γραφική παράσταση και επιλύοντας ταυτόχρονα με χαρτί και στυλό) στην τάξη. Η επιδίωξη σε πρώτη φάση ήταν να παρθούν οι απαντήσεις μέσω ερωτήσεων από το γράφημα και στη συνέχεια με επίλυση μέσω της χρήσης συμβόλων. Επίσης στη συνέχεια συνδέθηκαν αυτά τα μεγέθη γραφικά για να αποκτήσουν την οπτική πλευρά της σύνδεσής αυτών.

**3<sup>η</sup>-4<sup>η</sup> ώρα:** μοιράστηκαν κάρτες που είχαν ετοιμαστεί (όσες οι ομάδες εις διπλούν) που περιείχαν μία άσκηση. Η κάθε ομάδα χωρίστηκε σε δύο υποομάδες όπου η μία δούλεψε με τη χρήση συμβόλων και η άλλη με την ερμηνεία των γραφημάτων ενώ στο τέλος σύγκριναν τα αποτελέσματα για να δουν αν υπήρχε ταύτιση ή απόκλιση και έδωσαν την απάντηση τόσο με χρήση συμβόλων όσο και με γραφική αιτιολόγηση. Επίσης τους ζητήθηκαν πραγματοποιήσουν σύνδεση των μεγεθών για να έχουν την εικόνα του τρόπου που συνδέονται τα μεγέθη. Στην τελευταία φάση παρουσίασαν τη λύση τους στις υπόλοιπες ομάδες. Στο τέλος υπήρχε ελεύθερη ανταλλαγή απόψεων.

### **Συλλογή δεδομένων-ερευνητικά εργαλεία**

Όταν ολοκληρώθηκε το θεωρητικό πλαίσιο της παραγράφου χρησιμοποιήθηκε ένα test όπου περιείχε δύο θέματα. Το ένα ήταν επίλυση χρησιμοποιώντας σύμβολα και το δεύτερο θέμα ήταν η ερμηνεία συμπερασμάτων με δοθείσα γραφική παράσταση. Το test δόθηκε και στις δύο ομάδες για να διαπιστωθεί αν υπάρχει ισοδυναμία στις δύο ομάδες ώστε να εξαχθούν αξιόπιστα συμπεράσματα. Σε δεύτερη φάση χρησιμοποιήθηκε ένα post-

test για να ελεγχθεί κατά πόσο η παρέμβαση που έγινε είχε θετικά αποτελέσματα. Η σύγκριση έγινε μεταξύ των αποτελεσμάτων της πειραματικής ομάδας (12 άτομα) και των αποτελεσμάτων της ομάδας ελέγχου (8 άτομα). Στην ομάδα ελέγχου δόθηκαν οι ίδιες εργασίες, τα γραφήματα σε φωτοτυπία και τα επεξεργάστηκαν κατά ομάδες (έγιναν δύο ομάδες των τεσσάρων ατόμων). Το κάθε θέμα είχε πέντε ερωτήματα τα οποία ήταν όλα ισοδύναμα ως προς την κατανομή μονάδων.

### Ανάλυση δεδομένων-Αποτελέσματα

Επειδή χρησιμοποιήθηκε διαφορετικό μέγεθος δείγματος και διαφορετικούς μαθητές, η στατιστική ανάλυση που ακολουθήθηκε ήταν για ανεξάρτητο δείγμα t-test. Στον πίνακα 1 αναγράφονται τα αποτελέσματα στο pre-test ανά θέμα και σαν γενικό αποτέλεσμα ήταν η επιβεβαίωση της αρχικής μας υπόθεσης, δηλαδή ότι οι επιδόσεις των μαθητών στην ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα δεν διαφέρουν κατά πολύ. Τα αποτελέσματα στο post-test όπως φαίνονται στον πίνακα 3. Από τα αποτελέσματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η διαφορά ήταν στο θέμα Β όπου έπρεπε να εξάγουν συμπεράσματα από δοθέν γράφημα. Ο μέσος όρος των βαθμών των μαθητών που είχαν την επίδραση της χρήσης κινητού ( $M=8,833, SD=0,6853$ ) και των βαθμών των μαθητών που δεν είχαν την επίδραση της χρήσης κινητού ( $M=7,625, SD=1,0983$ ) διαφέρουν σημαντικά ( $t=3,052, df=18, 2\text{-tailed } p=0,007 < 0,05$ ).

Τα αποτελέσματα του test για τα ερευνητικά ερωτήματα

Πίνακας 1. Group Statistics

| ΟΜΑΔΕΣΜ                | N  | Mean   | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|------------------------|----|--------|----------------|-----------------|
| ΑΘΕΜΑ ΟΜΑΔΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ   | 12 | 6,208  | 1,2695         | ,3665           |
| ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ          | 8  | 6,188  | ,9978          | ,3528           |
| ΒΘΕΜΑ ΟΜΑΔΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ   | 12 | 6,417  | 1,1248         | ,3247           |
| ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ          | 8  | 6,313  | ,9978          | ,3528           |
| ΤΕΛΙΚΟΣ ΟΜΑΔΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ | 12 | 12,625 | 2,2067         | ,6370           |
| ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ          | 8  | 12,500 | 1,9086         | ,6748           |

Πίνακας 3. Group Statistics

| ΟΜΑΔΕΣΜ                 | N  | Mean   | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|-------------------------|----|--------|----------------|-----------------|
| ΑΘΕΜΑΜ ΟΜΑΔΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ   | 12 | 8,083  | ,8483          | ,2449           |
| ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ           | 8  | 7,750  | 1,3093         | ,4629           |
| ΒΘΕΜΑΜ ΟΜΑΔΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ   | 12 | 8,833  | ,6853          | ,1978           |
| ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ           | 8  | 7,625  | 1,0938         | ,3867           |
| ΤΕΛΙΚΟΣΜ ΟΜΑΔΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ | 12 | 16,917 | 1,4115         | ,4075           |
| ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ           | 8  | 15,375 | 2,2480         | ,7948           |

Πίνακας 4. Independent Samples Test

|                                  | Levene's Test for Equality of Variances |      | t-test for Equality of Means |        |                 |                 |                       |   |        |
|----------------------------------|---|------|------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|--------|
|                                  | F                                       | Sig. | t                            | df     | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference |        |
|                                  |   |      |                              |        |                 |                 |                       | Lower                                     | Upper  |
| ΑΘΕΜΑΜ Equal variances assumed   | 2,366                                   | ,141 | ,694                         | 18     | ,496            | ,3333           | ,4801                 | -,6754                                    | 1,3420 |
| Equal variances not assumed      |   |      | ,636                         | 10,922 | ,538            | ,3333           | ,5237                 | -,8203                                    | 1,4870 |
| ΒΘΕΜΑΜ Equal variances assumed   | 1,915                                   | ,183 | 3,052                        | 18     | ,007            | 1,2083          | ,3959                 | ,3766                                     | 2,0401 |
| Equal variances not assumed      |   |      | 2,782                        | 10,678 | ,018            | 1,2083          | ,4344                 | ,2487                                     | 2,1679 |
| ΤΕΛΙΚΟΣΜ Equal variances assumed | 2,007                                   | ,174 | 1,893                        | 18     | ,075            | 1,5417          | ,8143                 | -,1691                                    | 3,2525 |
| Equal variances not assumed      |   |      | 1,726                        | 10,693 | ,113            | 1,5417          | ,8932                 | -,4311                                    | 3,5144 |

Ερμηνεία του φυσικού φαινομένου της κίνησης στη μαθηματική γλώσσα: ελέγχθηκε κυρίως στο Α θέμα και διαπιστώθηκε ότι στατιστικά δεν υπήρχε σημαντική διαφορά (ωστόσο υπήρχε) στην ομάδα ελέγχου με τη πιλοτική. Ωστόσο αξίζει να

αναφερθεί ότι αν και αρχικά στην παρουσίασή των εργασιών τους τα αποτελέσματα της ομάδας ελέγχου στην επίλυση με χρήση συμβόλων, ήταν καλύτερα στο τελικό τεστ, είχε καλύτερα αποτελέσματα η πειραματική ομάδα. Εξαιτίας της ιδιαιτερότητας της τάξης και ότι στις πανελλαδικές εξετάσεις έχει σημασία και η παραμικρή διαφορά θα ήταν αβλεπνία να μην αναφέρουμε και αυτή τη πτυχή.

Σύνδεση εννοιών που συσχετίζονται: ελέγχθηκε σε δύο ερωτήματα του Β θέματος στα οποία υπήρχε διαφοροποίηση. Ο μέσος όρος των βαθμών των μαθητών που είχαν την επίδραση της χρήσης κινητού ( $M=3,2$   $SD=0,606$ ) ήταν σημαντικά υψηλότερος ( $t=18,29$ ,  $df=11$ , 2-tailed  $p=0,000<0,05$ ) των βαθμών των μαθητών που δεν είχαν την επίδραση της χρήσης κινητού ( $M=2,675$   $SD=0,68$ ).

Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη της επάρκειας λεκτικής αιτιολόγησης των μαθητών με τη χρήση γραφημάτων ελέγχθηκε σε δύο ερωτήματα του Β θέματος στα οποία διαπιστώθηκε σαφή διαφοροποίηση. Ο μέσος όρος των βαθμών των μαθητών που είχαν την επίδραση της χρήσης κινητού ( $M=3,6$   $SD=0,29$ ) ήταν σημαντικά υψηλότερος ( $t=4,02$ ,  $df=11$ , 2-tailed  $p=0,001<0,05$ ) των βαθμών των μαθητών που δεν είχαν την επίδραση της χρήσης κινητού ( $M=2,9$   $SD=0,48$ ).

### **Συμπεράσματα**

Από την ανάλυση δεδομένων διαπιστώθηκε πως οι μαθητές απέκτησαν καλύτερη σύνδεση των εννοιών που συσχετίζονται με τα παραδείγματα της φυσικής. Άποψη που βρίσκεται σε συμφωνία με την αναφορά των Βακαλόπουλος κ.ά. (2017) ότι τα παραδείγματα από τη φυσική μπορεί να αποτελέσουν εφαλτήριο για την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών. Οι έννοιες απέκτησαν μία φυσική ερμηνεία, με την οποία ήταν εξοικειωμένοι οι μαθητές, διαδικασία που τους βοήθησε να αποκτήσουν νόημα οι αφηρημένες μαθηματικές έννοιες και η συσχέτιση τους να γίνει πιο εύκολη. Η χρήση της εφαρμογής δυναμικής γεωμετρίας από τη πιλοτική ομάδα προσέδωσε μία ευρύτερη εικόνα συσχετίσεων από την αντίστοιχη της ομάδας ελέγχου που το αντιλήφθηκε ως εικόνα της στιγμής.

Στη λεκτική αιτιολόγηση και οι δύο ομάδες είχαν βελτίωση. Στην εργασία παρουσίας παρατηρήθηκε διάδραση μεταξύ των ατόμων της ομάδας και η δυνατότητα να εξηγούν τις απόψεις τους οδήγησε στο να μην εγκαταλείψουν με την πρώτη δυσκολία, άποψη που συμβαδίζει με τους Jackson et al. (1993). Όμως όπως αναφέρθηκε η πιλοτική ομάδα είχε σαφώς καλύτερα αποτελέσματα. Μια πιθανή αιτία είναι ότι η διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε έδινε τη δυνατότητα να γίνει άμεση ανίχνευση του λάθους όποτε γινόταν και άμεσα διόρθωσή της. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι δύο ομάδες δούλεψαν ανάποδα. Στην ομάδα ελέγχου είχαν τα αριθμητικά αποτελέσματα και προσπαθούσαν να εξηγήσουν το γράφημα ενώ στη πιλοτική από το γράφημα προσπαθούσαν να βγάλουν συμπέρασμα για τα αριθμητικά αποτελέσματα.

Τα θετικά που έδωσε η χρήση του τεχνολογικού περιβάλλοντος που δημιουργήθηκε ως προς το μαθησιακό μέρος είναι ότι έδωσε την δυνατότητα να υπάρχει συνεχής και εύκολος έλεγχος οπότε υπήρχε άμεση ανίχνευση του λάθους ή τυχόν παρερμηνειών. Ιδιαίτερα χρήσιμο ήταν η ευελιξία παρουσίας και η δυνατότητα άμεσης

αναπροσαρμογής οπότε μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες κάθε τάξης. Μία διαφορά που διαπιστώθηκε στη παρουσίαση των εργασιών που τους είχε ανατεθεί είναι ότι η εύκολη προβολή των εργασιών στη πιλοτική ομάδα βοήθησε στο να επικεντρωθούν στη κατανόηση των εννοιών, παρατήρηση που συνάδει με τις διαπιστώσεις των Galligan et al. (2010). Μέσω αυτού δημιουργήθηκε ένα περιβάλλον που ήταν πιο φιλικό για τους μαθητές και σύμφωνα με τους Gikas & Grant (2013), ένα ελκυστικό περιβάλλον οδηγεί στο να υπήρχε μεγαλύτερη συμμετοχή και προσοχή. Συνέπεια αυτών ήταν να κάνουν βελτιώσεις - διορθώσεις οι ομάδες που ακολουθούσαν και η τελευταία ομάδα να έχει μία σχεδόν άρτια παρουσίαση. Αντίστοιχα στην ομάδα ελέγχου δεν διαπιστώθηκε κάτι παρόμοιο (έμειναν κυρίως στην αρχική τους άποψη). Ακόμη υπήρχε η δυνατότητα ελέγχου των κατανοήσεων των μαθητών χωρίς να είναι εκφοβιστική η διαδικασία. Δεν παρατηρήθηκε δυσκολία στη προσαρμογή στη νέα τεχνολογία αντιθέτως ενσωμάτωσαν εύκολα τον νέο τρόπο και υπήρχε ενθουσιώδης αποδοχή του. Τέλος, δεν παρατηρήθηκε κακή χρήση των συσκευών σε καμία ομάδα, άποψη που συμφωνεί με την παρατήρηση των Kearney et al. (2015) ότι η χρήση της προσωπικής συσκευής λειτουργεί καλύτερα στα πλαίσια της μικρής ομάδας. Ίσως σε αυτό συνετέλεσε η σύνδεση τους με τον υπολογιστή, οπότε υπήρχε και συνεχής έλεγχος.

Τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης προσέγγισης είναι πως η χρήση του κινητού απαιτεί ειδική άδεια, απαιτεί χρόνο εξοικείωσης (από όλους τους συμμετέχοντες) και απαιτείται κάποιος χρόνος σύνδεσης του κινητού με τον υπολογιστή. Η εφαρμογή της όπως αναφέρει ο Lally et al. (2012), οδηγεί σε θολά όρια δηλαδή πιθανές αρνητικές επιπτώσεις που δεν μπορούν να προβλεφθούν.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθούμε στη πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχε ο καθηγητής μας Σκουμιάς Μιχαήλ στο μεταπτυχιακό τμήμα «Π.Μ.Σ. Διδακτική Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση: Διεπιστημονική Προσέγγιση» για τον τρόπο ελέγχου και μέτρησης της αποτελεσματικότητας μίας παρέμβασης. Επίσης στο Λύκειο Ιαλυσού όπου πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη διδασκαλία.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Australian Association of Mathematics Teachers Inc (2008) Standards for excellence in teaching mathematics in Australian Schools Retrieved 2008 16 February 2009 from <http://www.aamt.edu.au/Standards>
- Βακαλόπουλος, Κ., Γεωργακόπουλος, Κ., Καλογερία, Ε., & Ψάλλα, Α. (2017). Προβληματισμοί και προτάσεις για την διδασκαλία των Μαθηματικών και Φυσικής: Το φαινόμενο «κίνηση». Στο Ι. Εμμανουήλ & Σ. Λαμπροπούλου (Επ.). Πρακτικά του 34ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας «Πάντα κατ' αριθμόν γίνονται» (σελ.95-105). Λευκάδα: Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, 750–762.



- Brasell, H. M. & Rowe, B. M. (1993). Graphing skills among high school physics students. *School Science and Mathematics*, 93(2), 63–69
- Cobb, P., Stephan, M., McClain, K., & Gravemeijer, K. (2001). Participating in classroom mathematical practices. *The journal of the Learning Sciences*, 10(1-2), 113-163.
- Cobcroft, R. S., Towers, S., & Smith, J. (2006). Mobile learning in review: Opportunities and challenges for learners, teachers, and institutions. *Proceedings of the Online Learning and Teaching Conference 2006*, 21-30. Queensland: Queensland University of Technology
- Crompton, H. (2013). A historical overview of mobile learning: Toward learner-centered education. *Handbook of Mobile Learning*
- Crompton, H., Burke, D., Gregory, K. H., & Gräbe, C. (2016). The use of mobile learning in science: A systematic review. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 149-160.
- Dreyfus, T., & Halevi, T. (1991). QuadFun--A Case Study of Pupil Computer Interaction. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 10(2), 43-48.
- Ellermeijer, T., Heck, A. (2003). Differences between the use of mathematical entities in mathematics and physics and the consequences for an integrated learning environment. In: M. Michelini and M. Cobal (eds.) *Developing Formal Thinking in Physics. Proceedings of the first international GIREP seminar*, 52-72.
- Font, V., Godino, J. D., & Gallardo, J. (2013). The emergence of objects from mathematical practices. *Educational Studies in Mathematics*, 82(1), 97-124.
- Galligan, L., Loch, B., McDonald, C., & Taylor, J. A. (2010). The use of tablet and related technologies in mathematics teaching. *Australian Senior Mathematics Journal*, 24(1), 38-51.
- Gikas, J., & Grant, M. M. (2013). Mobile computing devices in higher education: Student perspectives on learning with cellphones, smartphones & social media. *The Internet and Higher Education*, 19, 18-26.
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393-416.
- Jackson, D. F., Edwards, B. J., & Berger, C. F. (1993). Teaching the design and interpretation of graphs through computer-aided graphical data analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(5), 483-501.
- Kearney, M., Burden, K., & Rai, T. (2015). Investigating teachers' adoption of signature mobile pedagogies. *Computers & Education*, 80, 48–57
- Lally, V., Sharples, M., Tracy, F., Bertram, N., & Masters, S. (2012). Researching the ethical dimensions of mobile, ubiquitous and immersive technology enhanced learning (MUITEL): A thematic review and dialogue. *Interactive Learning Environments*, 20(3), 217-238.
- Looi, CK (2018). Forward. In Yu, S., Ally, M., & Tsinakos A (Eds). *An International Handbook Mobile and Ubiquitous Learning*. (pp.6). Singapore: Springer

- Liaw, S. S., Hatala, M., & Huang, H. M. (2010). Investigating acceptance toward mobile learning to assist individual knowledge management: Based on activity theory approach. *Computers & Education*, 54(2), 446-454.
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L. & van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, 503–513
- Metz, S. (2014). Science teaching and learning in the 21st century. *The Science Teacher*, 81(6), 6.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Orhun, N. (2012). Graphical understanding in mathematics education: Derivative functions and students' difficulties. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 55, 679-684.
- Orton, A. (1983). Students' understanding of integration. *Educational Studies in Mathematics*, 14(1), 1-18.
- Owston, R. D. (1997). Research news and Comment: The World Wide Web: A Technology to Enhance Teaching and Learning?. *Educational researcher*, 26(2), 27-33.
- Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2013). Re-sourcing teachers' work and interactions: A collective perspective on resources, their use and transformation. *ZDM*, 45(7), 929-943.
- Rossing, J. P., Miller, W., Cecil, A. K., & Stamper, S. E. (2012). iLearning: The future of higher education? *Student perceptions on learning with mobile tablets*.
- Tall, D.O. (1997), Functions and Calculus. In A.J.Bishop et al (Eds.) *International Handbook of Mathematics Education*, 289-325, Dordrecht, Kluwer
- Traxler, J. (2007). Defining, discussing and evaluating mobile learning: The moving finger writes and having writ. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, 8(2), 1–12.
- Tutty, J., & White, B. (2006, January). Tablet classroom interactions. In *Proceedings of the 8th Australasian Conference on Computing Education-Volume 52* (pp. 229-233). Australian Computer Society, Inc..
- Woolnough, J. (2000). How do students learn to apply their mathematical knowledge to interpret graphs in physics? *Research in Science Education*, 30, 259–267.

# Οι προσωπικοί πόροι που αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά την εφαρμογή καινοτόμων διδακτικών ενοτήτων αντικειμένων έρευνας αιχμής με την υποστήριξη μεντόρων-εκπαιδευτικών

Αιμιλία Μιχαηλίδη<sup>1</sup> και Δημήτρης Σταύρου<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Κρήτης, [amichailidi@edc.uoc.gr](mailto:amichailidi@edc.uoc.gr)

<sup>2</sup>ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Κρήτης, [dstavrou@edc.uoc.gr](mailto:dstavrou@edc.uoc.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η παρούσα έρευνα μελετά την εφαρμογή διδακτικών ενοτήτων αντικειμένων σύγχρονης έρευνας από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς με την υποστήριξη μεντόρων-εκπαιδευτικών. Συγκριμένα διερευνώνται οι προσωπικοί πόροι που κινητοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά το σχεδιασμό των διδασκαλιών τους, στα πλαίσια της συμμετοχικής σχέσης εκπαιδευτικού – διδακτικού υλικού που υφίσταται στο παρασκήνιο κάθε προσπάθειας διδακτικού σχεδιασμού. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν πως οι παράγοντες που καθοδήγησαν το μεγαλύτερο πλήθος προσαρμογών των διδακτικών ενοτήτων ήταν αφ' ενός μεν η βαθιά γνώση των δυνατοτήτων, των ενδιαφερόντων και των δεξιοτήτων των μαθητών που είχαν οι εκπαιδευτικοί, αφ' ετέρου δε η γνώση των διδακτικών στρατηγικών που απέκτησαν οι μέντορες από την προηγούμενη ανάπτυξη και εφαρμογή μιας εκ των ενοτήτων στις τάξεις τους.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** εφαρμογή διδακτικών ενοτήτων, αντικείμενα έρευνας αιχμής.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

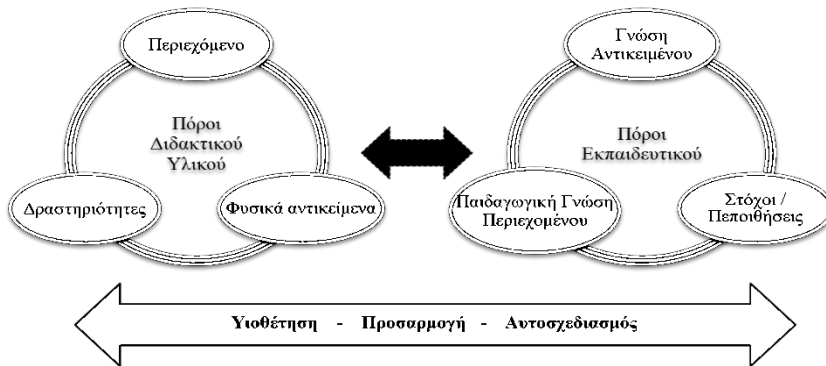
Η αξιοποίηση έτοιμων διδακτικών ενοτήτων ως μέσο για την ενημέρωση των πρακτικών των εκπαιδευτικών και ως εκ τούτου για την διάχυση εκπαιδευτικών καινοτομιών κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος στην ερευνητική κοινότητα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Pintó, Hernández & Constantinou, 2014; Fishman & Krajcik, 2003). Τα εκπαιδευτικά υλικά εν γένει διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο στο σχεδιασμό της διδασκαλίας, αλλά η εφαρμογή τους μπορεί παράλληλα να χρησιμεύσει και ως μία ισχυρή μαθησιακή εμπειρία για τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι με τον τρόπο αυτό μούνται σε νέες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις (Loucks- Horsley et al., 2010). Συνεπώς, πέρα από μέσο επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών, θεωρούνται και ως ένα πολύ σημαντικό

μέσο διάχυσης των εκπαιδευτικών καινοτομιών (Rogan, 2007; Forbes & Davis 2010; Davis & Krajcik, 2005).

Ωστόσο, η κλιμάκωση της χρήσης καινοτόμων διδακτικών υλικών στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) δεν συνίσταται απλά στην αυτούσια εφαρμογή τους σε διαφορετικά πλαίσια (Barab & Luehmann, 2003). Η σχέση μεταξύ εκπαιδευτικών και διδακτικού υλικού είναι μία ενεργός αλληλεπιδραστική σχέση στην οποία οι εκπαιδευτικοί αξιολογούν, προσαρμόζουν και εντέλει εφαρμόζουν την εκάστοτε διδακτική ενότητα, υπό το φως των δικών τους προσωπικών αναγκών, των αναγκών των μαθητών τους και του σχολικού πλαισίου (Brown, 2009; Remillard, 2000, 2005). Κατά αυτόν τον τρόπο κάθε προσπάθεια εφαρμογής ενός διδακτικού υλικού συνιστά μια δραστηριότητα σχεδιασμού της διδασκαλίας κατά την οποία ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί ενεργά όλους τους διαθέσιμους πόρους για να επιτύχει τους διδακτικούς του σκοπούς (Brown & Edelson, 2003).

Για να αναπαραστήσουν τον τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί αλληλεπιδρούν με το διδακτικό υλικό αλλά και τους παράγοντες που επηρεάζουν την αλληλεπίδραση αυτή, οι Brown & Edelson (2003) εισήγαγαν το πλαίσιο της *Δυνατότητας Σχεδιασμού για Εφαρμογή* (Design Capacity for Enactment, βλ. Γράφημα 1). Το πλαίσιο αυτό δίνει έμφαση στον ενεργό ρόλο που διαδραματίζει σε αυτήν την συμμετοχική σχέση τόσο ο εκπαιδευτικός – φέροντας τους προσωπικούς του πόρους: τη γνώση του πάνω στο εκάστοτε αντικείμενο, την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ) σχετικά με το πώς να διδάξει το αντικείμενο αυτό και τους προσωπικούς του στόχους και πεποιθήσεις για τη διδασκαλία των ΦΕ – όσο και το ίδιο το διδακτικό υλικό – με τις αναπαραστάσεις συγκεκριμένων πραγματευόμενων εννοιών, τις προτεινόμενες δραστηριότητες και τα φυσικά αντικείμενα που μπορεί να περιλαμβάνει.

**Γράφημα 1:** Αναπαράσταση αλληλεπίδρασης εκπαιδευτικού – διδακτικού υλικού



Το αποτέλεσμα αυτής της αλληλεπίδρασης που λαμβάνει χώρα μεταξύ εκπαιδευτικού και διδακτικού υλικού εμπίπτει σε ένα φάσμα που εκτείνεται μεταξύ πιστής υιοθέτησης του διδακτικού υλικού, προσαρμογής του και αυτοσχεδιασμού του εκπαιδευτικού (Brown, 2009). Αναθεωρώντας παλαιότερες προσπάθειες ανάπτυξης διδακτικών υλικών που επεδίωκαν να περιορίσουν το ρόλο του εκπαιδευτικού, οι ερευνητές πλέον αναγνωρίζουν ότι η πραγματοποίηση προσαρμογών από την πλευρά των εκπαιδευτικών δεν πρέπει να γίνεται αντιληπτή ως εμπόδιο στη διαδικασία της διάχυσης και της εφαρμογής καινοτόμων διδακτικών ενοτήτων, αλλά ως ένας από τους παράγοντες που μπορούν να συμβάλουν στη βιωσιμότητά της και ως εκ τούτου πρέπει να υποστηριχθεί κατάλληλα. Συνεπώς, οι ερευνητές και οι σχεδιαστές των διδακτικών υλικών πρέπει να παρέχουν στους εκπαιδευτικούς επαρκή καθοδήγηση για τη χρήση τους και για την προσαρμογή τους προκειμένου αυτοί να ανταποκριθούν στις ανάγκες των μαθητών τους (Squire et al., 2003).

Βασιζόμενοι σε έρευνες που υπογραμμίζουν τη σημασία της ενσωμάτωσης σύγχρονων ερευνητικών αντικειμένων στα μαθήματα των ΦΕ ως ένα πεδίο που: α) καθιστά την επιστημονική γνώση πιο συναφή με την καθημερινή ζωή των μαθητών, β) τους φέρνει σε επαφή με τη διαδικασία γέννηση της επιστημονικής γνώσης και γ) ενδείκνυται για τη διαπραγμάτευση της κοινωνικής διάστασης της επιστήμης (Osborne & Dillon, 2008; Bryce, 2010), στην παρούσα έρευνα οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να εφαρμόσουν στις τάξεις τους διδακτικές ενότητες πάνω σε αντικείμενα έρευνας αιχμής με κοινωνικοεπιστημονικές διαστάσεις. Για την αποτελεσματικότερη υποστήριξη των εκπαιδευτικών στην προσπάθειά τους αυτή, αξιοποιήσαμε την προσέγγιση της συμβουλευτικής καθοδήγησης από μέντορες-εκπαιδευτικούς σε συνεργατικά πλαίσια κοινοτήτων μάθησης, η οποία δίνει έμφαση στην παροχή κατάλληλης εξατομικευμένης υποστήριξης προς τους εκπαιδευτικούς καθ' όλη τη διάρκεια της επιχειρούμενης εφαρμογής (Bitan-Friedlander et al, 2004).

Στόχος της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο εφαρμόζουν οι εκπαιδευτικοί στις τάξεις τους διδακτικές ενότητες πάνω σε αντικείμενα έρευνας αιχμής με την υποστήριξη μεντόρων-εκπαιδευτικών και συγκεκριμένα η διερεύνηση των προσωπικών πόρων καθώς και των πόρων των μεντόρων τους, τους οποίους κινητοποιούν οι εκπαιδευτικοί κατά το σχεδιασμό των διδασκαλιών τους.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

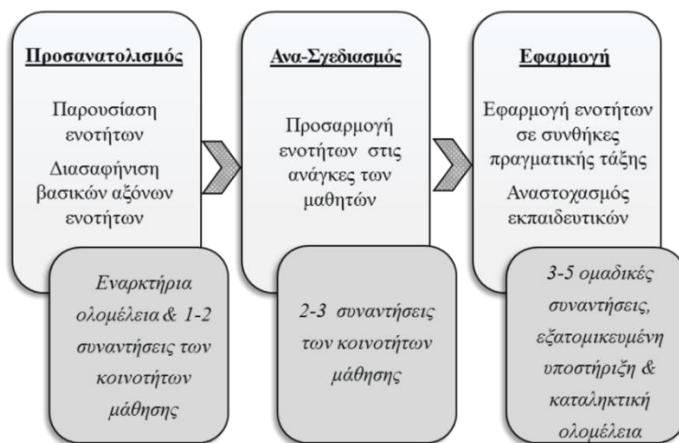
### **Πλαίσιο διεξαγωγής της έρευνας**

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 τις κοινωνικές της προεκτάσεις.

Στη διάρκεια μιας δεύτερης φάσης, οι 5 αυτοί εκπαιδευτικοί (στο εξής “μέντορες”) εκπαίδευσαν στα πλαίσια *κοινοτήτων μάθησης* (ΚΜ) άλλους 32 εκπαιδευτικούς (5 έως 10 έκαστος) στην εφαρμογή της ενότητας που ανέπτυξαν και εφάρμοσαν οι ίδιοι αλλά και άλλων δύο ενότητων οι οποίες είχαν αναπτυχθεί από αντίστοιχες ομάδες άλλων χωρών-εταίρων του προγράμματος. 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 τυπικά δημόσια, πειραματικά, ιδιωτικά σχολεία, επαγγελματικά λύκεια και σχολεία ορεινών, αγροτικών περιοχών. Κατ’ αυτόν τον σχεδιασμό εφαρμόστηκαν συνολικά τρεις διαφορετικές ενότητες: *Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας* (15 τάξεις και των τριών βαθμίδων), *Μικροπλαστικά στους Ωκεανούς* (10 τάξεις και των τριών βαθμίδων) και *Μητρικό γάλα* (7 τάξεις γυμνασίου και λυκείου).

Η όλη διαδικασία διεξήχθη σε τρία στάδια τα οποία εκτάθηκαν στη διάρκεια 9 μηνών (Οκτώβριος - Ιούνιος) του σχολικού έτους 2015-2016 οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στο Γράφημα 2.

**Γράφημα 2:** Στάδια διαδικασίας συμβουλευτικής καθοδήγησης



### Συλλογή και Ανάλυση δεδομένων

Για τον προσδιορισμό των τροποποιήσεων που πραγματοποίησαν οι εκπαιδευτικοί στις διδακτικές ενότητες αξιοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου καθώς και τα φύλλα εργασίας που χρησιμοποίησαν στη διδασκαλία τους. Για τον προσδιορισμό των προσωπικών πόρων που αξιοποίησαν οι εκπαιδευτικοί κατά τον σχεδιασμό των διδασκαλίων τους εξετάστηκαν λεπτομερώς οι απομαγνητοφωνήσεις των συζητήσεων των ΚΜ όπου λάμβανε χώρα η διαπραγμάτευση των τροποποιήσεων για τον εντοπισμό των παραγόντων τους οποίους ρητά επικαλείτο το κάθε μέλος της ΚΜ για την εκάστοτε πρόταση προσαρμογής.

Βάσει της βιβλιογραφίας, όταν οι εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν τη διδασκαλία τους τείνουν να αντλούν στοιχεία από την γνώση που έχουν σχετικά με το εκάστοτε επιστημονικό περιεχόμενο, την ΠΓΠ τους αλλά και από τους προσωπικούς τους στόχους και τις πεποιθήσεις που σχετίζονται με τη διδασκαλία (Brown & Edelson, 2003). Στην παρούσα έρευνα βασιστήκαμε στα πορίσματα αυτά, και συνδυαστικά με κατηγορίες που προέκυψαν από τα δεδομένα μας καταλήξαμε στην κατηγοριοποίηση που συνοπτικά παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Κατηγοριοποίηση προσωπικών πόρων στους οποίους βάσιαν οι εκπαιδευτικοί τις τροποποιήσεις τους

| <b>Κατηγορίες</b>                            | <b>Περιγραφή</b>  |
|--|---|
| <b>Γνώση επιστημονικού αντικειμένου</b>      | Αντλούν στοιχεία από την γνώση τους επί του επιστημονικού αντικειμένου  |
| <b>Γνώση μαθητών &amp; σχολικού πλαισίου</b> | Λαμβάνουν υπόψη τους τα ενδιαφέροντα, τις ικανότητες και τις δεξιότητες των μαθητών<br>Λαμβάνουν υπόψη τους τις συνθήκες της σχολικής τάξης (διαθέσιμο χρόνο, υποδομές, υλικά, διοικητικούς περιορισμούς) |
| <b>Γνώση διδακτικών στρατηγικών</b>          | Αξιοποιούν την δική τους εμπειρία ή των μεντόρων τους   |
| <b>Στόχοι / Πεποιθήσεις</b>                  | Επηρεάζονται από τις προσωπικές τους αντιλήψεις σχετικά με τη μάθηση μέσω διερεύνησης κ.α.  |

Αρχικά καταμετρήθηκαν οι συχνότητες των τροποποιήσεων που οφείλονταν στην καθεμία από τις παραπάνω κατηγορίες προσωπικών πόρων των εκπαιδευτικών για κάθε διδακτική ενότητα χωριστά. Καθώς όμως η κάθε διδακτική ενότητα υλοποιήθηκε από διαφορετικό αριθμό εκπαιδευτικών, για να καταστούν συγκρίσιμα τα αποτελέσματα, υπολογίστηκαν οι συχνότητες των τροποποιήσεων που πραγματοποίησε ο κάθε εκπαιδευτικός ανά διδακτική ενότητα κατά μέσο όρο.

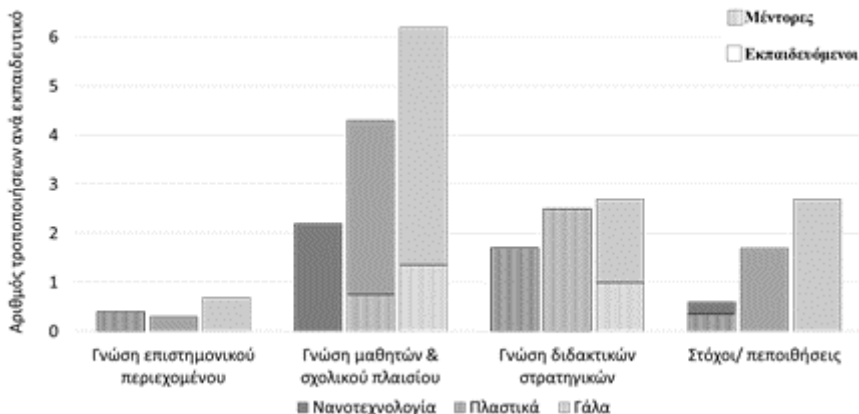
## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Οι εκπαιδευτικοί κατά τον σχεδιασμό των διδασκαλιών τους, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής τους με το διδακτικό υλικό, προχώρησαν σε προσαρμογές των τριών διδακτικών ενότητων. Στη διαδικασία αυτή είχαν τη διαρκή καθοδήγηση των μεντόρων οι οποίοι συνέβαλαν και αυτοί με τη σειρά τους σε ορισμένες από τις τροποποιήσεις.

Κάθε εκπαιδευτικός προχώρησε κατά μέσο όρο σε 4,9 τροποποιήσεις στην ενότητα της Νανοτεχνολογίας, σε 8,7 στην ενότητα των Μικροπλαστικών και σε 12,3 στην ενότητα του Μητρικού Γάλακτος. Από αυτές, κατά μέσο όρο, οι 1,4 βασίστηκαν στην

γνώση των εκπαιδευτικών και των μεντόρων τους σχετικά με το εκάστοτε επιστημονικό περιεχόμενο, οι 12,5 στη γνώση σχετικά με τους μαθητές και τις συνθήκες του σχολικού πλαισίου, οι 6,9 στην γνώση στρατηγικών διδασκαλίας και οι 5,0 στους στόχους και τις πεποιθήσεις τους. Επίσης, συνολικά 8,2 τροποποιήσεις πραγματοποιήθηκαν κατόπιν προτροπής των μεντόρων ενώ οι 17,7 ήταν πρωτοβουλία των ίδιων των εκπαιδευτικών. Το Γράφημα 3 παρουσιάζει το πλήθος των τροποποιήσεων που πραγματοποίησε κατά μέσο όρο ο κάθε εκπαιδευτικός ανά κατηγορία προσωπικών πόρων που κινητοποίησε για την πραγματοποίησή τους. Στο γράφημα παρουσιάζονται διακριτά οι τροποποιήσεις που αρχικά προτάθηκαν από κάποιον από τους εκπαιδευτικούς (συμπαγής περιοχή) και από κάποιον μέντορα (περιοχή με διαγράμμιση), καθώς στην δεύτερη περίπτωση για την υιοθέτησή τους οι εκπαιδευόμενοι δεν αξιοποίησαν κάποιον από τους δικούς τους προσωπικούς πόρους αλλά αυτούς των μεντόρων τους.

**Γράφημα 3:** Πλήθος τροποποιήσεων ανά κατηγορία προσωπικών πόρων εκπαιδευόμενων και μεντόρων που αξιοποιήθηκαν για την πραγματοποίησή τους.



### Γνώση μαθητών και σχολικού πλαισίου

Από το Γράφημα 3 προκύπτει ότι κατά τον σχεδιασμό της διδασκαλίας τους οι εκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί βασίστηκαν κατά κύριο λόγο στην προσωπική τους γνώση σχετικά με τους μαθητές τους και τις ιδιαιτερότητες του σχολικού πλαισίου. Μάλιστα στην περίπτωση των ενοτήτων των μικροπλαστικών και του μητρικού γάλακτος η γνώση αυτή ήταν η βασική πηγή του μεγαλύτερου πλήθους των τροποποιήσεων. Συγκεκριμένα οι εκπαιδευτικοί επικαλούνταν συχνά προκειμένου να προσαρμόσουν τις ενότητες, τις προϋπάρχουσες γνώσεις, τα ενδιαφέροντα αλλά και τις δεξιότητες των μαθητών τους.

Για παράδειγμα μία εκπαιδευτικός που θα εφάρμοζε στην τάξη της την ενότητα της νανοτεχνολογίας ανέφερε σχετικά με τη δυνατότητα των μαθητών της να μετρήσουν τη γωνία επαφής της σταγόνας με διάφορα υφάσματα:



*«Διάβασα εδώ τώρα για μία δραστηριότητα που δεν προτείνεται για το δημοτικό, αυτήν που παίρνεις tablet και φωτογραφίζεις κάποια φύλλα και μετά μετράς το μέγεθος της σταγόνας με μία εφαρμογή. Αυτό άνετα το κάνουν τα παιδιά του δημοτικού πια. Εγώ στους δικούς μου λέω να το προσπαθήσω».*

### **Γνώση διδακτικών στρατηγικών - Προηγούμενη εμπειρία**

Η γνώση στρατηγικών διδασκαλίας των μεντόρων για την διαπραγμάτευση πτυχών των ενοτήτων ήταν ο αμέσως επόμενος παράγοντας από άποψη επιδραστικότητας, τον οποίον αξιοποίησαν οι εκπαιδευτικοί προκειμένου να παρέμβουν στις διδακτικές ενότητες. Σε αυτήν την περίπτωση βασίστηκαν όχι σε έναν δικό τους προσωπικό πόρο αλλά σε έναν πόρο των μεντόρων τους. Μάλιστα στην ενότητα της νανοτεχνολογίας η προηγούμενη εμπειρία των μεντόρων από την εφαρμογή της ενότητας στις τάξεις τους ήταν αυτή που επικαθόρισε το μεγαλύτερο πλήθος των τροποποιήσεων που πραγματοποιήσαν οι εκπαιδευόμενοι.

Ωστόσο οι μέντορες δεν αξιοποίησαν την εμπειρία τους για την πρόταση τροποποιήσεων μόνο στην ενότητα της νανοτεχνολογίας αλλά και στις άλλες ενότητες, κυρίως αναφορικά με την παροχή περισσότερων ευκαιριών για αλληλεπίδραση των μαθητών με χώρους μη τυπικής μάθησης. Ενδεικτικά ο Μέντορας-Α ανέφερε:

*«Αν και στην δική σας ενότητα [των Μικροπλαστικών] κανονικά δεν προβλέπεται κάποια συγκεκριμένη επίσκεψη {...} έχουμε έρθει σε επαφή με το ΕΛΚΕΘΕ.. Και είμαι πολύ χαρούμενος για αυτό γιατί θα έχουν τα παιδιά τη δυνατότητα να συζητήσουν με ερευνητές. Και πέρσι αυτό ήταν πολύ δυνατή εμπειρία για τα παιδιά».*

### **Στόχοι και Πεποιθήσεις**

Ένας άλλος παράγοντας που επέδρασε στη λήψη αποφάσεων των εκπαιδευόμενων εκπαιδευτικών για την πραγματοποίηση τροποποιήσεων στις διδακτικές ενότητες ήταν οι προσωπικοί τους στόχοι και οι πεποιθήσεις τους σχετικά με τη διδασκαλία των ΦΕ. Χαρακτηριστικά μία εκπαιδευτικός επιχειρηματολογώντας για την αλλαγή εστίασης μιας δραστηριότητας της ενότητας του μητρικού γάλακτος υποστήριξε:

*«Εμένα με ενδιαφέρει ειδικότερα να περάσει ότι τα μικρόβια είναι φίλοι μας. Αυτό το κάνω ανεξάρτητα από το πρόγραμμα. Και επειδή είδα ότι εκεί μιλάει πολύ για το πόσο το μητρικό γάλα δίνει τροφή στο σωστό μικροβίωμα το οποίο τους προστατεύει για όλη τους τη ζωή, ταιριάζει και με τους δικούς μου τους στόχους στη βιολογία. Όλα αυτά τα φιλικά μικρόβια που έχουμε. Οπότε λέω να βάλω τα παιδιά στο debate να ασχοληθούν με αυτό».*

### **Γνώση επιστημονικού περιεχομένου**

Ο προσωπικός πόρος στον οποίον οι εκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί βασίστηκαν λιγότερο από όλους για την πραγματοποίηση τροποποιήσεων στις ενότητες που εφάρμοζαν, ήταν η γνώση που είχαν οι ίδιοι οι μέντορες τους σχετικά με το επιστημονικό αντικείμενο κάθε ενότητας. Παρατηρείται ωστόσο μια διαφοροποίηση μεταξύ των ενοτήτων, καθώς ενώ στην ενότητα της νανοτεχνολογίας η γνώση αυτή αξιοποιείται ως προσωπικός πόρος των

μεντόρων, στις άλλες δύο ενότητες είναι η γνώση των ίδιων των εκπαιδευόμενων που συμβάλει στην προσαρμογή.

Ένας βιολόγος που εφάρμοξε στην τάξη του την ενότητα του μητρικού γάλακτος υποστήριξε, για παράδειγμα, την επιλογή του να ενισχύσει το περιεχόμενο της ενότητας με στοιχεία ανοσοβιολογίας με τον εξής τρόπο:

*«Μπορεί να φταίει που έχω διδακτορικό στην ανοσοβιολογία και τα ψάχνω αυτά, αλλά παιδιά εγώ θεωρώ ότι λείπουν στοιχεία ανοσοβιολογίας από την ενότητα. Δεν μπορεί δηλαδή απλά μόνο να αναφέρει τη σπουδαιότητα του θηλασμού για το ανοσοποιητικό σύστημα χωρίς να εμβαθύνει στο πώς και το γιατί».*

Από την επιμέρους εξέταση των προσωπικών πόρων (μεντόρων και εκπαιδευόμενων εκπαιδευτικών) τους οποίους αξιοποίησαν οι εκπαιδευόμενοι προκειμένου να προσαρμόσουν κάθε ενότητα, ήταν σαφής η σύγκλιση στους δύο βασικούς παράγοντες που επηρέασαν τις επιλογές τους:

- από πλευράς των δικών τους προσωπικών πόρων, η βαθιά γνώση των δυνατοτήτων, των ενδιαφερόντων και των δεξιοτήτων των μαθητών και δευτερευόντως οι προσωπικοί τους στόχοι για τη διδασκαλία των ΦΕ, ενώ
- από πλευράς των προσωπικών πόρων των μεντόρων, η προηγούμενη εμπειρία από την εφαρμογή της ενότητας της ναυτεχνολογίας.

Ενώ η επικέντρωση στους μαθητές σταθερά καθοδήγησε μεγάλο μέρος των τροποποιήσεων των εκπαιδευτικών σε κάθε ενότητα, αυτό που είναι ενδιαφέρον είναι ότι οι μέντορες ακόμα και αν είχαν υψηλή τεχνογνωσία και εμπειρία για μία μόνο από τις τρεις ενότητες κατόρθωσαν να αντλήσουν στοιχεία από την εμπειρία τους αυτή για να προτείνουν βελτιώσεις και στις άλλες δύο ενότητες.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας οι συμμετέχοντες εκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να εφαρμόσουν στις τάξεις τους έτοιμες διδακτικές ενότητες σχετικές με αντικείμενα έρευνας αιχμής. Ωστόσο σύμφωνα με τους Brown & Edelson (2003) κάθε διδασκαλία γίνεται αντιληπτή ως διαδικασία σχεδιασμού, με τον εκπαιδευτικό να αξιοποιεί και να ερμηνεύει τους διαθέσιμους πόρους, να αξιολογεί τους περιορισμούς του σχολικού πλαισίου και να αναπτύσσει στρατηγικές σε μια προσπάθεια επίτευξης των διδακτικών στόχων. Συνεπώς ανεξαρτήτως του γεγονότος ότι στους εκπαιδευτικούς παρασχέθηκαν έτοιμα διδακτικά υλικά, η προετοιμασία της διδασκαλίας τους είχε έντονη ανα-σχεδιαστική διάσταση.

Στην διάρκεια αυτής της διαδικασίας σχεδιασμού οι εκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί αξιοποίησαν τους διαθέσιμους πόρους που τους παρείχαν οι έτοιμες διδακτικές ενότητες αλλά και τους πόρους των μεντόρων και τους δικούς τους προσωπικούς πόρους, έχοντας σαν στόχο την αναπροσαρμογή των ενότητων ούτως ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στο πλαίσιο που διαμορφωνόταν από τις ανάγκες των μαθητών τους και τις συνθήκες της σχολικής τάξης. Ως εκ τούτου προχώρησαν στη διαδικασία αυτή βασίζόμενοι κυρίως στις γνώσεις τους σχετικά με τις γνωστικές προϋποθέσεις και τα ενδιαφέροντα των μαθητών, στην προηγούμενη εμπειρία των μεντόρων τους και δευτερευόντως στον προσωπικό τους

προσανατολισμό (πεποιθήσεις και στόχοι) απέναντι στη διδασκαλία των ΦΕ. Η επίδραση των παραγόντων που σχετίζονται με το σχολικό πλαίσιο εφαρμογής – υπό την έννοια των χαρακτηριστικών των μαθητών και των συνθηκών της τάξης – και με τα προσωπικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών στην λήψη αποφάσεων σχετικά με τον τρόπο αξιοποίησης διδακτικών υλικών έχει υπογραμμιστεί και από την σχετική βιβλιογραφία (Remillard, 2005; Davis, Janssen & van Driel, 2016)

Στη διαδικασία αυτή οι μέντορες δεν είχαν απλά υποστηρικτικό ρόλο, αλλά ενεργή συμμετοχή προτείνοντας οι ίδιοι και υποστηρίζοντας με βάση την προηγούμενη εμπειρία τους έναν σημαντικό αριθμό τροποποιήσεων. Έτσι η παραδοσιακά διμερής αλληλεπιδραστική σχέση μεταξύ εκπαιδευτικού και διδακτικού υλικού, όπως αναπαρίσταται στο Γράφημα 1 θα μπορούσε να αναπαρασταθεί ως τριμερής εγκοκλώνοντας και τη συμβολή των μεντόρων καθ' όλη τη διαδικασία. Στην σχέση αυτήν οι μέντορες συνέβαλαν κυρίως με την προηγούμενη εμπειρία τους από την εφαρμογή της ενότητας της νανοτεχνολογίας αναφορικά με την διαχείριση συγκεκριμένων δραστηριοτήτων αλλά και ευρύτερων διαστάσεων των διδακτικών ενότητων.

Από την ανωτέρω παρατήρηση αναδεικνύεται η σημασία της αξιοποίησης ως πολλαπλασιαστών για τη διάχυση καινοτόμων εκπαιδευτικών ενότητων, εκπαιδευτικών, που είχαν προηγουμένως εμπλακεί ενεργά με τα καινοτόμα στοιχεία των διδακτικών ενότητων, τόσο σε επίπεδο εφαρμογής στην τάξη τους, όσο και ανάπτυξης της μιας εξ αυτών. Ως εκ τούτου, η ενεργός συμμετοχή εν ενεργεία εκπαιδευτικών στη διαδικασία τόσο της ανάπτυξης, όσο και της διάχυσης μιας διδακτικής ενότητας κρίνεται ως ωφέλιμη και ως τέτοια, θα πρέπει να αξιοποιηθεί και από μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες του πεδίου της διδακτικής των ΦΕ.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε με την ενίσχυση υποτροφίας του ΙΚΥ η οποία χρηματοδοτήθηκε από την Πράξη «Ενίσχυση του ανθρώπινου ερευνητικού δυναμικού μέσω της υλοποίησης διδακτορικής έρευνας» από πόρους του ΕΠ «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», 2014-2020 με τη συγχρηματοδότηση του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου (Ε.Κ.Τ.) και του Ελληνικού Δημοσίου.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Barab S. A. & Luehmann A. L., (2003), Building sustainable science curriculum: Acknowledging and accommodating local adaptation. *Science Education*, 87(4), 454-467.
- Bitan-Friedlander, N., Dreyfus, A., & Milgrom, Z. (2004). Types of “teachers in training”: the reactions of primary school science teachers when confronted with the task of implementing an innovation. *Teaching and Teacher Education*, 20(6), 607-619.
- Brown M., (2009). The Teacher–Tool Relationship: Theorizing the Design and Use of Curriculum Materials. In J. Remillard, B. Herbel-Eisenman, & G. Lloyd (Eds.),

- Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction* (pp. 17–37), New York: Routledge.
- Brown M. W. & Edelson D., (2003). *Teaching as design: Can we better understand the ways in which teachers use materials so we can better design materials to support their changes in practice?*, Everson: Center for Learning Technologies in Urban Schools.
- Bryce, T. G. K. (2010). Sardonic science? The resistance to more humanistic forms of science education. *Cultural Studies of Science Education*, 5, 591–612.
- 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*, 52(2), 127-160.
- Davis E. A. and Krajcik J. S., (2005), Designing educative curriculum materials to promote teacher learning, *Educational Researcher*, 34(3), 3-14.
- Fishman B. J. & Krajcik J., (2003), What does it mean to create sustainable science curriculum innovations? A commentary, *Science Education*, 87(4), 564-573.
- Forbes C. T. & Davis E. A., (2010), Curriculum design for inquiry: Preservice elementary teachers' mobilization and adaptation of science curriculum materials, *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 820-839.
- Loucks-Horsley S., Stiles K. E., Mundry S., Love, N. and Hewson, P. W. (ed.), (2010), *Designing professional development for teachers of science and mathematics*, California: Corwin Press.
- Mayring P., (2015), Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In A. Bikner-Ahsbals, C. Knipping, & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (pp. 365-380), Dordrecht: Springer.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation
- Pintó R., Hernández M. and Constantinou C., (2014), On the Transfer of Teaching-Learning Materials from One Educational Setting to Another. In Bruguière C., Tiberghien A, and Clément P. (ed.), *Topics and Trends in Current Science Education* (pp. 535–552), Dordrecht: Springer.
- Remillard, J. T. (2000). Can Curriculum Materials Support Teachers' Learning? Two Fourth-Grade Teachers' Use of a New Mathematics Text. *The Elementary School Journal*, 100(4), 331-350.
- Remillard J. T., (2005), Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula, *Review of educational research*, 75(2), 211-246.
- Rogan, J. M. (2007). How much curriculum change is appropriate? Defining a zone of feasible innovation. *Science Education*, 91(3), 439-460.
- Squire K. D., MaKinster J. G., Barnett M., Luehmann A. L. and Barab S. L., (2003), Designed curriculum and local culture: Acknowledging the primacy of classroom culture, *Science Education*, 87(4), 468-489.

# Οργάνωση σχολικού εργαστηρίου Φυσικής Γυμνασίου με καθημερινά υλικά και ανάπτυξη διερευνητικών πειραματικών δραστηριοτήτων

**Θεόδωρος Πιερράτος<sup>1</sup>, Άννα Κουμαρά<sup>2</sup> και Παρασκευή Τσακμάκη<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ, pierratos@gmail.com

<sup>2</sup> Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, anniekmr@gmail.com

<sup>3</sup> Μουσικό Σχολείο Θεσσαλονίκης, vtsakmaki@gmail.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε στις επιμορφωτικές συναντήσεις εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε ένα Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών. Το υλικό αφορά στην οργάνωση σχολικού εργαστηρίου Φυσικής Γυμνασίου με καθημερινά υλικά, καθώς και την ανάπτυξη διερευνητικών πειραματικών δραστηριοτήτων. Η δομή των διερευνητικών δραστηριοτήτων που υιοθετήθηκε έχει ως στόχους να προωθήσει την αυτενέργεια και τη δημιουργικότητα μαθητών, να ενσωματώσει στην εργαστηριακή πρακτική τη διδασκαλία χαρακτηριστικών της φύσης των Φυσικών Επιστημών, να λάβει υπόψη και να αξιοποιήσει τον αιτιακό συλλογισμό που πολλοί μαθητές ακολουθούν, και να δώσει τη δυνατότητα πραγματοποίησης ιστορικών πειραμάτων, με μεγάλη διδακτική αξία, που είναι δύσκολο να πραγματοποιηθούν διαφορετικά. Μέρος του εκπαιδευτικού υλικού εφαρμόστηκε από επιμορφωμένους εκπαιδευτικούς στις σχολικές τους τάξεις, κατά το σχολικό έτος 2017-2018.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** εργαστηριακές δραστηριότητες, καθημερινά υλικά, φύση φυσικών επιστημών, αιτιακός συλλογισμός.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Διάφορες έρευνες (Bennett & Hogarth, 2009) δείχνουν ότι η αρνητική στάση των μαθητών απέναντι στο μάθημα της Φυσικής οφείλεται, μεταξύ άλλων, στον τρόπο με τον οποίο συνήθως αυτή διδάσκεται στη σχολική τάξη: ως ένα σύνολο ορισμών, νόμων, τύπων, διαδικασιών κ.λπ. που πρέπει να απομνημονευτούν από τους μαθητές. Εύλογα, λοιπόν, ανακύπτει το ερώτημα τι θα μπορούσαμε να αλλάξουμε στη διδασκαλία μας, ώστε αυτή αντί να παρουσιάζει τη Φυσική ως συσώρευση απομονωμένων κομματιών πληροφορίας αποκομμένων από τον πραγματικό κόσμο, να την προβάλλει ως μία συνεκτική δομή εννοιών οι οποίες θεμελιώνονται πειραματικά και περιγράφουν τη φύση (Wieman & Perkins, 2005).

Επιχειρώντας να δοθεί απάντηση στο θεμελιώδες αυτό ερώτημα, θα πρέπει κάποιος να απαντήσει αρχικά στα ερωτήματα (Κουμαράς, 2017):

1<sup>ο</sup>: Πώς να διδάξουμε Φυσική

2<sup>ο</sup>: Τι διδακτικό υλικό θα χρησιμοποιήσουμε για να διδάξουμε Φυσική

3<sup>ο</sup>: Πώς να αξιολογήσουμε ό,τι έχουμε διδάξει

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας ασχολούμαστε με το 2<sup>ο</sup> ερώτημα, υποστηρίζοντας την άποψη ότι η διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο μπορεί να καταστεί περισσότερο ελκυστική για την πλειονότητα των μαθητών, σε ό,τι αφορά το εκπαιδευτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί, εφόσον κατά την ανάπτυξή του έχουν ληφθεί υπόψη τα εξής:

1. Ο αιτιακός τρόπος συλλογισμού πολλών μαθητών
2. Η ενσωμάτωση χαρακτηριστικών της φύσης των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.)
3. Η αξιοποίηση καθημερινών υλικών για την πραγματοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων

### **Ο αιτιακός τρόπος συλλογισμού των μαθητών**

Οι μαθητές όταν ξεκινούν μαθήματα Φ.Ε. διαθέτουν ήδη ερμηνευτικά σχήματα και ιδέες που αφορούν φαινόμενα που θα διδαχθούν. Η έρευνα στη διδακτική των Φ.Ε. έχει υποδείξει την ισχυρή παρουσία αιτιακών ερμηνειών στη συλλογιστική που ακολουθούν οι μαθητές, που συχνά λαμβάνονται ως ένας μηχανισμός ικανός να περιγράφει και να προβλέπει την έκβαση ενός φαινομένου (Viennot, 2014).

Κατά την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού θεωρήσαμε ότι το μοντέλο της αιτιότητας βρίσκεται πίσω από πολλές καταγραμμένες ιδέες των μαθητών. Σύμφωνα με αυτό, υποστηρίζουμε ότι, συνειδητά ή ασυνειδητά, οι ερωτώμενοι μαθητές προσπαθούν να επινοήσουν μια αιτιακή σχέση με την οποία απαντούν γιατί και πώς συνέβη ένα γεγονός (ερμηνευτική ισχύς) ή για να προβλέψουν την έκβαση ενός φαινομένου (προβλεπτική ισχύς) (Τσακμάκη, 2017, σ. 49-53).

### **Η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε.**

Με τον όρο «φύση των Φ.Ε.» εννοούμε παραδοχές, αξίες και πεποιθήσεις σύμφυτες με την ανάπτυξη των επιστημονικών γνώσεων (Lederman, 1992). Σύμφωνα με τα βασικά χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. η επιστημονική γνώση: Φ1) βασίζεται σε παρατηρήσεις, οι οποίες οδηγούν σε συμπεράσματα, τα οποία είναι διαφορετικό είδος γνώσης από τις παρατηρήσεις, Φ2) στηρίζεται – ή τουλάχιστον επιβεβαιώνεται από την – στην εμπειρία αλλά περιλαμβάνει την ανθρώπινη φαντασία και δημιουργικότητα, Φ3) δεν είναι απόλυτη και σίγουρη, υπόκειται σε αλλαγές όταν οι παρατηρήσεις δεν ερμηνεύονται με την υπάρχουσα θεωρία, Φ4) είναι υποκειμενική, καθώς οι επιστήμονες είναι άνθρωποι με ορισμένο τρόπο σκέψης, γνώσεις, πεποιθήσεις κ.λπ. αλλά και αντικειμενική καθώς η επιστημονική κοινότητα κρίνει τη δουλειά των μεμονωμένων επιστημόνων, Φ5) επηρεάζεται και επηρεάζεται από τις υπάρχουσες κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές συνθήκες και τέλος, Φ6) οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη γνώσης (Lederman et al, 2014).

Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι η διδασκαλία της φύσης των Φ.Ε. είναι χρήσιμη για α) την αύξηση ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φ.Ε., καθιστώντας τη διδασκαλία πιο ελκυστική, β) την πληρέστερη κατανόηση των Φ.Ε. ενσωματώνοντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τη γνώση των Φ.Ε. από τις γνώσεις άλλων τομέων και γ) αποτελούν κομμάτι του επιστημονικού γραμματισμού και της εκπαίδευσης του πολίτη, κεντρικό πυλώνα των προγραμμάτων σπουδών στις Φ.Ε. παγκόσμια (Bell 2006, p. 429).

Η φύση των Φ.Ε. ενσωματώνεται στη διδασκαλία των Φ.Ε. με τρεις τρόπους (Lederman, 2009): α) μέσω της διδασκαλίας της Ιστορίας των Φ.Ε. β) μέσω της διδασκαλίας κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων και γ) μέσω της επιστημονικής διερεύνησης. Κατά την ανάπτυξη του παρόντος εκπαιδευτικού υλικού δόθηκε βαρύτητα στην ανάδειξη της φύσης των Φ.Ε. μέσω της διερεύνησης, ενώ στοιχεία της ιστορίας των Φ.Ε. ανέκυψαν μέσω της πραγματοποίησης ιστορικών πειραμάτων.

### **Η αξιοποίηση καθημερινών υλικών**

Η διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο, σε μια περίοδο της ζωής τους που τα παιδιά διαθέτουν ακόμη χαμηλό μαθηματικό υπόβαθρο, μπορεί να θεωρηθεί ότι οφείλει να έχει ως κύριους στόχους όχι τόσο την ποσοτική επιβεβαίωση νόμων αλλά την επίγνωση των φαινομένων και τη συσχέτιση όσων διδάσκονται στο σχολείο με τον κόσμο της καθημερινής ζωής (Πιερράτος, 2013). Στο πλαίσιο αυτό η χρήση καθημερινών υλικών για την υποστήριξη της πειραματικής διδασκαλίας της Φυσικής παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα έναντι της χρήσης εξειδικευμένου εργαστηριακού εξοπλισμού επειδή, μεταξύ άλλων, (Κουμαράς, 2017, σ. 90): K1. η προσοχή του παιδιού εστιάζεται στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του πειράματος, K2. αποφεύγεται το ενδεχόμενο τα παιδιά να αποδίδουν την έκβαση ενός πειράματος στα χρησιμοποιούμενα ειδικά υλικά, K3. τονίζεται ότι η επιστήμη δεν είναι κάτι το εξωτικό και απόμακρο αλλά σχετίζεται άμεσα με αντικείμενα και κοινές εμπειρίες της καθημερινής ζωής, δείχνοντας έτσι και την εμπειρική βάση των Φ.Ε., K4. αποφεύγονται πρόσθετες δυσκολίες στη διδακτική διαδικασία μιας και τα ειδικά σχεδιασμένα σύνθετα όργανα είναι πιθανό να αποτελούν τα ίδια αντικείμενο μάθησης και όχι μέσο για τη μάθηση.

Κατά την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού επιχειρήθηκε, ως επί το πλείστον, να χρησιμοποιηθούν καθημερινά υλικά εκτός από ελάχιστες περιπτώσεις όπου αυτό δεν ήταν εφικτό (για παράδειγμα, η χρήση πυρίμαχων δοκιμαστικών σωλήνων).

### **ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ**

Στο πλαίσιο των επιμορφωτικών συναντήσεων των Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.), το Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου κάλεσε το Σεπτέμβριο του 2017 τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν το μάθημα της Φυσικής στα Γυμνάσια ευθύνης του, σε δύο τριώρης διάρκειας συναντήσεις με σκοπό την διάχυση εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε για την εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής. Στις συναντήσεις

συμμετείχαν 35 εκπαιδευτικοί του κλάδου ΠΕ04 από 22 Γυμνάσια της Δυτικής Θεσσαλονίκης.

Η ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού έγινε σε δύο μέρη. Στο Α΄ μέρος προτάθηκε εξοπλισμός, με βάση καθημερινά υλικά, ικανός να υποστηρίξει όχι μόνο όσες εργαστηριακές ασκήσεις Φυσικής θεωρούνται υποχρεωτικές (με την έννοια ότι αναφέρονται ρητά στις ετήσιες οδηγίες διδασκαλίας του μαθήματος ή υπάρχουν στους αντίστοιχους εργαστηριακούς οδηγούς) αλλά και μεγάλο αριθμό πειραμάτων επίδειξης. Στο Β΄ μέρος αναπτύχθηκαν ολοκληρωμένες διδακτικές εργαστηριακές προτάσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν με τον συγκεκριμένο εξοπλισμό. Η διδακτική προσέγγιση που υιοθετήθηκε ήταν η καθοδηγούμενη διερεύνηση και η προσανατολισμένη διερεύνηση (Κουμαράς, 2015).

### **Α΄ μέρος: ένα εργαστήριο Φυσικής από υλικά καθημερινής χρήσης**

Η διδακτέα ύλη της Φυσικής στις τρεις τάξεις του Γυμνασίου εκτυλίσσεται γύρω από τις εξής πέντε θεματικές ενότητες: μετρήσεις, θερμότητα, μηχανική, ηλεκτρισμός-μαγνητισμός και οπτική. Προκειμένου να είναι πιο εύκολη η οργάνωση του εργαστηρίου προτάθηκε στους επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς εξοπλισμός από καθημερινά, κυρίως, υλικά για κάθε θεματική ενότητα ξεχωριστά.

Υλικά για τη θεματική ενότητα «Μετρήσεις»:

|                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| Χρονόμετρο                      | Κολλητική ταινία                   |
| Δυναμόμετρα                     | Πλαστελίνες                        |
| Ζυγαριά κουζίνας (με μπαταρία)  | Μερικά καρφιά διάφορων μεγεθών     |
| Ψαλίδι ή κοπίδι                 | Διάφορα βαρίδια                    |
| Διακοσμητικά κεριά (κυλινδρικά) | Πλαστικά μπουκάλια 0,5L και 1,5L   |
| Μεζούρα χάρτινη                 | Πλαστικά ποτήρια & καλαμάκια       |
| Σπάγκος                         | Πλαστικά πιάτα διάφορων μεγεθών    |
| Λάστιχο ραπτικής                | Πλαστικά κουταλάκια                |
| Λαστιχάκια διάφορων μεγεθών     | Πλαστική λεκάνη                    |
| Συνδετήρες διάφορων μεγεθών     | Κανάτες-μεζούρες 500 mL και 250 mL |
| Κόλλα ρευστή                    | Οινόπνευμα                         |

Για παράδειγμα, το λάστιχο ραπτικής μπορεί να χρησιμοποιηθεί, λόγω της γραμμικής ελαστικότητάς του, ως δυναμόμετρο, το οποίο αφού βαθμονομηθεί μπορεί να αξιοποιηθεί για τη μελέτη του νόμου του Hooke.

Υλικά για τη θεματική ενότητα «Μηχανική»:

|                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Χρονόμετρο                  | Πλαστελίνες                    |
| Ελατήριο Slinky-παιχνίδι    | Μερικά καρφιά διάφορων μεγεθών |
| Παιδικό αυτοκινητάκι        | Διάφορα βαρίδια                |
| Ψαλίδι ή κοπίδι             | Πιστόλι σιλκόνης               |
| Μεζούρα χάρτινη             | Αλφαδολάστιχο                  |
| Σπάγκος                     | Μεμβράνη Τροφίμων              |
| Λαστιχάκια διάφορων μεγεθών | Τενεκεδάκια αναψυκτικών        |
| Κόλλα ρευστή                | Ξυλάκια από σουβλάκι           |



Κολλητική ταινία

Σταγονόμετρα

Για παράδειγμα, το αφαδολάστιχο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη φαινομένων που σχετίζονται με την υδροστατική πίεση και την πραγματοποίηση ιστορικών πειραμάτων όπως αυτά του Πασκάλ (Koumaras & Pierratos, 2015).

Υλικά για τη θεματική ενότητα «Θερμότητα»:

|                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| Θερμόμετρο -10°C έως 110°C     | Πλαστικά μπουκάλια 0,5L και 1,5L   |
| Βραστήρας ή γκαζάκι            | Πλαστικά ποτήρια θερμοαντοχής      |
| Χρονόμετρο                     | Πλαστικά καλαμάκια                 |
| Αναπτήρας ασφαλείας            | Πλαστικά κουταλάκια                |
| Πυρίμαχοι δοκιμαστικοί σωλήνες | Κανάτες-μεζούρες 500 mL και 250 mL |
| Κεράκια ρεσώ                   | Μανταλάκια ξύλινα                  |
| Σπάγκος                        | Υδατοδιαλυτό μελάνι ή χρώμα        |
| Λαστιχάκια διάφορων μεγεθών    | ζαχαροπλαστικής                    |
| Κολλητική ταινία               | Μεμβράνη τροφίμων                  |
| Μπαλόνια                       |                                    |

Σχετικό παράδειγμα χρήσης των υλικών αυτών δίνεται στο Β΄ μέρος.

Υλικά για τη θεματική ενότητα «Ηλεκτρισμός-Μαγνητισμός»:

|                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Ηλεκτρονική ρακέτα για έντομα        | Μετασχηματιστής 3-12 V ή φορτιστής  |
| Παιχνίδι Fun Fly Stick               | κινητού                             |
| Πολύμετρο                            | Μπαταρίες 3 & 4,5 V                 |
| Αντιστάτες με διάφορες αντιστάσεις   | Λαμπάκια χριστουγεννιάτικου δέντρου |
| Μαγνήτες (νεοδυμίου και geomag)      | Λαμπάκια LED διάφορων χρωμάτων      |
| Καλώδια κροκοδειλάκια                | Μερικά καρφιά διάφορων μεγεθών      |
| Δοκιμαστικό κατσαβίδι με ηλεκτρονικό | Ατσαλόσυρμα                         |
| κύκλωμα                              | Σακουλάκια φαγητού μιας χρήσης      |
| Πιεζοηλεκτρικός βομβητής             | Αλάτι - Ζάχαρη                      |
| Αλουμινόχαρτο                        | Ξυλάκια από σουβλάκι                |

Για παράδειγμα, το παιχνίδι Fun Fly Stick μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πειράματα ηλεκτροστατικής (Πιερράτος & Κουμαράς, 2014), ο πιεζοηλεκτρικός βομβητής για την ανίχνευση πολύ μικρών ηλεκτρικών τάσεων ενώ η ηλεκτρονική ρακέτα για έντομα μπορεί να αντικαταστήσει τη μηχανή Whimshurst.

Υλικά για τη θεματική ενότητα «Οπτική»:

|                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Πράσινο λείζερ                 | Λαμπάκια LED διάφορων χρωμάτων   |
| Πυρίμαχοι δοκιμαστικοί σωλήνες | Πλαστικά καλαμάκια               |
| Μεζούρα χάρτινη                | Πλαστικά πιάτα διάφορων μεγεθών  |
| Σπάγκος                        | Κυλινδρικό γυάλινο ποτήρι-σωλήνα |
| Λαστιχάκια διάφορων μεγεθών    | Οινόπνευμα                       |
| Νοδεδτήρες διάφορων μεγεθών    | Γλυκερίνη ή ηλιέλαιο             |
| Πλαστελίνες                    | Διαφανής μακρόστενη λεκάνη       |
| Κολλητική ταινία               |                                  |

Για παράδειγμα, η γλυκερίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εντυπωσιακά πειράματα διάθλασης, ενώ τα λαμπάκια LED διάφορων χρωμάτων για τη διερεύνηση του τρόπου δημιουργίας των χρωμάτων.

### **Β' μέρος: Ενδεικτική εργαστηριακή δραστηριότητα**

*Φυσική Α' γυμνασίου: Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία – Η θερμική ισορροπία*

Ένας από τους κύριους διατυπωμένους στόχους της ενότητας αυτής είναι οι μαθητές να διαχωρίσουν τις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία (Καλκάνης κ.ά., 2013). Επειδή τα πειράματα με πηγές θερμότητας και νερό υψηλής θερμοκρασίας μπορεί να είναι επικίνδυνα σε μία τάξη με 5-6 ομάδες παιδιών και ενός μόνο διδάσκοντα, προτείνεται ό,τι πείραμα ακολουθεί να γίνει υπό μορφή επίδειξης, με εξαίρεση ίσως το Ε' μέρος της 2<sup>ης</sup> διδακτικής ώρας. Είναι επιθυμητό να επιλέγονται διαφορετικοί μαθητές κάθε φορά για να κάνουν τις σχετικές μετρήσεις που περιγράφονται καθώς και να γίνει προσπάθεια να εμπλακούν όλοι οι μαθητές στις εκάστοτε συζητήσεις.

Υλικά που απαιτούνται: Πυρίμαχοι δοκιμαστικοί σωλήνες, κεράκια ρεσώ, αναπτήρας, νερό, 2 θερμομετρα οινόπνευματος, 2 πλαστικά διαφανή ποτήρια θερμοαντοχής, υδατοδιαλυτό μελάνι, ξύλινα μανταλάκια, βραστήρας, πλαστική λεκάνη.

1η διδακτική ώρα: διαφοροποίηση θερμότητας-θερμοκρασίας

Δραστηριότητα 1: Σε έναν δοκιμαστικό σωλήνα βάζουμε 5 ml νερού βρύσης και μετράμε τη θερμοκρασία  $\theta_0$ . Κρατώντας με ένα μανταλάκι, τοποθετούμε πάνω από ένα αναμμένο κεράκι ρεσώ για ένα λεπτό ακριβώς και καταγράφουμε την τελική θερμοκρασία  $\theta_1$ . Προκαλούμε συζήτηση στην ολομέλεια ρωτώντας τα παιδιά να πουν τη γνώμη τους γιατί αυξήθηκε η θερμοκρασία του νερού. Αφού ακούσουμε τα παιδιά εστιάζουμε/καθοδηγούμε στο συμπέρασμα ότι προσφέρθηκε «κάτι» από τη φλόγα του κεριού. Προτείνουμε να δώσουμε όνομα σε ό,τι προσφέρθηκε και εισάγουμε αξιωματικά τον όρο «θερμότητα».

Σε όμοιο δοκιμαστικό σωλήνα βάζουμε πάλι 5 ml νερού βρύσης και μετράμε τη θερμοκρασία  $\theta_0$  (αναμένεται να είναι ίση με πριν). Τοποθετούμε με ένα μανταλάκι πάνω από ένα αναμμένο κεράκι ρεσώ για δύο λεπτά ακριβώς και καταγράφουμε τη θερμοκρασία  $\theta_2$ , η οποία θα είναι μεγαλύτερη από τη  $\theta_1$ . Ρωτάμε τα παιδιά γιατί η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη στη δεύτερη περίπτωση και τα καλούμε να χρησιμοποιήσουν την έννοια θερμότητα για να περιγράψουν αυτή την παρατήρηση. Με βάση τον αιτιακό συλλογισμό, αναμένεται ότι η κυρίαρχη απάντηση θα είναι η εξής: *Δόθηκε περισσότερη θερμότητα με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη θερμοκρασία του νερού.*

Δραστηριότητα 2: Σε δύο «αδιαφανείς» (για παράδειγμα, τους έχουμε αφήσει να μαυρίσουν από την αιθάλη ενός κεριού) όμοιους δοκιμαστικούς πυρίμαχους σωλήνες βάζουμε διαφορετικές ποσότητες νερού βρύσης, χωρίς να γνωρίζουν οι μαθητές ότι οι ποσότητες είναι διαφορετικές. Τις θερμομετρούμε και καταγράφουμε τις αναμενόμενα ίδιες αρχικές θερμοκρασίες. Κρατάμε με τα μανταλάκια τους 2 σωλήνες πάνω από δύο αναμμένα όμοια κεράκια για 1 λεπτό και καταγράφουμε τις δύο διαφορετικές τελικές θερμοκρασίες. Προκαλούμε συζήτηση: Αν υποθέσουμε ότι τα δύο κεράκια παρέχουν ίσες ποσότητες θερμότητας γιατί καταλήξαμε σε διαφορετικές τελικές θερμοκρασίες; Αφού

ακούσουμε τις υποθέσεις των παιδιών, και ανάλογα με το διαθέσιμο χρόνο ελέγξουμε πειραματικά κάποιες από αυτές, δείχνουμε τελικά ότι υπήρχαν διαφορετικές ποσότητες νερού μέσα στους δύο σωλήνες (φυσικά, θα μπορούσαν να υπάρχουν ίσες ποσότητες διαφορετικών υγρών). Συντονίζοντας τη συζήτηση στην τάξη μεταξύ των παιδιών για το πώς μπορεί να ερμηνευτεί η παρατήρησή μας, τα καθοδηγούμε στο συμπέρασμα ότι ίδια ποσότητα θερμότητας μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικές μεταβολές θερμοκρασίες.

**Δραστηριότητα 3:** Θέτουμε το εξής ερώτημα προς διερεύνηση: διαφορετικές ποσότητες νερού, ίδιας αρχικής θερμοκρασίας, θα φτάσουν στην ίδια τελική (αυθαίρετη, αλλά υψηλότερη) θερμοκρασία σε ίσους χρόνους; Γιατί; Αφού ακούσουμε τις υποθέσεις των παιδιών, κάνουμε το πείραμα και από τις παρατηρήσεις συμπεραίνουμε ότι η μεγαλύτερη ποσότητα νερού αργεί περισσότερο να αποκτήσει την επιθυμητή τελική θερμοκρασία. Αφού ακούσουμε ερμηνείες εκ μέρους των μαθητών επιχειρούμε να καταλήξουμε σε ένα γενικό συμπέρασμα που να περιγράφει τις παρατηρήσεις και για τις τρεις δραστηριότητες. Αυτό θα μπορούσε να είναι το ακόλουθο: Παρέχοντας θερμότητα μπορούμε να μεταβάλλουμε τη θερμοκρασία του νερού. Το πώς, όμως, θα μεταβληθεί η θερμοκρασία εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο χρόνος θέρμανσης και η ποσότητα του νερού (όπως επίσης το «μέγεθος» του κεριού ή το είδος του υγρού, όπως ισχυρίζονται μερικοί μαθητές). Συνεπώς, η θερμότητα και η θερμοκρασία φαίνονται να είναι διαφορετικές έννοιες.

**Δραστηριότητα 4:** Σε δύο διαφανή πλαστικά ποτήρια θερμοαντοχής τοποθετούμε ίσες ποσότητες ζεστού και κρύου νερού. Ρίχνουμε από μία σταγόνα χρώματος ζαχαροπλαστικής (ή υδατοδιαλυτό μελάνι). Καλούμε τα παιδιά να παρατηρήσουν τι θα συμβεί: η χρωματισμένη σταγόνα διαχέεται γρήγορα σε ολόκληρο τον όγκο του ζεστού νερού ενώ στο κρύο παραμένει συγκεντρωμένη σε σαφώς πιο περιορισμένο όγκο. Πώς εξηγείται ό,τι παρατηρούμε; Σχετίζεται, άραγε, με το γεγονός ότι το ζεστό νερό έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από το κρύο; Στο σημείο αυτό μπορεί να επιχειρηθεί μία αξιωματική εισαγωγή του μοντέλου του μικρόκοσμου με βασικό άξονα την ιδέα: όσο πιο μεγάλη η θερμοκρασία τόσο πιο γρήγορα κινούνται τα «μόρια» του νερού (ιδέα που είναι σε συμφωνία με τον αιτιακό τρόπο σκέψης των περισσότερων παιδιών). Επιπλέον τονίζεται ότι η δημιουργία μοντέλων από τους επιστήμονες είναι απόρροια της φαντασίας και της δημιουργικότητάς τους (χαρακτηριστικό Φ2) για να περιγράψουν συστήματα που δεν μπορούν να αντιληφθούν με τις αισθήσεις τους (Lederman et al, 2014).

**2η διδακτική ώρα: Θερμική ισορροπία**

**A. Πρόκληση ενδιαφέροντος – Προσανατολισμός:** Θέτουμε στα παιδιά το εξής πρόβλημα: Ο Γιάννης θέλει να πλύνει το καινούργιο του πουκάμισο αλλά το πλυντήριο έχει χαλάσει. Σύμφωνα με την ετικέτα του ρούχου πρέπει να το πλύνει στους  $40^{\circ}\text{C}$ . Αν το πλύνει σε χαμηλότερη θερμοκρασία δεν θα καθαρίσει, αν το πλύνει σε υψηλότερη θα ξεβάσουν τα χρώματά του. Ο Γιάννης διαθέτει νερό από τη βρύση θερμοκρασίας  $20^{\circ}\text{C}$  και ζεστό νερό από το θερμοσίφωνο θερμοκρασίας  $60^{\circ}\text{C}$ . Μπορείτε να βοηθήσετε τον Γιάννη να πλύνει με ασφάλεια το καινούργιο του πουκάμισο;

Β. Συζήτηση - Διατύπωση υποθέσεων: Συζητάμε με τα παιδιά προσπαθώντας να τα καθοδηγήσουμε να καταλάβουν καταρχάς σε τι συνίσταται η εκ μέρους τους βοήθεια ως προς τον Γιάννη: να βρουν έναν τρόπο ώστε έχοντας νερό θερμοκρασίας 20°C και 60°C να καταλήξουν τελικά να έχουν νερό θερμοκρασίας 40°C. Καλούμε τα παιδιά να διατυπώσουν υποθέσεις πειραματικά ελέγξιμες για το πώς μπορούν να πετύχουν το ζητούμενο. Καταγράφουμε στον πίνακα τις υποθέσεις που διατυπώνονται και σχολιάζουμε κάθε μία από αυτές για το κατά πόσο είναι δυνατόν να ελεγχθεί πειραματικά. Απορρίπτουμε όσες δεν είναι δυνατόν να ελέγξουμε.

Γ. Ενεργώ – πειραματίζομαι: Διαθέτουμε δύο ποτήρια με νερό, θερμοκρασίας 60°C και 20°C αντίστοιχα, αλλά ίσης ποσότητας. Δύο μαθητές τα θερμομετρούν. Θέτουμε τις εξής ερωτήσεις προς διερεύνηση: αν αναμιζουμε το νερό των δύο ποτηριών τι θερμοκρασία θα έχει το νερό που θα προκύψει; Τι θα γίνει αν το ζεστό νερό είναι διπλάσιο σε ποσότητα από το κρύο; Τι θα γίνει αν το κρύο είναι διπλάσιο από το ζεστό; Κάποιοι μαθητές τείνουν να πιστεύουν ότι η θερμοκρασία, όπως η μάζα για παράδειγμα, έχει προσθετικές ιδιότητες (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000): ποσότητα νερού θερμοκρασίας 60°C και ίση ποσότητα νερού θερμοκρασίας 20°C θα δώσει νερό θερμοκρασίας 80°C. Είναι μια ευκαιρία να αναδείξουμε πειραματικά την ανεπάρκεια των ιδεών τους. Καθώς η θερμοκρασία του ζεστού νερού δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή για να είναι επικίνδυνη, τα παραπάνω ερωτήματα μπορεί να ζητηθούν να απαντηθούν πειραματικά το καθένα από μία-δύο διαφορετικές ομάδες παιδιών και στο τέλος όλες οι ομάδες να παρουσιάσουν τα αποτελέσματά τους στην ολομέλεια.

Προκειμένου να ερμηνευτούν τα αποτελέσματα του πειράματος απαιτείται προσφυγή στον μικρόκοσμο οπότε ο διδάσκων πρέπει να το συσχετίσει με τη Δραστηριότητα 4 της 1<sup>ης</sup> διδακτικής ώρας. Χρήσιμο θα μπορούσε να είναι το εξής νοητικό πείραμα: Έστω μία ομάδα 10 μαθητών κινείται πολύ αργά μέσα στην άδεια τάξη. Μία δεύτερη ομάδα 10 μαθητών τρέχουν μέσα στην τάξη γρήγορα και ως αποτέλεσμα σκοντάφτουν συχνά πάνω στους αργά κινούμενους. Τι πιστεύετε ότι θα συμβεί μετά από λίγο με τις ταχύτητες των γρήγορα κινούμενων μαθητών; Τι με αυτές των αργά κινούμενων; Εκμαιεύουμε από τα παιδιά ότι μετά από λίγο αρκετοί από τους μαθητές θα κινούνται με ενδιάμεση ταχύτητα: αρκετοί από τους αρχικά γρήγορους θα κινούνται πιο αργά και αρκετοί από τους αρχικά αργούς θα κινούνται πιο γρήγορα.

Δ. Συμπεράσματα: Πώς μπορούν να εξηγηθούν οι μεταβολές στη θερμοκρασία του νερού που προκύπτει από την ανάμιξη με βάση το μικροσκοπικό μοντέλο; Τι θα συμβεί στα γρήγορα κινούμενα μόρια και τι στα αργά;

Ε. Εφαρμογή – Γενίκευση – Αξιολόγηση: Σε μία λεκάνη βάζουμε νερό θερμοκρασίας 60°C και τοποθετούμε μέσα σε αυτό ένα ποτήρι γεμισμένο με νερό θερμοκρασίας 20°C. Τοποθετούμε κατάλληλα από ένα θερμομέτρο και καταγράφουμε την εξέλιξη των δύο θερμοκρασιών κάθε ένα λεπτό. Με τα δεδομένα που προκύπτουν κάνουμε γραφικές παραστάσεις. Πώς άραγε θα επηρεαστεί η θερμοκρασία ισορροπίας αν αλλάξουμε τις ποσότητες του νερού στο ποτήρι και στη λεκάνη;

## ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η παραπάνω εργαστηριακή πρόταση εφαρμόστηκε πιλοτικά κατά το σχολικό έτος 2017-2018 σε 8 σχολικές τάξεις Γυμνασίων της περιοχής ευθύνης του Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου. Σύμφωνα με τους 5 εκπαιδευτικούς που την εφάρμοσαν καταγράφηκαν, συγκεντρωτικά, τα εξής:

- Στις προβλέψεις τους πολλά παιδιά χρησιμοποιούν αιτιακό συλλογισμό όταν επιχειρούν προβλέψεις ή ερμηνεία φαινομένων, και ειδικά τον κανόνα «μεγαλύτερη αιτία οδηγεί σε μεγαλύτερο αποτέλεσμα» (Τσακμάκη, 2017). Ενδεικτικά, κατά την πραγμάτευση της 3<sup>ης</sup> δραστηριότητας ένας μαθητής εξήγησε την παρατηρούμενη διαφορά στους χρόνους θέρμανσης ως εξής: *«απαιτήθηκε περισσότερος χρόνος, επομένως θα πρέπει να υπάρχει περισσότερη θερμότητα, για να το ζεστάνει»*, ενώ ένας άλλος: *«Οι θερμοκρασίες είναι ίσες, αυτό σημαίνει ότι έχουν πάρει την ίδια θερμότητα»*.
- Η πρόταση παρείχε τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να τονίσουν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του εργαστηρίου τα χαρακτηριστικά Φ1 (σε όλες τις δραστηριότητες), Φ2 (κατά τη δραστηριότητα 4 και τα μέρη Β, Γ και Δ στην προσπάθεια εύρεσης λύσεων) και το χαρακτηριστικό Φ4 (κατά τις δραστηριότητες 1, 2 και 3). Τονίζεται ότι τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φ.Ε. πρέπει να δηλώνονται ρητά και με σαφήνεια από τον εκπαιδευτικό με σκοπό την ανάδειξή τους (Lederman et al, 2014).
- Η συμμετοχή στις συζητήσεις μέσα στην τάξη ήταν εκτενείς και συμμετείχαν σε αυτές περισσότερα παιδιά από ό,τι συνήθως.
- Αρκετά παιδιά εκδήλωσαν ενδιαφέρον να συνεχίσουν τους πειραματισμούς τους σχετικά με την ανάμιξη ποσοτήτων νερού διαφορετικών θερμοκρασιών και στο σπίτι, δυνατότητα που υπήρξε χάρη στη χρήση καθημερινών υλικών.
- Πολλά παιδιά είχαν δυσκολίες στη διατύπωση πειραματικά ελέγξιμων υποθέσεων και απαιτήθηκε σημαντική καθοδήγηση από τους διδάσκοντες, που τις περισσότερες φορές διατύπωσαν οι ίδιοι τις εν λόγω υποθέσεις.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή έχει υποστηριχθεί ότι η χρήση των καθημερινών υλικών στο σχολικό εργαστήριο του Γυμνασίου φαίνεται ότι μπορεί να αναθερμάνει το ενδιαφέρον των παιδιών για τις Φ.Ε. και τη Φυσική ειδικότερα. Υιοθετώντας ενεργές μορφές διδασκαλίας και αξιοποιώντας τον αιτιακό τρόπο σκέψης, που μοιάζει να ακολουθούν πολλοί μαθητές, ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να εμπλέξει στη μαθησιακή διαδικασία το σύνολο των μαθητών. Στο διδακτικό αυτό πλαίσιο ευνοείται σημαντικά η ανάδειξη πολλών χαρακτηριστικών της φύσης των Φ.Ε. που αποτελεί στόχο πολλών σύγχρονων προγραμμάτων σπουδών.

Μολονότι στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε ενδεικτικά μία μόνο εργαστηριακή δραστηριότητα, έχει αναπτυχθεί σχετικό εκπαιδευτικό υλικό για το σύνολο των μαθημάτων Φυσικής στο Γυμνάσιο. Σε συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς που

εφαρμόζουν στις τάξεις τις προτεινόμενες δραστηριότητες σχεδιάζεται η εκτενής αξιολόγηση του υλικού αυτού.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bell, R.L. (2006). Perusing Pandora's Box, Chapter 19. *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Eds Lederman, N. Flick, L. Springer.
- Bennett, J. & Hogarth, S. (2009). Would you want to talk to a scientist at a party? High school students' attitudes to school science and to science. *International Journal of Science Education*, 31(14), 1975–1998.
- Koumaras, P. & Pierratos, T. (2015). How Much Does a Half-Kilogram of Water “Weigh”? *The Physics Teacher* 53, 174.
- Lederman J.S. (2009). Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and open-ended levels. In: *National Geographic Science: Best Practices and Research Base*. Hapton-Brown, pp. 8-20.
- Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lederman, N.G. Antink, A. Bartos, S. (2014). Nature of Science, Scientific Inquiry and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientific Literate Citizenry. *Science & Education*, 23(2), 285-302.
- Viennot, L. (2014) *Thinking on physics. The pleasure of reasoning and understanding*. Springer.
- Wieman, C.E. & Perkins, K.K. (2005). Transforming Physics Education. *Physics Today*. 58, 11.
- Καλκάνης, Γ. κ.ά. (2013). *Φυσική με Πειράματα, Α' Γυμνασίου*. ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- Κουμαράς, Π. (2015). Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 6, 19-28.
- Κουμαράς, Π. (2017). *Διδάσκοντας Φυσική Αύριο*. GUTENBERG.
- Πιερράτος, Θ. & Κουμαράς, Π. (2015). Παιχνίδια του εμπορίου ως εργαλεία για την υποστήριξη της διερευνητικής μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες. Στο *Σκουμπορδή Χ. και Σκουμιάς Μ. (2015). Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, 1012-1022.
- Πιερράτος, Θ. (2013). Η σχολική Φυσική, τα μαθηματικά και ο υπέροχος φυσικός κόσμος “εκεί έξω”. Στο *Πιερράτος, Θ., Αρτέμη, Σ., Πολάτογλου, Χ. & Κουμαράς, Π. (2013). Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου - “Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;”*, 153-155.
- Σκουμιάς, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 31, 58-71.
- Τσακμάκη, Π. (2017). *Αναζήτηση “νόμων”, στο πλαίσιο της αιτιότητας, στις απόψεις των μαθητών/τριών για την πρόβλεψη και ερμηνεία φαινομένων και διδακτική αξιοποίησή τους στη διδασκαλία της Φυσικής*. Διδακτορική διατριβή, Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ.

# Μελλοντικοί Νηπιαγωγοί Σχεδιάζουν & Αναστοχάζονται Δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών: Μια Μελέτη Περίπτωσης για τις Λειτουργίες του Ανθρώπινου Οργανισμού

Αναστάσιος Σιάτρας<sup>1</sup> και Βασιλεία Χρηστίδου<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Μεταδ/κός Ερευνητής-Υπότροφος ΙΚΥ, ΠΤΠΕ, Παν/μιο Θεσσαλίας, asiattras@uth.gr

<sup>2</sup> Καθηγήτρια, ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, vchristi@uth.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία παρουσιάζεται μελέτη περίπτωσης που αφορά στο σχεδιασμό ποιοτικού εκπαιδευτικού έργου στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) στο πλαίσιο ανάπτυξης και εφαρμογής μαθήματος επιλογής στο Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το μάθημα στόχευε να εμπλέξει φοιτήτριες/τές στην ανάπτυξη δραστηριοτήτων ΦΕ που να απευθύνονται σε όλα τα παιδιά, ενισχύοντας την παιδαγωγική, διδακτική και αναστοχαστική τους ετοιμότητα. Στη μελέτη παρουσιάζονται ευρήματα από την ανάλυση εργασιών που εκπόνησε μια ομάδα φοιτητριών για την ενότητα των λειτουργιών του ανθρώπινου οργανισμού. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι φοιτήτριες αναθεώρησαν τους αρχικούς εκπαιδευτικούς σχεδιασμούς και αναστοχάστηκαν σε ένα βαθμό πάνω σε προβλήματα που ανέκυψαν στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων ΦΕ. Αναδεικνύεται η ανάγκη συμπερίληψης αντίστοιχου προγράμματος στην εκπαίδευση μελλοντικών νηπιαγωγών για τη διασφάλιση ποιοτικών αποτελεσμάτων στις ΦΕ σε όλους/ες.

**ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπαίδευση μελλοντικών νηπιαγωγών, σχεδιασμός & ανάπτυξη δραστηριοτήτων ΦΕ, ποιοτική εκπαίδευση για όλους/ες.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από διεθνείς έρευνες προκύπτει ότι μόνο ένας ιδιαίτερα περιορισμένος αριθμός μαθητών/τριών πετυχαίνει υψηλά εκπαιδευτικά αποτελέσματα στις ΦΕ (OECD, 2016). Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, στην εκπαιδευτική πρακτική αναδεικνύεται μια διττή προσέγγιση: (α) διδασκαλία στοιχειωδών γνώσεων και ικανοτήτων σε παιδιά με χαμηλές επιδόσεις, και (β) 'επιταχυνόμενη' διδασκαλία εξειδικευμένων γνώσεων και ικανοτήτων σε παιδιά με υψηλές επιδόσεις (Βεκ, 1989). Η διττή αυτή προσέγγιση, όμως, επιτείνει το γνωστικό βάραθρο ανάμεσα σε παιδιά με χαμηλές και υψηλές εκπαιδευτικές επιδόσεις, οδηγώντας στην αναπαραγωγή και επιδείνωση των κοινωνικών, οικονομικών

και πολιτισμικών ανισοτήτων μεταξύ των πολιτών (OECD, 2016). Συνεπώς, υποστηρίζεται ότι πρέπει να απομακρυνθούμε από τη διττή προσέγγιση και να διαμορφώσουμε μια εκπαίδευση στις ΦΕ που να ενισχύει την ανάπτυξη βασικών γνώσεων και ικανοτήτων σε όλους/ες (Calabrese-Barton & Tan, 2010).

Το στοιχείο αυτό καθιστά αναγκαία τη διαμόρφωση ενός υποστηρικτικού πλαισίου εκπαίδευσης εκπαιδευτικών που να συμβάλει στην ανάδειξη του σημαντικού ρόλου του εκπαιδευτικού έργου στις ΦΕ για τη διασφάλιση ισότιμα υψηλών εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων. Έχει, άλλωστε, αποδειχθεί ότι η πρόωπη παρέμβαση στην προσχολική εκπαίδευση μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη στη μετέπειτα εκπαίδευση των μικρών παιδιών (Belfied, 2007). Από προηγούμενη έρευνά μας, όμως, προκύπτει ότι ενώ η πλειοψηφία των μελλοντικών νηπιαγωγών υποστηρίζει ότι όλα τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να οικοδομήσουν βασικές γνώσεις και ικανότητες, οι δυνατότητες αυτές αποδίδονται κυρίως σε 'έξω-εκπαιδευτικούς' παράγοντες, όπως τα ατομικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των παιδιών (Σιάτρας & Χρηστίδου, 2018).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στόχος της εργασίας είναι να διερευνήσει τις σταδιακές παιδαγωγικές μετατοπίσεις μιας ομάδας μελλοντικών νηπιαγωγών ως αποτέλεσμα της συμμετοχής τους σε ειδικά σχεδιασμένο μάθημα. Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα είναι: (α) Μπορούν οι μελλοντικοί/ές νηπιαγωγοί να σχεδιάσουν δραστηριότητες ΦΕ που να συμβάλουν στην οικοδόμηση βασικών γνώσεων και ικανοτήτων από όλα τα παιδιά; (β) Ποια προβλήματα εντοπίζουν κατά τη διαδικασία αναστοχασμού του εκπαιδευτικού τους σχεδιασμού; (γ) Πώς και σε ποιο βαθμό αντιμετωπίζουν τα παραπάνω προβλήματα κατά τον επανασχεδιασμό των δραστηριοτήτων τους;

## ΜΕΘΟΔΟΣ

Η έρευνα υλοποιήθηκε το χειμερινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2017-18 στο Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στο επιλεγόμενο μάθημα «*Εκπαίδευση στις ΦΕ για όλα τα παιδιά*», οι φοιτήτριες/τές επεξεργάστηκαν και αναδιατύπωσαν Μαθησιακούς Στόχους, σχεδίασαν δραστηριότητες ΦΕ με βάση το Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου και αναστοχάστηκαν πάνω στους εκπαιδευτικούς τους σχεδιασμούς.

## Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσε μια ομάδα 4 φοιτητριών 5<sup>ου</sup> εξαμήνου σπουδών από ένα σύνολο 120 φοιτητριών/τών (36 ομάδες) που συμμετείχαν στο μάθημα. Η επιλογή του δείγματος έγινε με τα εξής κριτήρια: (α) Από τη διερεύνηση των αρχικών τους αντιλήψεων, πριν την έναρξη του μαθήματος, προέκυψε ότι καμία από τις φοιτήτριες της συγκεκριμένης ομάδας δεν πίστευε ότι με κατάλληλα προσανατολισμένο σχεδιασμό, το εκπαιδευτικό έργο μπορεί να υποστηρίξει την οικοδόμηση βασικών γνώσεων και ικανοτήτων από όλα τα παιδιά (βλ. Σιάτρας & Χρηστίδου, 2018), (β) Η εννοιολογικά απαιτητική θεματική περιοχή «*Λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού*» με την οποία ασχολήθηκε η ομάδα, επέτρεπε παιδαγωγικά και διδακτικά σημαντικές μετατοπίσεις στο



σχεδιασμό δραστηριοτήτων ΦΕ για την οικοδόμηση βασικών γνώσεων και ικανοτήτων από όλα τα παιδιά, με εφαρμογή στην καθημερινότητά τους.

### Περιγραφή του μαθήματος

Σκοπός του μαθήματος «*Εκπαίδευση στις ΦΕ για όλα τα παιδιά*» ήταν να αντιμετωπίσει τις αρχικές αρνητικές αντιλήψεις φοιτητριών/τών αναφορικά με το ρόλο που μπορεί να διαδραματίσει το εκπαιδευτικό έργο στη διασφάλιση ισότιμα υψηλών εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων σε όλα τα παιδιά (βλ. Σιάτρας & Χρηστίδου, 2018). Ειδικότερα, το μάθημα στόχευε να εμπλέξει μελλοντικούς/ές νηπιαγωγούς στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων που να συμβάλουν στη διαμόρφωση μιας ποιοτικής εκπαίδευσης στις ΦΕ για όλα τα παιδιά. Η διάρθρωση του μαθήματος, σε 13 εβδομαδιαίες συναντήσεις, περιλάμβανε τα θέματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Η διάρθρωση του μαθήματος

| ΜΑΘΗΜΑ      | ΤΙΤΛΟΣ  | ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ                |
|-------------|---|----------------------------------|
| Εβδομάδα 1  | ΠΣΝ - Σχεδίαση & ανάπτυξη δραστηριοτήτων            | Εργ 1: Σχεδιασμός δραστηριοτήτων |
| Εβδομάδα 2  | Παιδαγωγική πρόθεση: Εκπαίδευση στις ΦΕ για όλους   |                                  |
| Εβδομάδα 3  | Εννοιολογικό περιεχόμενο & Επιστημονικές μέθοδοι    |                                  |
| Εβδομάδα 4  | Φύση των ΦΕ & Κοινωνικο-επιστημονικά προβλήματα     |                                  |
| Εβδομάδα 5  | Διδακτικές μέθοδοι: Στόχοι & Τεχνικές               |                                  |
| Εβδομάδα 6  | Αξιολόγηση: Στόχοι & Τεχνικές                       |                                  |
| Εβδομάδα 7  | Υποστήριξη εκπαιδευτικού έργου                      |                                  |
| Εβδομάδα 8  | Στοιχεία σχεδιασμού & υλοποίησης αναστοχασμού       | Εργ 2: Αναστοχασμός 1            |
| Εβδομάδα 9  | Από την «τραπεζική» στην «ενταξιακή» ΔΦΕ            |                                  |
| Εβδομάδα 10 | Υψηλές απαιτήσεις, αλλά να μπορούν όλοι να πετύχουν | Εργ 3: Επανασχεδιασμός           |
| Εβδομάδα 11 | Διδασκαλία-Μάθηση: Αναλογία & γνωστική σύγκρουση    |                                  |
| Εβδομάδα 12 | Από τον σχεδιασμό στην ανάπτυξη του εκπ/κού έργου   |                                  |
| Εβδομάδα 13 | Παρουσιάσεις εργασιών από φοιτήτριες/τές            | Εργ 4: Αναστοχασμός 2            |

Η υλοποίηση του μαθήματος έγινε σε τρία επίπεδα: *Παιδαγωγικός προσανατολισμός, Διδακτικός σχεδιασμός, Αναστοχασμός εκπαιδευτικού σχεδιασμού*, που εξηγούνται παρακάτω.

(1) *Παιδαγωγικός προσανατολισμός:* Στο επίπεδο αυτό εστίασαν οι συναντήσεις των εβδομάδων 2 έως 7 (βλ. Πίνακα 1), όπου προσδιορίστηκαν οι όροι για την ανάπτυξη ποιοτικού εκπαιδευτικού έργου στις ΦΕ για την ανεμπόδιση ανάπτυξη όλων των παιδιών. Οι συναντήσεις εστίασαν στην ανάδειξη όψεων της διδακτικής των ΦΕ που δίνουν έμφαση στη διαμόρφωση της ‘δημοκρατικής και ανθρώπινης προοπτικής της εκπαίδευσης στις ΦΕ’ (Σιάτρας & Κουμαράς, 2014, σελ. 8). Ως ‘δημοκρατική’ χαρακτηρίζεται η εκπαίδευση στις ΦΕ που προετοιμάζει όλα τα παιδιά, ανεξάρτητα από τις ιδιαιτερότητες που μπορεί να έχουν, να αποκτήσουν όλες εκείνες τις γνώσεις και ικανότητες για να μπορούν να κατανοούν και να ερμηνεύουν το φυσικό και κοινωνικό κόσμο, ανεξάρτητα από τον προσωπικό ρυθμό μάθησης ή τον κοινωνικό, οικονομικό και πολιτισμικό τους περίγυρο (Calabrese-Barton & Tan, 2010). Ως ‘ανθρώπινη’ χαρακτηρίζεται η εκπαίδευση στις ΦΕ όταν λαμβάνονται υπόψη οι πολιτισμικές αξίες των ανθρώπων μέσα από την

κοινωνιολογική και φιλοσοφική προέκταση των ΦΕ και τα παιδιά προετοιμάζονται να αλληλεπιδράσουν με τον καθημερινό τους κόσμο για να εμπλουτίσουν την πολιτισμική τους ταυτότητα (Brickhouse, 1994).

(2) *Διδακτικός σχεδιασμός*: Στις εβδομάδες 1, 9, 10, 11 (Πίνακας 1) οι φοιτήτριες/τές υποστηρίχθηκαν στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων ΦΕ. Στόχος ήταν να αντιληφθούν ότι προκειμένου οι δραστηριότητες που σχεδίαζαν να συμβάλουν στην ποιοτική εκπαίδευση όλων των παιδιών, έπρεπε να αποκτήσουν μια ‘ενταξιακή’ διάσταση, όπου τα μικρά παιδιά γίνονται μέρος της κοινωνικής διαδικασίας μάθησης στην οποία συλλέγουν, αξιολογούν και ερμηνεύουν στοιχεία ή δεδομένα, σχεδιάζουν και υλοποιούν ομαδικές έρευνες, οικοδομούν βασικές γνώσεις και ικανότητες, διαπραγματεύονται διαφορετικές οπτικές και συνθέτουν απόψεις (Christidou, 2011).

(3) *Αναστοχασμός εκπαιδευτικού σχεδιασμού*: Ο αναστοχασμός αφορούσε στη διερεύνηση και αντιμετώπιση προβλημάτων ή εμποδίων που ανέκυπταν κατά το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων από τις/τους φοιτήτριες/τές (Αυγητίδου & Γουργιώτου, 2016). Η εστίαση στο επίπεδο αυτό πραγματοποιήθηκε τις εβδομάδες 8 και 12 του μαθήματος (Πίνακας 1). Στόχος ήταν οι φοιτήτριες/τές να αναστοχαστούν πάνω στον τρόπο με τον οποίο οι δραστηριότητες μπορούν να συμβάλουν στην σταθερή ανάπτυξη βασικών γνώσεων και ικανοτήτων για τις ΦΕ σε όλα τα παιδιά, είτε σε επίπεδο παιδαγωγικού προσανατολισμού είτε σε επίπεδο διδακτικού σχεδιασμού.

### **Διαδικασία εκπόνησης εργασιών**

Η κάθε ομάδα φοιτητριών/τών εκπόνησε 4 εργασίες που αναφέρονταν στα τρία επίπεδα του μαθήματος (βλ. Πίνακα 1). Ειδικότερα, στην *Εργασία 1* οι συμμετέχουσες/οντες ανέπτυξαν δραστηριότητες ΦΕ βάσει καθορισμένων Μαθησιακών Στόχων του Προγράμματος Σπουδών Νηπιαγωγείου (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011). Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν στην κατεύθυνση των προτεινόμενων μεθοδολογικών προσεγγίσεων του Προγράμματος Σπουδών Νηπιαγωγείου, πριν ακόμη υλοποιηθεί το επίπεδο του παιδαγωγικού προσανατολισμού του μαθήματος (Εβδομάδα 1), ώστε η *Εργασία 1* να λειτουργήσει ως προ-έλεγχος. Στην *Εργασία 2* ζητήθηκε από τις/τους φοιτήτριες/τές να αναστοχαστούν πάνω στις δραστηριότητες που σχεδίασαν, αναφέροντας προβλήματα που τυχόν εντόπιζαν, ή ιδέες, ανησυχίες και προβληματισμούς που αναδείχθηκαν στην ομάδα τους. Επειδή ο αναστοχασμός είχε τη μορφή ‘ανατροφοδότησης’ και έπρεπε να στηριχθεί σε στοιχεία του παιδαγωγικού προσανατολισμού, η *Εργασία 2* υλοποιήθηκε μετά την ολοκλήρωση του επιπέδου αυτού (Εβδομάδα 8). Έχοντας αναπτυχθεί και το επίπεδο του διδακτικού σχεδιασμού στο μάθημα (Εβδομάδα 11), στην *Εργασία 3* κλήθηκαν να αναδιατυπώσουν τους Μαθησιακούς Στόχους, ώστε να επιδιώκεται η διασύνδεση της επιστημονικής γνώσης με την καθημερινή ζωή των μικρών παιδιών. Με βάση τους αναδιατυπωμένους Μαθησιακούς Στόχους σχεδίασαν νέες δραστηριότητες, με στόχο αυτή τη φορά την οικοδόμηση βασικών γνώσεων και ικανοτήτων στις ΦΕ από όλα τα παιδιά. Τέλος, στην *Εργασία 4* ζητήθηκε εκ νέου από τις/τους φοιτήτριες/τές να αναστοχαστούν για κάθε

επίπεδο των δραστηριοτήτων, κατ' αντιστοιχία της *Εργασίας 2*, ανατρέχοντας σε αλλαγές των σχεδιασμών που τυχόν πραγματοποιήσαν στη διάρκεια των εργασιών.

### **Συλλογή και ανάλυση των δεδομένων**

Τα δεδομένα της έρευνας είναι οι 4 εργασίες της υπό μελέτη ομάδας φοιτητριών που αναφέρονται στην ενότητα των λειτουργιών του ανθρώπινου οργανισμού. Ως μονάδα ανάλυσης ορίστηκε η κάθε εργασία. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιεχομένου όπου αναδείχθηκαν τρεις άξονες (Περιεχόμενο, Μέθοδοι διδασκαλίας και Αξιολόγηση) που επιτρέπουν την ερμηνεία των ευρημάτων (Bryman, 2012). Ειδικότερα, στον άξονα του περιεχομένου διερευνήθηκε αν οι εργασίες των φοιτητριών εστιάζουν σε αφηρημένες έννοιες και εξειδικευμένες πληροφορίες ή αναφέρονται σε βασικές γνώσεις και ικανότητες της καθημερινής ζωής όλων των παιδιών. Ως προς τις μεθόδους διδασκαλίας, διερευνήθηκε αν οι σχεδιασμοί ακολουθούν ένα δασκαλοκεντρικό μοντέλο διδασκαλίας, ή στηρίζονται στην ενεργή συμμετοχή όλων των παιδιών στο εκπαιδευτικό έργο. Τέλος, στον άξονα της αξιολόγησης εξετάστηκε αν οι εργασίες περιορίζονται στη διαπίστωση της δυνατότητας των παιδιών να απομνημονεύουν και να αναπαράγουν εννοιολογικά εξειδικευμένη πληροφορία με τις αντίστοιχες τεχνικές αξιολόγησης (π.χ. φύλλο εργασίας), ή αποτιμούν την εμπλοκή όλων των παιδιών και την αλληλεπίδρασή τους με το περιεχόμενο, με στόχο την κατανόηση και εφαρμογή του σε οικείες καταστάσεις.

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την ενότητα των λειτουργιών του ανθρώπινου οργανισμού στις 4 εργασίες που αναλύθηκαν. Κάθε εργασία αναλύεται ως προς τους τρεις άξονες που ήδη αναφέρθηκαν.

#### **Εργασία 1: Αρχικός σχεδιασμός της δραστηριότητας**

Στην Εργασία 1, οι φοιτήτριες ανέπτυξαν δραστηριότητα με τίτλο *«Μαθαίνοντας το σώμα μου»*. Η δραστηριότητα αντιστοιχούσε στο Μαθησιακό Στόχο *«Να εξοικειωθούν με μοντέλα αναπαράστασης των οργανικών συστημάτων που δείχνουν τη σύνδεση των οργάνων και τη λειτουργία τους, και να τα χρησιμοποιούν για να συσχετίσουν τα όργανα κάθε συστήματος»* (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2011, σελ. 91).

Ως προς το περιεχόμενο, από την ανάλυση προκύπτει ότι η δραστηριότητα εστιάζει στη γνωριμία και κατονομασία των οργάνων του ανθρώπινου οργανισμού και των λειτουργιών τους. Πιο συγκεκριμένα, στην περιγραφή της δραστηριότητας αναφέρεται: *«η νηπιαγωγός ξεκινά μια συζήτηση σχετικά με τα εσωτερικά όργανα του ανθρώπινου σώματος. Ασχολήθηκε με μια προσπάθεια κατονομασίας των οργάνων από τα παιδιά»*. Η προσέγγιση αυτή αναπαράγει μια αντίληψη ότι ήδη από μικρή ηλικία, τα παιδιά πρέπει να είναι σε θέση να διαχειρίζονται εξειδικευμένη και αφηρημένη επιστημονική πληροφορία για το ανθρώπινο σώμα (π.χ. λειτουργία οργάνων), παραβλέποντας την ανάγκη σύνδεσης του περιεχομένου με την καθημερινή τους ζωή (π.χ. παρατήρηση συγκεκριμένων λειτουργιών του σώματος).

Αναφορικά με τον άξονα της μεθόδου διδασκαλίας, η δραστηριότητα προωθεί ένα δασκαλοκεντρικό πλαίσιο αναφοράς, περιορίζοντας τα μικρά παιδιά στην υιοθέτηση παθητικού ρόλου, είτε ακροατών, είτε καλούμενων να εντοπίσουν συγκεκριμένα όργανα και λειτουργίες μέσω κλειστών ερωτήσεων. Ενδεικτικές αναφορές είναι: *«[Επιλογή μεθόδου διδασκαλίας]: Εισήγηση», «[η νηπιαγωγός] κόλλησε στον πίνακα της τάξης μια αφίσα που απεικόνιζε τα εσωτερικά όργανα του ανθρώπινου σώματος», «[διατύπωσε] ενδεικτικές ερωτήσεις: Ποιο από αυτά είναι η καρδιά;», «[...] επιτεύχθηκε και με συμπληρωματικές παρατηρήσεις της νηπιαγωγού».* Η επιλογή ανάλογων μεθόδων διδασκαλίας βασίζεται σε μια ‘τραπεζική’ αντίληψη, όπου ο/η εκπαιδευτικός διδάσκει το ‘προς κατάθεση’ εννοιολογικό περιεχόμενο και τα παιδιά το αποστηθίζουν για να μπορέσουν αργότερα να κάνουν ‘ανάληψη’ κατά την αξιολόγηση (Brickhouse, 1994).

Όσον αφορά στην αξιολόγηση, σύμφωνα με το σχεδιασμό που αναπτύχθηκε, στόχος είναι ο/η εκπαιδευτικός να διαπιστώσει αν τα παιδιά μπορούν να ακολουθήσουν οδηγίες για την αναπαραγωγή του περιεχομένου με ένα φύλλο αξιολόγησης. Αντίστοιχες αναφορές που εντοπίστηκαν είναι: *«[Υλικό αξιολόγησης:] Φωτοτυπημένα εσωτερικά όργανα», «Η νηπιαγωγός παραπέμπει τα νήπια στην αφίσα και στο πρόπλασμα [...] με ανάλογα σχόλια παρακινεί τα νήπια να εντοπίσουν κάποιο πιθανό λάθος τους και να το διορθώσουν».* Αυτού του είδους η αξιολόγηση δεν σχετίζεται με τη διερεύνηση της δυνατότητας των παιδιών να εφαρμόζουν τις βασικές γνώσεις και ικανότητες που αποκτούν μέσα από το εκπαιδευτικό έργο στην καθημερινή τους ζωή (π.χ. πού πηγαίνει το φαγητό αφού το μασήσουμε και το καταπιούμε;), αλλά περιορίζεται στον έλεγχο της ικανότητάς τους να χειρίζονται αποπλαισιωμένη πληροφορία (π.χ. φύλλο αξιολόγησης όπου αναγνωρίζουν και ζωγραφίζουν το στομάχι ως όργανο του ανθρώπινου σώματος).

## **Εργασία 2: Αναστοχασμός του αρχικού σχεδιασμού της δραστηριότητας**

Από την ανάλυση της αναστοχαστικής διαδικασίας προκύπτει ότι η ομάδα αναγνώρισε ότι η αρχική δραστηριότητα με τίτλο *«Μαθαίνοντας το σώμα μου»*, που αναπτύχθηκε στην Εργασία 1 αναφέρεται σε ένα απαιτητικό και αφηρημένο επιστημονικό περιεχόμενο. Στην κατεύθυνση αυτή, οι συμμετέχουσες υποστήριξαν: *«[...] θεωρούμε ότι ο συγκεκριμένος στόχος που μας δόθηκε, θα μπορούσε να παρουσιαστεί αποτελεσματικότερα σε παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας, παιδιά δημοτικού».*

Όσον αφορά στις μεθόδους διδασκαλίας, κατά τον αναστοχασμό οι φοιτήτριες αντιλήφθηκαν ότι η δασκαλοκεντρική προσέγγιση της δραστηριότητας -όπου ο/η εκπαιδευτικός απλώς υποδεικνύει στα παιδιά το αφηρημένο περιεχόμενο- θα εμπόδιζε την ενεργητική εμπλοκή των μικρών παιδιών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ενδεικτικά αναφέρθηκε: *«[Στη δραστηριότητα] καλλιεργείται η ‘τραπεζική’ αντίληψη της εκπαίδευσης. [...] διαφαίνεται σε ορισμένα σημεία της δραστηριότητας, καθώς αυτή απαιτεί από τα παιδιά να αφομοιώσουν την ονομασία και τις λειτουργίες των οργάνων».*

Ομοίως, αναφορικά με τον άξονα της αξιολόγησης, κατά τον αναστοχασμό οι φοιτήτριες αναγνώρισαν πως η δραστηριότητα δεν αποτιμά την αλληλεπίδραση των παιδιών με το περιεχόμενο ή την ανάπτυξη βασικών γνώσεων και ικανοτήτων συναφών με την εμπειρία και την καθημερινή ζωή όλων των παιδιών. Συγκεκριμένα,

υποστηρίχθηκε: «Οι γνώσεις, δηλαδή, που θα αποκτήσουν τα παιδιά με το πέρας αυτής της δράσης, δεν θα είναι δυνατό να αξιοποιηθούν άμεσα από αυτά, καθώς δεν εντάσσονται στο πλαίσιο της καθημερινής τους ζωής». Δεν φαίνεται, όμως, η ομάδα να αντιλήφθηκε πως οι τεχνικές αξιολόγησης που υιοθετήθηκαν στην Εργασία 1 δεν αφορούσαν στην κατανόηση του περιεχομένου από τα παιδιά και στην εμπλοκή τους με αυτό, αλλά στην αναπαραγωγή εξειδικευμένης πληροφορίας.

### **Εργασία 3: Αναδιτύπωση μαθησιακού στόχου-επανασχεδιασμός δραστηριότητας**

Από την ανάλυση της Εργασίας 3 προκύπτει ότι η αναδιτύπωση του αρχικού Μαθησιακού Στόχου του Προγράμματος Σπουδών Νηπιαγωγείου (βλ. Εργασία 1) που προτάθηκε από τις φοιτήτριες αφορούσε στην εστίαση του περιεχομένου σε μια μόνο λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (αναπνοή) και στην κατασκευή ενός μοντέλου (μπαλόνι) για την αναπαράσταση του αναπνευστικού συστήματος. Συγκεκριμένα, ο αναδιτυπωμένος Μαθησιακός Στόχος διαμορφώθηκε ως εξής: «*Να εξοικειωθούν με τη διαδικασία της αναπνοής μέσω ενός μοντέλου αναπράστασης (μπαλόνι) του αναπνευστικού συστήματος*». Με βάση την αναδιτύπωση του Μαθησιακού Στόχου, η ομάδα ανέπτυξε νέα δραστηριότητα με τίτλο «*Παίζω, φουσκώνοντας το μπαλόνι μου*».

Όσον αφορά στον άξονα του περιεχομένου, η νέα δραστηριότητα συνεχίζει να αναφέρεται στο εννοιολογικό περιεχόμενο των οργανικών συστημάτων του ανθρώπινου σώματος, όμως εστιάζει σε μια μόνο λειτουργία του (διαδικασία αναπνοής). Ειδικότερα, στην περιγραφή της δραστηριότητας αναφέρεται: «*[Στόχος ήταν η] προσομοίωση των ίδιων των μπαλονιών [με τους] πνεύμονες, δηλαδή με τον τρόπο με τον οποίο γεμίζουν με αέρα, [για] την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας της αναπνοής (εισπνοή – εκπνοή)*». Δηλαδή, το περιεχόμενο στη νέα δραστηριότητα απομακρύνεται από ένα σύνολο απαιτητικών και αφηρημένων εννοιών για το ανθρώπινο σώμα και εστιάζει στην ανάπτυξη βασικών γνώσεων και ικανοτήτων που για τη λειτουργία και αναπράσταση του αναπνευστικού συστήματος, ώστε να μπορεί να κατακτηθεί από όλα τα παιδιά.

Στον άξονα της μεθόδου διδασκαλίας, η νέα δραστηριότητα αξιοποιεί διδακτικές τεχνικές και εργαλεία, όπως το πείραμα και η αναλογία, που αποσκοπούν στην αυξημένη συμμετοχή των παιδιών στη δραστηριότητα και στην ‘παιγνιώδη’ εμπλοκή τους με το περιεχόμενο. Ενδεικτικά, στο σχεδιασμό της νέας δραστηριότητας περιγράφεται: «*Επιδιώκοντας την απλούστερη και συνάμα βιωματική και ολοκληρωμένη κατανόηση της διαδικασίας της αναπνοής, ο/η νηπιαγωγός προέτρεψε τα νήπια να φουσκώσουν όσο περισσότερο μπορούν το δικό τους μπαλόνι και να το ξεφουσκώσουν. [Στη συνέχεια] παρότρυνε τα νήπια να πάρουν μια βαθιά ανάσα και τοποθετώντας τα χέρια στο στήθος, να παρατηρήσουν πώς φουσκώνουν οι πνεύμονες που βρίσκονται στο εσωτερικό κατά τη διάρκεια της εισπνοής και στη συνέχεια απελευθερώνοντας τον αέρα πώς ξεφουσκώνουν, κατά τη διάρκεια της εκπνοής*». Όμως, φαίνεται να διατηρούνται στοιχειά δασκαλοκεντρικότητας, αφού τα μικρά παιδιά καλούνται να ακολουθήσουν οδηγίες που τους απαγορεύονται για την εκτέλεση του πειράματος.

Όσον αφορά στην αξιολόγηση, η νέα δραστηριότητα -στον αντίποδα της Εργασίας 1 που εξέταζε τι μπορούν να αναπαράγουν τα παιδιά από το περιεχόμενο-

εστίασε στην εμπλοκή και αλληλεπίδραση όλων των παιδιών με το περιεχόμενο. Συγκεκριμένα, αναφέρθηκε: *«Αναφορικά με την αξιολόγηση, η νηπιαγωγός λαμβάνει υπόψη τη συμμετοχή των νηπίων, δηλαδή τις απόψεις που εκφράζουν για τα ζητούμενα της δραστηριότητας, τις εκφράσεις του προσώπου τους και τις θετικές συναισθηματικές τους αντιδράσεις, τις οποίες αναστοχάζεται κατά τη διάρκεια της βιωματικής διαδικασίας με στόχο τη βελτίωση των αποτελεσμάτων για όλα τα παιδιά»*. Ωστόσο, από την εργασία απουσιάζουν συγκεκριμένες αναφορές για τις τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση της οικοδόμησης βασικών γνώσεων και ικανοτήτων από όλα τα παιδιά.

#### **Εργασία 4: Αναστοχασμός του επανασχεδιασμού της νέας δραστηριότητας**

Μετά την ανάπτυξη της νέας δραστηριότητας, οι φοιτήτριες αναστοχάστηκαν εκ νέου τη διαδικασία σχεδιασμού. Από την ανάλυση της Εργασίας 4 προκύπτει ότι οι φοιτήτριες αναγνώρισαν την ανάγκη το περιεχόμενο να μπορεί να κατακτηθεί από όλα τα παιδιά. Πιο συγκεκριμένα, υποστηρίχθηκε ότι: *«[Πιστεύουμε] ότι εφόσον συγκεκριμενοποιήθηκε ο παραπάνω στόχος, εξομαλύνθηκαν οι δυσκολίες της περαιώσής του στα πλαίσια της προαναφερθείσας δραστηριότητας [...] μπορούμε με βεβαιότητα να αναφέρουμε ότι όλα [τα παιδιά] μπορούν πλέον με μεγάλη ευκολία να κατακτήσουν τις απαραίτητες εκείνες γνώσεις που σχετίζονται με τον αναδιατυπωμένο στόχο»*. Δηλαδή, στην αναστοχαστική διαδικασία του εκπαιδευτικού σχεδιασμού, αναδεικνύεται ότι ο άξονας του περιεχομένου αποκτά σημαντική θέση στην παιδαγωγική αντίληψη των φοιτητριών για τη διαμόρφωση μιας εκπαίδευσης στις ΦΕ που να αναφέρεται σε όλα τα παιδιά.

Όσον αφορά στις μεθόδους διδασκαλίας, από την ανάλυση αναδεικνύεται ότι οι φοιτήτριες εστίασαν στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων που να υποστηρίζουν τα παιδιά να εμπλακούν στην οικοδόμηση της γνώσης. Ειδικότερα, κατά τον αναστοχασμό της νέας δραστηριότητας, αναφέρθηκε: *«[...] κατά το σχεδιασμό της νέας δραστηριότητας υπήρξαμε ιδιαίτερα προσεκτικές, ώστε να μη συμβάλουμε στην ενίσχυση της παθητικής στάσης των νηπίων, αλλά στην ενεργή εμπλοκή τους»*. Δεν φαίνεται, όμως, η αναστοχαστική διαδικασία να βοήθησε τις φοιτήτριες να αναγνωρίσουν ότι η ενεργή εμπλοκή των παιδιών στην πειραματική διαδικασία υλοποιείται μέσω συγκεκριμένων οδηγιών και υπαγορεύσεων από την εκπαιδευτικό, χωρίς να διασφαλίζονται περιθώρια δημιουργικής διερεύνησης και διαπραγμάτευσης διαφορετικών απόψεων.

Τέλος, στον άξονα της αξιολόγησης, η ανάλυση του αναστοχασμού έδειξε ότι οι φοιτήτριες και πάλι περιορίστηκαν σε γενικόλογες αναφορές για την ανάπτυξη βασικών γνώσεων και ικανοτήτων σε όλα τα παιδιά, χωρίς όμως αναφορές σε συγκεκριμένες τεχνικές αξιολόγησης για την αποτίμησή τους. Συγκεκριμένα, η ομάδα υποστήριξε: *«Οι γνώσεις [αναπνευστικό σύστημα] και ικανότητες [πείραμα με το μπαλόνι] που κατακτούν τα νήπια με το πέρασ της νέας δραστηριότητας, παρουσιάζουν συνάφεια με την καθημερινή τους ζωή, και τα διευκολύνει να κατανοήσουν τη διαδικασία της αναπνοής με άμεσο τρόπο»*. Προκύπτει, δηλαδή, ότι οι φοιτήτριες δεν μπόρεσαν ούτε στο στάδιο του τελικού αναστοχασμού να αναγνωρίσουν τη σημασία συγκεκριμένων τεχνικών για τη συστηματική καταγραφή της κατανόησης του νέου περιεχομένου από όλα τα παιδιά.

Αξιοσημείωτο είναι, επίσης, ότι ο αναστοχασμός αυτός δεν τους έδωσε τη δυνατότητα εντοπισμού αδυναμιών και διατύπωσης νέων βελτιώσεων.

## **ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Συνοψίζοντας τα ευρήματα, αρχικά η ομάδα των φοιτητριών σχεδίασε τη δραστηριότητα για τις λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού στηριζόμενη σε εξειδικευμένες έννοιες (απαιτητικό και αφηρημένο περιεχόμενο), αλλά και σε μια δασκαλοκεντρική προσέγγιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (μέθοδοι διδασκαλίας). Σε συνέπεια με τους προηγούμενους δύο άξονες, στην αξιολόγηση δόθηκε έμφαση στη 'διαπίστωση' αν τα παιδιά μπορούσαν να αναπαράγουν το περιεχόμενο που διδάχθηκαν, αξιοποιώντας αντίστοιχες τεχνικές (φύλλο αξιολόγησης).

Σταδιακά, μέσα από τη συμμετοχή τους στο μάθημα, φαίνεται ότι οι παιδαγωγικές αντιλήψεις των φοιτητριών αρχίζουν να προσανατολίζονται στην ανάγκη διαμόρφωσης μιας εκπαίδευσης στις ΦΕ που ενισχύει την ανάπτυξη βασικών γνώσεων και ικανοτήτων όλων των παιδιών (Brickhouse, 1994), χωρίς ωστόσο αυτό να αποτυπώνεται με την ίδια σαφήνεια σε όλους τους άξονες των εργασιών τους. Ειδικότερα, στο σχεδιασμό της νέας δραστηριότητας, οι φοιτήτριες προσπαθούν να ισορροπήσουν μεταξύ του Προγράμματος Σπουδών Νηπιαγωγείου και της παιδαγωγικής αντίληψης ότι το περιεχόμενο μπορεί και πρέπει να κατακτηθεί από όλα τα παιδιά. Έτσι, το εννοιολογικό περιεχόμενο περιορίζεται από το σύνολο των οργανικών συστημάτων στο αναπνευστικό σύστημα. Στις μεθόδους διδασκαλίας, ενώ αξιοποιούνται διδακτικές τεχνικές που ενισχύουν την ενεργή εμπλοκή των παιδιών (προσομοίωση περιεχομένου με απλές πειραματικές διατάξεις - μπαλόνια), διατηρούνται στοιχεία δασκαλοκεντρικότητας, όπου τα παιδιά αναμένεται να ακολουθήσουν συγκεκριμένες οδηγίες για την εκτέλεση του πειράματος. Τέλος, στον άξονα της αξιολόγησης, οι φοιτήτριες φαίνεται να απομακρύνονται από τη διαπίστωση της ικανότητας αναπαραγωγής εξειδικευμένων πληροφοριών από τα παιδιά και να εστιάζουν στην αλληλεπίδραση όλων των παιδιών με το περιεχόμενο και στη συνάφεια των νέων γνώσεων και ικανοτήτων με την καθημερινή τους ζωή. Δεν προκύπτουν, όμως, συγκεκριμένες τεχνικές αξιολόγησης που θα επέτρεπαν τη συστηματική καταγραφή της εννοιολογικής κατανόησης του περιεχομένου από τα παιδιά.

Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι οι συγκεκριμένες φοιτήτριες ανταποκρίθηκαν σε επίπεδο παιδαγωγικού προσανατολισμού, υιοθετώντας την αντίληψη ότι όλα τα παιδιά μπορούν να αναπτύξουν βασικές γνώσεις και ικανότητες στις ΦΕ, χωρίς ωστόσο αυτός ο παιδαγωγικός προσανατολισμός να αποτυπώνεται με επάρκεια στην επιλογή διδακτικών μεθόδων και στρατηγικών αξιολόγησης στους εκπαιδευτικούς τους σχεδιασμούς. Απαιτείται, όμως, εκτός από την παιδαγωγική, πιο συστηματική διδακτική και αναστοχαστική ετοιμότητα των φοιτητριών/τών για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που αναφέρθηκαν, που να επιτρέπει την αποτύπωση του παιδαγωγικού τους προσανατολισμού στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων που να διασφαλίζουν την ανάπτυξη ισότιμα υψηλών εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων στην εκπαίδευση στις ΦΕ (Σιάτρας & Χρηστίδου, 2018).

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αποτελεί τμήμα μεταδιδακτορικής έρευνας που υλοποιήθηκε με υποτροφία του Ι.Κ.Υ. και χρηματοδοτήθηκε από την Πράξη «Ενίσχυση Μεταδιδακτορικών Ερευνητών/τριών», από πόρους του ΕΠ «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», με άξονες προτεραιότητας 6,8,9 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και το ελληνικό δημόσιο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αυγητίδου, Σ. & Γουργιώτου, Ευ. (2016). Ο εκπαιδευτικός ως στοχαζόμενος επαγγελματίας. Στο Σ. Αυγητίδου, Μ.Τζεκάκη, & Β. Τσάφος (Επιμ.), *Οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί παρατηρούν, παρεμβαίνουν και αναστοχάζονται*. Αθήνα: Gutenberg.
- Βεκ, Χ. (1989). *Αξιολόγηση και βαθμολογία στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση* (Δημ. Δασκαλάκης, μτφρ). Αθήνα: Σύγχρονη Εποχή.
- Belfield, C.R. (2007). The promise of early childhood education interventions. In C.R. Belfield & H.M. Levin (Eds.), *The price we pay: Economic & social consequences of inadequate education* (pp. 200-224). Washington, D.C.: Brookings Institution.
- Brickhouse, N. (1994). Bringing in the outsiders: Reshaping the sciences of the future. *Journal of Curriculum Studies*, 26(4), 401-416.
- Bryman, A. (2012). *Social research methods* (4<sup>th</sup> ed.). New York: Oxford University.
- Christidou, V. (2011). Interest, attitudes and images related to science: Combining students' voices with the voices of school science, teachers, and popular science. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6(2), 141-159.
- Calabrese Barton, A., & Tan, E. (2010). 'It changed our lives': Activism, science, and greening the community. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 207-222.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Results: Excellence and Equity in Education* (Vol. I). Paris: OECD Publishing.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου (2ο μέρος)*. Ανακτήθηκε από <http://ebooks.edu.gr/new/ps.php>
- Σιάτρας, Α. & Κουμαράς, Π. (2014). Διασφάλιση ισότιμων υψηλών εκπαιδευτικών αποτελεσμάτων σε όλα τα παιδιά: Η περίπτωση των Φυσικών Επιστημών. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, 46-47, 5-15.
- Σιάτρας, Α., & Χρηστίδου, Β. (2018). «Δε νομίζω ότι όλα τα παιδιά μπορούν να τα μάθουν όλα»: Από την εκπαιδευτική παραίτηση στην παιδαγωγική αισιοδοξία για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Προσχολική Εκπαίδευση. Εργασία που υποβλήθηκε για δημοσίευση.



# Συχνότητα και διδακτική καταλληλότητα των αναλογιών των σχολικών βιβλίων φυσικών επιστημών στο γυμνάσιο

Ελένη Χατζηνικολάου<sup>1</sup>, Γεώργιος Αμπατζίδης<sup>2</sup> και  
Μιχαήλ Καλογιαννάκης<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 3ο Γυμνάσιο Χαλκίδας, [elenhatz18@gmail.com](mailto:elenhatz18@gmail.com)

<sup>2</sup> Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, [ampatzidis.georgios@ac.eap.gr](mailto:ampatzidis.georgios@ac.eap.gr)

<sup>3</sup> Επικουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης, [mkalogian@edc.uoc.gr](mailto:mkalogian@edc.uoc.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αναλογίες αποτελούν μία σημαντική μέθοδο διδασκαλίας, ιδιαίτερα των Φυσικών Επιστημών. Ο αναλογικός συλλογισμός βοηθά τους/ις μαθητές/τριες να κατανοήσουν αφηρημένες και δύσκολες έννοιες και χρησιμοποιείται επίσης από τους ανθρώπους στην καθημερινή ομιλία. Σκοπός της έρευνας είναι η ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου ως προς τη χρήση αναλογιών. Επτά σχολικά εγχειρίδια Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας μελετήθηκαν ως προς την ύπαρξη λεκτικών και λεκτικών-οπτικών αναλογιών και συνολικά εντοπίστηκαν 81 αναλογίες. Στη συνέχεια, οι αναλογίες αναλύθηκαν σύμφωνα με σχήμα ανάλυσης πέντε διαστάσεων. Όπως διαπιστώσαμε η συχνότητα χρήσης των αναλογιών από τους συγγραφείς είναι μεγαλύτερη στα εγχειρίδια Χημείας (43,2%), στα εγχειρίδια Γ' τάξης (61,8%) και με λεκτικό τρόπο παρουσίασης (60,5%). Από την ανάλυση των κειμένων των αναλογιών, βρέθηκαν 12 αναλογίες ως οι πλέον διδακτικά κατάλληλες. Για τις υπόλοιπες αναλογίες υπάρχει ανάγκη μεγαλύτερης επεξεργασίας, ώστε να εξασφαλίζεται η καλύτερη δυνατή αποτελεσματικότητα από τη χρήση τους στην διδασκαλία.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** συχνότητα αναλογιών, διδακτική καταλληλότητα αναλογιών, σχολικά εγχειρίδια.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σημαντικό διδακτικό εργαλείο των Φυσικών Επιστημών θεωρούνται από πολλές έρευνες οι αναλογίες (Duit, 1991· Duit, Roth, Komorek & Wilbers, 2001), οι οποίες: (α) συμβάλλουν στην καθιέρωση νέων θεωριών, κανόνων και νόμων, και (β) βοηθούν στη μελέτη του μικρόκοσμου, την κατανόηση αφηρημένων εννοιών και την οικοδόμηση γνώσης (Harrison, 2001). Λαμβάνοντας υπόψη τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών/τριών, οι αναλογίες αυξάνουν το ενδιαφέρον για μάθηση και την ικανότητα

καλύτερης οργάνωσης και αποθήκευσης πληροφοριών στη μνήμη (Orgill, Bussey & Bodner, 2015). Οι σαστά σχεδιασμένες και διδακτικά κατάλληλες αναλογίες βοηθούν τους/ις μαθητές/τριες στην κατανόηση των εννοιών και φαινομένων του φυσικού κόσμου (Richland & Simms, 2015). Ο αναλογικός τρόπος σκέψης κυριαρχεί και στον τρόπο που σκέπτεται ο άνθρωπος (Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006). Πράγματι, όταν προσπαθούμε να καταλάβουμε ή να εξηγήσουμε στους άλλους δύσκολες έννοιες, καταφεύγουμε συχνά σε μεταφορές και αναλογίες. Συχνά ακούμε ή διαβάζουμε φράσεις όπως: «το σώμα του ανθρώπου ως μηχανή», «φαινόμενο θερμοκηπίου», «ο κύκλος του νερού», «ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το κύκλωμα», «τρύπα του όζοντος», «μνήμη του υπολογιστή», «καταγεγραμμένες πληροφορίες του D.N.A».

Από τον Holyoak (2012), η αναλογία παρουσιάζεται ως διαδικασία εύρεσης ομοιοτήτων μεταξύ δυο διαφορετικών εννοιολογικών τομέων: Μιας γνωστής/οικείας έννοιας (ή συνόλου εννοιών) που ονομάζεται βάση (*base*) ή ανάλογο ή πηγή ή όχημα και μιας άγνωστης/μη οικείας έννοιας (ή συνόλου εννοιών) που λέγεται στόχος (*target*) ή θέμα. Η σύγκριση των κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ των δύο εννοιών ονομάζεται αντιστοίχιση (*mapping*). Η αντιστοίχιση καθορίζει την αναλογία που συνδέει τους δύο εννοιολογικούς τομείς με σκοπό, μέσα από τη σε βάθος κατανόηση κάθε διάστασης της βάσης, να οδηγηθούμε στην αναπεριγραφή (αναδόμηση της γνώσης) του στόχου (Χρηστίδου & Κουλαϊδής, 2000). Ως κοινά χαρακτηριστικά γνωρίσματα θεωρούνται: (i) λειτουργίες και απλές ιδιότητες των δυο τομέων, και (ii) ιδιότητες και χαρακτηριστικά της δομής των δυο τομέων (Duit et al., 2001). Όταν η αναλογία περιγράφεται γραπτώς με λέξεις σε κείμενο ή διατυπώνεται προφορικά από τον ομιλητή λέγεται λεκτική (Duit, 1991). Όταν μια λεκτική αναλογία συνοδεύεται από εικόνα, με σκοπό να τονιστούν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τομέα-βάσης, λέγεται λεκτική-οπτική (Treagust, 1993). Βέβαια κατά την παρουσίαση μιας αναλογίας πρέπει να επισημαίνονται οι περιορισμοί της, οι οποίοι καθιστούν γνωστά τα όρια μέσα στα οποία μια αναλογία είναι λειτουργική (Χρηστίδου, 2001).

Τα σχολικά εγχειρίδια κατέχουν σπουδαίο ρόλο στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Ο τρόπος παρουσίασης των αναλογιών σε γραπτά κείμενα είναι ιδιαίτερα δύσκολος καθώς μπορεί να συμβάλλει στη δημιουργία παρανοήσεων, ιδιαίτερα σε μαθητές/τριες που δεν έχουν αναπτύξει αφαιρετικό τρόπο σκέψης (De Posada, 1999). Επιπλέον, οι συγγραφείς δεν είναι παρόντες για να δώσουν απαντήσεις σε απορίες που δημιουργούνται στους/ις μαθητές/τριες. Η ανάλυση 9 ελληνικών σχολικών εγχειριδίων Φυσικής Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου εντόπισε τουλάχιστον 40 λεκτικές και λεκτικές-οπτικές αναλογίες (Χαριτωνίδης, Κώτσης & Τσιούρη, 2017α) ενώ περισσότερες αναλογίες εντοπίστηκαν στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση και συγκεκριμένα σε εγχειρίδια Φυσικής (Χαριτωνίδης, Κώτσης & Τσιούρη, 2017β). Καθώς δεν βρέθηκαν έρευνες ανάλυσης αναλογιών στα σύγχρονα σχολικά εγχειρίδια του Γυμνασίου που να αφορούν ταυτόχρονα τα μαθήματα του ίδιου κλάδου, των Φυσικών Επιστημών (Φυσική-Χημεία-Βιολογία), θεωρούμε ιδιαίτερα σημαντική τη μελέτη και ανάλυση των αναλογιών στα συγκεκριμένα εγχειρίδια.

Στόχος της έρευνάς μας αποτελεί η ανάλυση των σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου ως προς τη διάσταση της χρήσης του διδακτικού εργαλείου των αναλογιών. Τα ερευνητικά ερωτήματα που διατυπώνονται είναι τα εξής:

(1) Χρησιμοποιούν συχνά οι συγγραφείς στα σχολικά εγχειρίδια αναλογίες για τη διδασκαλία της Φυσικής, της Χημείας και της Βιολογίας στο Γυμνάσιο; Ειδικότερα:

- ✓ Με ποια συχνότητα οι συγγραφείς χρησιμοποιούν λεκτικές αναλογίες στα κείμενα των σχολικών εγχειριδίων;
- ✓ Με ποια συχνότητα οι συγγραφείς χρησιμοποιούν λεκτικές-οπτικές αναλογίες στα σχολικά εγχειρίδια;

(2) Σύμφωνα με τα αναλυτικά στάδια επεξεργασίας μιας αναλογίας όπως αναφέρονται από τους Κουλαϊδή, Δημόπουλο, Σκλαβενίτη & Χρηστίδου (2002):

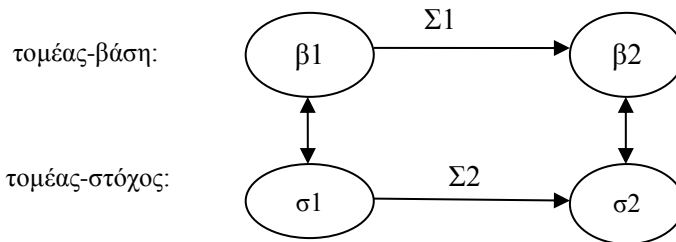
- ✓ Κατά πόσο είναι διδακτικά κατάλληλες οι αναλογίες που παρουσιάζονται από τους συγγραφείς με λεκτικό τρόπο;
- ✓ Κατά πόσο είναι διδακτικά κατάλληλες οι αναλογίες που παρουσιάζονται από τους συγγραφείς με λεκτικό-οπτικό τρόπο;

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας μελετήθηκαν 7 σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου (Φυσική-Χημεία-Βιολογία). Κατά τη συγκέντρωση δεδομένων ακολουθήσαμε τα εξής βήματα:

(1) Αρχικά μελετήσαμε με πολλή προσοχή, δυο φορές κάθε εγχειρίδιο. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίσαμε στα σχολικά εγχειρίδια: (i) Έννοιες, σχέσεις, χαρακτηριστικά τομέα-βάσης και τομέα-στόχου. (ii) Τη δυνατότητα αναπαράστασης του κειμένου κάθε πιθανής αναλογίας σε τετράπολο. Ο μηχανισμός της αναλογικής σκέψης παριστάνεται με τετράπολο (Halford, 1993· Κουλαϊδής κ. ά., 2002) (Σχήμα 1).

**Σχήμα 1:** Μηχανισμός αναλογικής σκέψης



Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, τέσσερις έννοιες-κόμβοι συνθέτουν μια αναλογία στην απλή της μορφή. Ο τομέας-βάση αποτελείται από δυο έννοιες **β1** και **β2** που συνδέονται με την σχέση **Σ1**. Ο τομέας-στόχος αποτελείται από τις έννοιες **σ1** και **σ2** που συνδέονται με τη σχέση **Σ2**. Τα μονής κατεύθυνσης βέλη αναπαριστούν τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών του

ίδιου τομέα, ενώ τα διπλής κατεύθυνσης βέλη αναπαριστούν τις αντιστοιχίσεις μεταξύ των εννοιών  **$\beta_1-\sigma_1$**  και  **$\beta_2-\sigma_2$**  των δυο εννοιολογικών τομέων. Βασικός κανόνας που πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη όταν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε αναλογία ως διδακτικό εργαλείο είναι ο κανόνας της συμμετρίας (Duit, 1991). Αυτό σημαίνει ότι σε μια αναλογία όπου ο τομέας-στόχος προσεγγίζεται ως ανάλογος του τομέα-βάσης, είναι δυνατόν να αντιστραφούν οι ρόλοι και ο τομέας-βάση να προσεγγίζεται ως ανάλογος του τομέα-στόχου. Στη συνέχεια της συγκέντρωσης δεδομένων, διακρίναμε: (α) λεκτικές αναλογίες (Duit, 1991), (β) λεκτικές αναλογίες που συνοδεύονταν από εικόνες, φωτογραφίες ή σκίτσα με σκοπό την ανάδειξη των επιθυμητών χαρακτηριστικών του τομέα-βάσης (Treagust, 1993).

(2) Προσδιορίσαμε τις συχνότητες των λεκτικών και των λεκτικών-οπτικών αναλογιών.

(3) Επιχειρήσαμε αναπαράσταση με μορφή τετραπόλου (Κουλαϊδής κ.ά., 2002), για κάθε λεκτική αναλογία, είτε συνοδευόταν από εικόνα είτε όχι. Με τον τρόπο αυτό, σε κάθε αναλογία φάνηκαν οι έννοιες και τα χαρακτηριστικά των δυο τομέων, οι αντιστοιχίσεις μεταξύ των τομέων και η σχέση μεταξύ των εννοιών σε κάθε τομέα. Επιπλέον, φάνηκε αν η σχέση ανάμεσα σε δύο έννοιες του ίδιου τομέα ήταν απλή ή σύνθετη, δηλαδή αν περιείχε περισσότερες σχέσεις και έννοιες. Σε ορισμένες αναλογίες ο τομέας-βάση και ο τομέας-στόχος συνδέονται με πολλές αναλογικές δομές, η καθεμία από τις οποίες έχει απλή δομή τετραπόλου (Κουλαϊδής κ. ά., 2002).

(4) Επεξεργαστήκαμε αναλυτικά κάθε τετράπολο: (α) για κάθε λεκτική αναλογία, και (β) για κάθε λεκτική-οπτική αναλογία. Η επεξεργασία έγινε σύμφωνα με το σχήμα ανάλυσης των Κουλαϊδής κ. ά. (2002). Το συγκεκριμένο σχήμα περιλαμβάνει 5 διαστάσεις και κάθε διάσταση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες, όπως φαίνεται στη συνέχεια: (α) Οριζόντια πληρότητα (πλήρης, ελλιπής βάση, ελλιπής στόχος). (β) Κατακόρυφη πληρότητα (πλήρης, έλλειψη των δυο κατακόρυφων αντιστοιχίσεων, έλλειψη μιας κατακόρυφης αντιστοιχίσης και της ανάλογης έννοιας). (γ) Συστηματικότητα (υψηλή, μέτρια, χαμηλή). (δ) Κατάλληλότητα βάσης (οικεία, μέτρια οικεία, μη οικεία). (ε) Οντολογική απόσταση βάσης-στόχου (μεγάλη, μέτρια, μικρή).

(5) Προσδιορίσαμε τις συχνότητες των αναλογιών ως προς κάθε διάσταση. Με τον τρόπο αυτό φάνηκε τόσο ο αριθμός των πλέον διδακτικά κατάλληλων αναλογιών, όσο και ο αριθμός των αναλογιών που έχουν ανάγκη καλύτερης επεξεργασίας ώστε να γίνουν περισσότερο διδακτικά κατάλληλες.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στα 7 σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου, εντοπίστηκαν 81 αναλογίες. Ειδικότερα, σε κάθε αναλογία ήταν δυνατόν να γίνει προσδιορισμός του τετραπόλου, όπως προαναφέραμε (Σχήμα 1). Επομένως, οι 81 αναλογίες αναλύθηκαν σύμφωνα με το σχήμα ανάλυσης των 5 διαστάσεων (Κουλαϊδής κ. ά., 2002). Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συχνότητες λεκτικών και λεκτικών-οπτικών αναλογιών.

Πίνακας 1: Συχνότητες αναλογιών στα 7 σχολικά εγχειρίδια

| Εγχειρίδιο     | Συχνότητα         |           |                    | Ποσοστό συχνότητας |              |                    |
|----------------|-------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|
|                | Αριθμός αναλογιών | Λεκτικές  | Λεκτικές - οπτικές | Σύνολο             | Λεκτικές     | Λεκτικές - οπτικές |
| Φυσική Α'      | 1                 | 1         | 0                  | 1,2%               | 1,2%         | 0%                 |
| Φυσική Β'      | 9                 | 3         | 6                  | 11,1%              | 3,7%         | 7,4%               |
| Φυσική Γ'      | 16                | 10        | 6                  | 19,8%              | 12,4%        | 7,4%               |
| Χημεία Β'      | 14                | 9         | 5                  | 17,3%              | 11,1%        | 6,2%               |
| Χημεία Γ'      | 21                | 19        | 2                  | 25,9%              | 23,4%        | 2,5%               |
| Βιολογία Α'    | 7                 | 3         | 4                  | 8,6%               | 3,7%         | 4,9%               |
| Βιολογία Β'-Γ' | 13                | 4         | 9                  | 16,1%              | 5%           | 11,1%              |
| <b>Σύνολο</b>  | <b>81</b>         | <b>49</b> | <b>32</b>          | <b>100%</b>        | <b>60,5%</b> | <b>39,5%</b>       |

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, βρέθηκαν: (α) 35 (σε ποσοστό 43,2%) αναλογίες στα εγχειρίδια της Χημείας, (β) 26 (σε ποσοστό 32,1%) αναλογίες στα εγχειρίδια της Φυσικής, (γ) 20 (σε ποσοστό 24,7%) αναλογίες στα εγχειρίδια της Βιολογίας. Επιπλέον, οι περισσότερες αναλογίες καταγράφηκαν στην Γ' τάξη (61,8%) και οι λιγότερες στην Α' τάξη (9,8%). Όσον αφορά τον τρόπο παρουσίασης, στα περισσότερα εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου, καταγράφηκαν περισσότερες λεκτικές αναλογίες. Συγκεκριμένα, από τις 81 συνολικά αναλογίες βρέθηκαν 49 λεκτικές αναλογίες (σε ποσοστό 60,5%) και 32 λεκτικές-οπτικές αναλογίες (σε ποσοστό 39,5%).

Επισημαίνουμε ότι βρέθηκαν ορισμένες κοινές αναλογίες σε εγχειρίδια διαφορετικών μαθημάτων. Ειδικότερα: (α) Η αναλογία «Φαινόμενο του θερμοκηπίου» καταγράφηκε από μια φορά, στα εγχειρίδια της Φυσικής Α', της Βιολογίας Β'-Γ' και της Χημείας Γ' τάξεων. (β) Η αναλογία «Κύκλος του νερού», καταγράφηκε από μια φορά στα εγχειρίδια της Φυσικής Β', της Χημείας Β' και της Βιολογίας Β'-Γ' τάξεων. Επιπλέον, βρέθηκε μια σύνθετη αναλογία στο εγχειρίδιο της Χημείας Β' τάξης. Στη συγκεκριμένη αναλογία η βάση και ο στόχος ήταν συνδεδεμένοι με δύο αναλογικές δομές που περιγράφονταν με δύο τετράπολα (Κουλαϊδής κ. ά., 2002).

Στον Πίνακα 2 φαίνονται οι συχνότητες των αναλογιών σύμφωνα με το σχήμα ανάλυσης πέντε διαστάσεων και στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο παραδείγματα αναλογιών από τα σχολικά εγχειρίδια.

Πίνακας 2: Συχνότητες αναλογιών σύμφωνα με το σχήμα ανάλυσης πέντε διαστάσεων

| ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ                                 | 1η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ              | 2η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ                        | 3η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ  |
|--|---------------------------|-------------------------------------|---|
| <b>Οριζόντια πληρότητα</b>                 | Πλήρης 77,8%              | Ελλιπής βάση 22,2%                  | Ελλιπής στόχος 0%                                       |
| <b>Κατακόρυφη πληρότητα</b>                | Πλήρης 71,6%              | Έλλειψη 2 αντιστοιχίσεων 6,2%       | Έλλειψη 1 αντιστοιχίσεως και της ανάλογης έννοιας 22,2% |
| <b>Συστηματικότητα Καταλληλότητα βάσης</b> | Υψηλή 73%<br>Οικεία 72,7% | Μέτρια 25,4%<br>Μέτρια οικεία 23,6% | Χαμηλή 1,6%<br>Μη οικεία 3,7%                           |
| <b>Οντολογική απόσταση βάσης - στόχου</b>  | Μεγάλη 29,6%              | Μέτρια 36,9%                        | Μικρή 33,5%   |

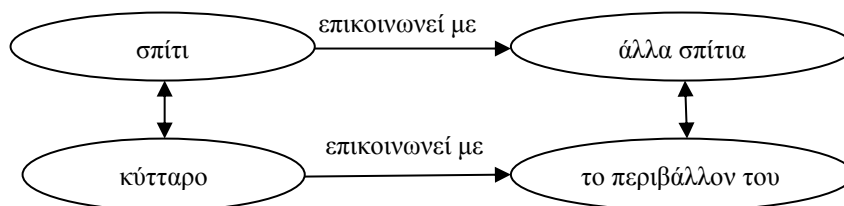
### Παράδειγμα 1<sup>ο</sup>

Πηγή: Βιολογία Α' (Μαυρικάκη, Γκούβρα & Καμπούρη, 2017α, Κεφ. 1.2, σ. 22, 5η έως 11η γραμμή)

Απόσπασμα: Οι Μαυρικάκη κ.ά. (2017) αναφέρουν:

*Κάθε σπίτι είναι ξεχωριστό, αλλά όλα επικοινωνούν με διάφορους τρόπους (τηλεφωνικό και ηλεκτρικό δίκτυο, δίκτυο ύδρευσης και αποχέτευσης κ.τ.λ.). Έτσι και τα κύτταρα έχουν τη δυνατότητα να εξασφαλίζουν ενέργεια, να διατηρούν την εσωτερική τους οργάνωση, ενώ ταυτόχρονα επικοινωνούν με το περιβάλλον τους και συνεργάζονται. (σ. 22)*

### Σχήμα 2: Τετράπολο αναλογίας 1<sup>ου</sup> παραδείγματος



Οι τέσσερις κορυφές του τετραπόλου είναι συμπληρωμένες και γίνονται όλες οι δυνατές αντιστοιχίσεις μεταξύ του συνόλου των εννοιών των δυο τομέων. Επομένως, η αναλογία παρουσιάζει οριζόντια και κατακόρυφη πληρότητα. Η οριζόντια πληρότητα καθιστά την αναλογία συστηματική. Η συστηματικότητα είναι υψηλή καθώς οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών στους τομείς είναι όμοιες (...επικοινωνεί με...). Η βάση είναι οικεία και διδακτικά κατάλληλη. Η οντολογική απόσταση βάσης-στόχου είναι μεγάλη. Ειδικότερα ισχύει: (α) Στον στόχο η έννοια «κύτταρο» αποτελεί δομικό λίθο της έμβιας ύλης. Το μεμονωμένο κύτταρο δεν γίνεται εύκολα αντιληπτό από τις αισθήσεις μας και ανήκει στις κατηγορίες αντικειμένων με υλική υπόσταση (κατηγορία Β). Επιπλέον η έννοια «το περιβάλλον του»

αναφέρεται στο περιβάλλοντα χώρο του ενός κυττάρου, που θεωρούμε ότι είναι αφηρημένη έννοια (κατηγορία Β). (β) Στη βάση οι έννοιες είναι συγκεκριμένα αντικείμενα και ανήκουν στην κατηγορία Α. Θεωρούμε ότι η αναλογία ανήκει στις πλέον διδακτικά κατάλληλες καθώς παρουσιάζει ταυτόχρονα οριζόντια πληρότητα, κατακόρυφη πληρότητα, υψηλή συστηματικότητα, οικεία βάση και μεγάλη οντολογική απόσταση βάσης-στόχου (Κουλαϊδής κ. ά., 2002).

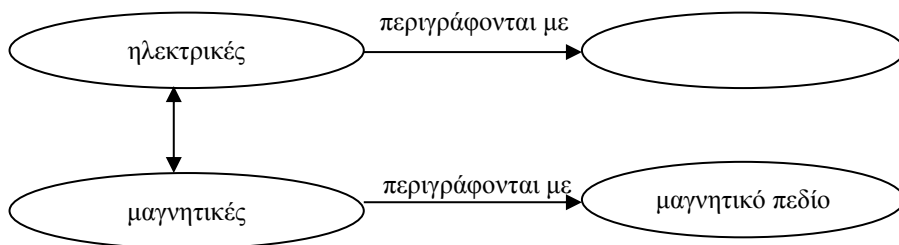
### Παράδειγμα 2<sup>ο</sup>

Πηγή: Φυσική Γ' (Αντωνίου, Δημητριάδης, Καμπούρης, Παπαμιχάλης & Παπασιμίπα, 2015, Κεφ. 3.3, σ. 73, 23η γραμμή)

Απόσπασμα: *Οι Αντωνίου κ. ά. (2015), αναφέρουν:*

*Οι μαγνητικές δυνάμεις ανάμεσα σε δυο μαγνήτες μπορεί να είναι είτε ελκτικές είτε απωστικές. Αντίστοιχα με τις ηλεκτρικές και οι μαγνητικές δυνάμεις είναι δυνατόν να περιγραφούν με χρήση της έννοιας του μαγνητικού πεδίου (σ. 73).*

### Σχήμα 3: Τετράπολο αναλογίας 2<sup>ο</sup> παραδείγματος



Στο σχήμα του τετραπόλου, απουσιάζει μια έννοια από κορυφή της βάσης και η αντιστοιχισή της με έννοια του στόχου. Επομένως η αναλογία είναι οριζόντια και κατακόρυφα ελλιπής. Η έλλειψη της οριζόντιας πληρότητας καθιστά την αναλογία μη συστηματική. Η βάση είναι μέτρια οικεία καθώς λείπει μια έννοια της. Η οντολογική απόσταση βάσης-στόχου είναι μικρή. Ειδικότερα, όλες οι έννοιες του τετραπόλου αποτελούν έννοιες των Φυσικών Επιστημών και ανήκουν στην ίδια κατηγορία Β.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 1<sup>ο</sup> ερευνητικό ερώτημα: συχνότερες αναλογιών στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου

Από τα αποτελέσματα της έρευνάς μας, βρέθηκαν περισσότερες αναλογίες στα εγχειρίδια της Χημείας (43,2%) και λιγότερες στα εγχειρίδια της Φυσικής (32,1%) και της Βιολογίας (24,7%). Η χρήση των αναλογιών από τους συγγραφείς στα εγχειρίδια της Χημείας, βοηθά τους/ις μαθητές/τριες να γνωρίσουν και να κατανοήσουν τα σωματίδια του μικρόκοσμου μέσα από την οπτικοποίησή τους (Duit, 1991). Επιπλέον, οι περισσότερες

αναλογίες, καταγράφηκαν στην Γ' τάξη (61,8%) και οι λιγότερες στην Α' τάξη (9,8%). Ο Solomon (1992), αναφέρει ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία μαθητές/τριες, έχουν αναπτύξει περισσότερο τον αφαιρετικό μηχανισμό σκέψης και κατέχουν περισσότερη προϋπάρχουσα γνώση, με αποτέλεσμα να χειρίζονται με μεγαλύτερη άνεση τις αναλογίες. Όσον αφορά τον τρόπο παρουσίασης, από τις 81 αναλογίες που καταγράφηκαν βρέθηκαν περισσότερες λεκτικές αναλογίες (60,5%) στα εγχειρίδια. Σε αυτήν την περίπτωση, είναι χρήσιμο ο εκπαιδευτικός να δίνει έτοιμη εικόνα, ώστε ο/η μαθητής/τρια να μπορεί να κατανοεί τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της βάσης και τις αντιστοιχίσεις της αναλογίας και να μην οδηγείται σε παρανοήσεις (Issing, 1990).

## **2<sup>ο</sup> ερευνητικό ερώτημα: διδακτική καταλληλότητα των κειμένων των αναλογιών στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου**

Οι περισσότερες αναλογίες παρουσίασαν οριζόντια πληρότητα (77,8%), κατακόρυφη πληρότητα (71,6%), υψηλή συστηματικότητα (73%) και οικεία βάση (72,7%). Ωστόσο, βρέθηκαν 36,9% αναλογίες με μέτρια και 33,5% αναλογίες με μικρή οντολογική απόσταση βάσης-στόχου. Ο μεγάλος αριθμός των αναλογιών με μέτρια και μικρή οντολογική απόσταση βάσης-στόχου δείχνει ότι δεν εξασφαλίζεται πάντα από τους συγγραφείς συγκεκριμένη και κατανοητή βάση προκειμένου να εξηγηθούν οι πιο αφηρημένες έννοιες του στόχου. Επισημαίνουμε ότι από την ανάλυση των κειμένων των **81** αναλογιών, βρέθηκαν **12** αναλογίες ως οι πλέον διδακτικά κατάλληλες, καθώς διέθεταν ταυτόχρονα οριζόντια πληρότητα, κατακόρυφη πληρότητα, υψηλή συστηματικότητα, οικεία βάση και μεγάλη οντολογική απόσταση βάσης-στόχου. Επιπλέον, από αυτές τις αναλογίες, τα κείμενα των **8** αναλογιών συνοδεύονταν από εικόνα του τομέα-βάσης (Κουλαϊδής κ. ά., 2002).

Τα σχολικά εγχειρίδια είναι η κύρια πηγή μάθησης οπότε οι συγγραφείς πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη σημασία στην διαμόρφωση και στον τρόπο παρουσίασης των αναλογιών. Τα αποτελέσματα της εμπειρικής μας έρευνας έδειξαν ότι υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη επεξεργασία των λεκτικών και λεκτικών-οπτικών αναλογιών στα εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών του Γυμνασίου, ώστε να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή αποτελεσματικότητα από την χρήση τους στην διδασκαλία. Από την έρευνά μας φαίνεται ότι αυτό είναι δυνατόν να επιτευχθεί αν γίνει προσπάθεια από τους συγγραφείς οι λεκτικές αναλογίες, αφενός να συνοδεύονται πάντα από κάποια εικόνα της βάσης, αφετέρου να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να λαμβάνεται υπόψη η προϋπάρχουσα γνώση και να τηρούνται τα κριτήρια πληρότητας ως προς τις πέντε διαστάσεις όπως προαναφέραμε. Επιπλέον, κατά την παρουσίαση μιας αναλογίας πρέπει να επισημαίνονται πάντα οι περιορισμοί της.

Τα δεδομένα που προέκυψαν για τη χρήση αναλογιών στη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών στο Γυμνάσιο υπογραμμίζουν τη σημασία επέκτασης της έρευνάς μας στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών άλλων βαθμίδων εκπαίδευσης (π.χ Λύκειο). Ακόμα, φαίνεται σκόπιμο να διερευνηθεί η χρήση των αναλογιών από τους εκπαιδευτικούς και πιο συγκεκριμένα εάν και με ποιον τρόπο οι εκπαιδευτικοί



χρησιμοποιούν τις αναλογίες που υπάρχουν στα εγχειρίδια ή επινοούν και χρησιμοποιούν δικές τους αναλογίες κατά τη διδασκαλία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., & Φίλος, Γ. (2015). *Χημεία Β' γυμνασίου, βιβλίο μαθητή*. Πάτρα: Διόφαντος.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπατσίμπα, Λ. (2015). *Φυσική Β' Γυμνασίου, βιβλίο μαθητή*. Πάτρα: Διόφαντος.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπατσίμπα, Λ. (2015). *Φυσική Γ' Γυμνασίου, βιβλίο μαθητή*. Πάτρα: Διόφαντος.
- Aubusson, P. J., Harrison, A. G., & Ritchie, S. M. (2006). Metaphor and analogy. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 1–9). Heidelberg, Germany: Springer.
- De Posada, J. M. (1999). The presentation of metallic bonding in high school science textbooks during three decades: science educational reforms and substantive changes of tendencies, *Science Education*, 83(4), 423–447.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Duit, R., Roth, W. M., Komorek, M., & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies-between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 283-303.
- Halford, G. S. (1993). *Children's Understanding: The Development of Mental Models*. Oxon, England: Routledge.
- Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in Science Education*, 31(3), 401–435.
- Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In: K. J., Holyoak, & R. G., Morrison (Eds.), *The Oxford handbook of thinking and reasoning* (pp. 234–259). New York, NY: Oxford University Press.
- Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π., & Σιδέρη, Φ. (2015). *Χημεία Γ' Γυμνασίου, βιβλίο μαθητή*. Πάτρα: Διόφαντος.
- Issing, L. J. (1990). Learning from pictorial analogies. *European journal of Psychology of Education*, 5(4), 489–499.
- Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσίμπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., & Πολίτης, Σ. (2014). *Η Φυσική με Πειράματα. Α' Γυμνασίου, βιβλίο μαθητή*. Πάτρα: Διόφαντος.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ., & Χρηστίδου, Β. (2002). *Τα κείμενα της τεχνοεπιστήμης στο δημόσιο χώρο* (1<sup>η</sup> εκδ.). Αθήνα: Μεταίχιμο.
- Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ., Καμπούρη, Α. (2017α). *Βιολογία Α' γυμνασίου, βιβλίο μαθητή*. Πάτρα: Διόφαντος.

- Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ., Καμπούρη, Α. (2017β). *Βιολογία Β' και Γ' γυμνασίου, βιβλίο μαθητή*. Πάτρα: Διόφαντος.
- Orgill, M., Bussey, T. J., & Bodner, G. M. (2015). Biochemistry instructors' perceptions of analogies and their classroom use. *Chemistry Education Research in Science Teaching*, 16, 731–746.
- Richland, L.E., & Simms, N. (2015). Analogy, higher order thinking and education. *Wires Cognitive Science*, 6(2), 177–192.
- Solomon, J. (1992). *Getting to know About Energy-in School and Society*, London, England: The Falmer Press.
- Treagust, D. F. (1993). The evolution of an approach for using analogies in teaching and learning science. *Research in Science Education*, 23(1), 293–301.
- Χαριτωνίδης, Η., Κώτσης, Θ. Κ., & Τσιούρη, Ε. (2017α). Οι αναλογίες στα σχολικά εγχειρίδια της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη διδασκαλία της φυσικής. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη & Α., Κοκολάκη (Επιμ.), *Πρακτικά 10<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης* (σελ. 476–484). Ρέθυμνο: ΕΝΕΦΕΤ.
- Χαριτωνίδης, Η., Κώτσης, Θ. Κ., & Τσιούρη, Ε. (2017β). Οι αναλογίες σε πανεπιστημιακά συγγράμματα της Φυσικής. Στο Δ., Σταύρου, Α., Μιχαηλίδη & Α., Κοκολάκη (Επιμ.), *Πρακτικά 10<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης* (σελ. 906–912). Ρέθυμνο: ΕΝΕΦΕΤ.
- Χρηστίδου, Β. (2001). Ο ρόλος των ρητορικών σχημάτων: η μεταφορά και η αναλογία ως μηχανισμοί σκέψης και κατανόησης στις φυσικές επιστήμες. Στο Δ., Κολιόπουλος, Β., Κουλαϊδής, Α., Τσατσαρώνη, Β., Χατζηνικήτα, Β., Χρηστίδου, & J., Ogborn (Επιμ.), *Διδακτική των φυσικών επιστημών (Τόμ. Β)* (σελ.293–320). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Χρηστίδου, Β., & Κουλαϊδής, Β. (2000). Οι αναλογίες ως διδακτικό εργαλείο: μελέτη των σχολικών εγχειριδίων. Στο Ν. Βαλανίδης (Επιμ.), *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου: Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. Λευκωσία, Κύπρος: ΕΝΕΦΕΤ.

# Εισαγωγή βασικών αρχών του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία στα πλαίσια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών

**Καλλιόπη Κανάκη<sup>1</sup> και Μιχαήλ Καλογιαννάκης<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Υποψήφια Διδάκτωρ, Πανεπιστήμιο Κρήτης  
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, pkanaki@hotmail.com  
<sup>2</sup> Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κρήτης  
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, mkalogian@edc.uoc.gr

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

*Σ' αυτήν τη μελέτη παρουσιάζονται τα πρώτα πιλοτικά αποτελέσματα μίας διδακτορικής εργασίας σε εξέλιξη, στην οποία προτείνεται η εξοικείωση των παιδιών προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας με θεμελιώδεις αρχές του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, στα πλαίσια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Ο γενικότερος σκοπός αφορά στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στα αρχικά στάδια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, κατά τη διδασκαλία ποικίλων επιστημονικών πεδίων. Το κύριο εργαλείο της ερευνητικής εργασίας είναι το ψηφιακό περιβάλλον PhysGramming, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα στα παιδιά να κατασκευάσουν τα δικά τους παιχνίδια, μετατρέποντάς τους έτσι από απλούς καταναλωτές της ψηφιακής τεχνολογίας σε ενεργούς δημιουργούς της. Το πρωτοποριακό χαρακτηριστικό του πλαισίου που προτείνεται είναι ότι οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τις βασικές αρχές του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού και, κατ' επέκταση της υπολογιστικής σκέψης, χωρίς όμως να γίνεται κάποια άμεση αναφορά στις αρχές αυτές.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** υπολογιστική σκέψη, αντικειμενοστραφής προγραμματισμός, φυσικές επιστήμες, ψηφιακά παιχνίδια, προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η εισαγωγή του προγραμματισμού στην υποχρεωτική εκπαίδευση, τοποθετείται στις αρχές της δεκαετίας του 1960, όταν η γλώσσα προγραμματισμού Logo προτάθηκε ως εργαλείο διδασκαλίας των μαθηματικών (Lye & Koh, 2014). Στις ημέρες μας παρατηρείται ανανεωμένο ενδιαφέρον για την καθιέρωση του προγραμματισμού στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Grover & Pea, 2013). Ο προγραμματισμός

δεν χαρακτηρίζεται πλέον ως μία δραστηριότητα εξειδίκευσης που είναι κατάλληλη μόνο για τους επιστήμονες υπολογιστών (Resnick et al., 2009). Αντίθετα, αποτελεί σημαντική δεξιότητα όλων των παραγωγικών μελών μίας σύγχρονης κοινωνίας. Η εισαγωγή του προγραμματισμού έχει προταθεί ακόμα και στην προσχολική εκπαίδευση (Flannery et al., 2013; Voogt et al., 2015), δεδομένου ότι η εκμάθηση κατασκευής προγραμμάτων παρέχει στα παιδιά τη δυνατότητα να εκφραστούν δημιουργικά και θέτει τις βάσεις για την καλλιέργεια δεξιοτήτων που αφορούν στην επίλυση προβλημάτων και στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης (Kazakoff, Sullivan & Bers, 2013). Καθώς τα παιδιά προγραμματίζουν, αναπτύσσουν την υπολογιστική τους σκέψη, η οποία μέχρι τα μέσα του 21<sup>ου</sup> αιώνα αναμένεται να εξελιχθεί σε θεμελιώδη δεξιότητα, ακριβώς όπως η ανάγνωση, η γραφή και η αριθμητική (Wing, 2006).

Στις μέρες μας, ο οπτικός προγραμματισμός κυριαρχεί στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Lye & Koh, 2014). Ένα από τα πιο δημοφιλή οπτικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα είναι το Scratch, το οποίο είναι κατάλληλο για μαθητές (χρησιμοποιείται το αρσενικό γραμματικό γένος για λόγους συντομίας και οικονομίας χώρου) άνω των οκτώ ετών. Το Scratch βασίζεται στις αρχές του διαδικασιακού προγραμματισμού και δεν εμπεριέχει αντικειμενοστραφή χαρακτηριστικά. Πρόσφατα έκανε την εμφάνισή του ένα νέο προγραμματιστικό περιβάλλον κατάλληλο για παιδιά ηλικίας τεσσάρων έως επτά ετών, το Scratch Junior (Flannery et al., 2013), του οποίου η δομή, η λειτουργικότητα και η φιλοσοφία βασίζεται στο Scratch (Papadakis, Kalogiannakis & Zaranis, 2016).

Η μελέτη αντίστοιχων προγραμματιστικών περιβαλλόντων οδηγεί στην παρατήρηση ότι ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός (Α.Π.) δεν έχει προς το παρόν εισαχθεί στην προσχολική και πρώτη σχολική εκπαίδευση, αν και είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την αντικειμενοστραφή σκέψη, μία δεξιότητα που οι άνθρωποι αναπτύσσουν από την αρχή της ζωής τους (Hillar, 2015). Πράγματι, οι άνθρωποι αλληλοεπιδρούν με αντικείμενα από τη βρεφική τους κιόλας ηλικία, αρχίζουν να τα αναγνωρίζουν και, σταδιακά, μαθαίνουν να καθορίζουν τα χαρακτηριστικά τους, αναπτύσσοντας έτσι την αντικειμενοστραφή τους σκέψη, η οποία οδηγεί στην κατανόηση και στη μοντελοποίηση ενός συστήματος. Με βάση τα παραπάνω, διαμορφώνεται ο ισχυρισμός ότι ο αντικειμενοστραφής προγραμματισμός εισήχθη με σκοπό να διευκολύνει την απεικόνιση της αντικειμενοστραφούς σκέψης σε κώδικα (Dalal, Kak & Sohoni, 2012; Hillar, 2015).

Η ανάγκη διεξαγωγής της έρευνας που παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη προκύπτει από την απουσία εργαλείων εισαγωγής του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού στην προσχολική και πρώτη σχολική εκπαίδευση. Για να καλυφθεί το κενό αυτό, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε το υπολογιστικό εκπαιδευτικό περιβάλλον PhysGramming (ακρωνύμιο του Physical Science Programming), το οποίο απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (τεσσάρων έως οκτώ ετών). Το PhysGramming εισάγει βασικές έννοιες του προγραμματισμού, υιοθετώντας ένα πρωτοποριακό υβριδικό σχήμα οπτικών και παραδοσιακών (βασισμένων στο κείμενο) προγραμματιστικών τεχνικών (Kanaki & Kalogiannakis, 2018). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται

στην αντικειμενοστρέφια, η οποία θεωρείται ότι ενισχύει την υπολογιστική σκέψη (Dalal, Kak & Sohoni, 2012).

Η εισαγωγή του PhysGramming στη σχολική τάξη στοχεύει στην αναβάθμιση της μαθησιακής εμπειρίας, στην αύξηση των κινήτρων συμμετοχής στην εκπαιδευτική διαδικασία, στην ενδυνάμωση της κατανόησης εννοιών που μελετώνται στο μάθημα και στην επίτευξη μίας πρώτης επαφής των μικρών μαθητών με τον προγραμματισμό και, κατ' επέκταση, με την υπολογιστική σκέψη (Kanaki & Kalogiannakis, 2018). Η αξιοποίηση του PhysGramming προτείνεται να πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος, διότι η χρήση υπολογιστικών εργαλείων μπορεί να διευκολύνει την κατανόηση επιστημονικών εννοιών και, αντίστροφα, τα μαθήματα με επιστημονικό περιεχόμενο αποτελούν ιδανικό πλαίσιο για την καλλιέργεια της υπολογιστικής σκέψης (Wilensky, Brady & Horn, 2014). Επίσης, η ανάθεση εργασιών με θέματα που σχετίζονται με τον πραγματικό κόσμο και βρίσκουν εφαρμογή σε αυτόν, αυξάνει τα κίνητρα για μάθηση και για συμμετοχή στην εκπαιδευτική διαδικασία (Blikstein, 2013).

Το βασικό ερευνητικό ερώτημα διατυπώνεται ως εξής: Μπορεί η υπολογιστική σκέψη να καλλιεργηθεί σε παιδιά του Νηπιαγωγείου και των δύο πρώτων τάξεων του Δημοτικού μέσα από τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, χρησιμοποιώντας κατάλληλα εκπαιδευτικά παιχνίδια και προγραμματιστικά περιβάλλοντα;

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Ερευνητικό εργαλείο

Το βασικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα είναι το PhysGramming, το οποίο παρέχει τη δυνατότητα στα μικρά παιδιά να κατασκευάσουν τα δικά τους ψηφιακά παιχνίδια (παζλ, παιχνίδια αντιστοίχισης και παιχνίδια ομαδοποίησης). Μέσω του PhysGramming, οι μαθητές αποκτούν μία πρώτη επαφή με θεμελιώδεις έννοιες του Α.Π., όπως τις έννοιες της κλάσης, του αντικειμένου και του χαρακτηριστικού. Επίσης, αποκτούν μία πρώτη ιδέα για τη σύνταξη εντολών του Α.Π., όπου το σύμβολο της τελείας (.) συνδέει τα αντικείμενα με τα χαρακτηριστικά τους (Εικόνα 1). Οι γραμμές εντολών, τις οποίες οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν, παραπέμπουν στη δομή ακολουθίας του διαδικασιακού προγραμματισμού. Μέσω της συμπλήρωσης των γραμμών εντολών, τα παιδιά εξοικειώνονται με τη χρήση μεταβλητών και την απόδοση τιμών σε αυτές, δεξιότητες απαραίτητες σε κάθε στυλ προγραμματισμού.

Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό του PhysGramming είναι ότι διαθέτει δύο τύπους λειτουργίας: (α) τη λειτουργία γραφής και (β) τη λειτουργία ήχου. Αν το παιδί δεν έχει ακόμα καλλιεργήσει τη δεξιότητα της γραφής, αλλά μπορεί να ακούσει και να μιλήσει, ενεργοποιεί τη λειτουργία ήχου, η οποία παρέχει τη δυνατότητα ηχογράφησης, ώστε το παιδί να τροφοδοτήσει την πλατφόρμα με τα δεδομένα που χρειάζονται για τη δημιουργία των ψηφιακών παιχνιδιών. Στην περίπτωση που το παιδί γνωρίζει να γράφει, χρησιμοποιεί τη λειτουργία γραφής.

**Εικόνα 1:** PhysGramming - Προσδιορισμός του χαρακτηριστικού «όνομα»

Κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση του PhysGramming, ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στο γεγονός ότι απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας, δηλαδή σε άτομα με σχετικά περιορισμένες εμπειρίες όσο αφορά στη χρήση υπολογιστή. Η περιορισμένη εξοικείωση των παιδιών με τους υπολογιστές θα μπορούσε να προκαλέσει δυσκολίες στην κατανόηση της λειτουργικότητας του PhysGramming (Darejeh & Singh, 2013). Για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο αυτό, αναζητήθηκαν στη βιβλιογραφία οι βασικές αρχές της δημιουργίας λογισμικού για μικρά παιδιά. Στα αποτελέσματα της αναζήτησης αυτής στηρίχτηκε η σχεδίαση και η υλοποίηση του PhysGramming. Σύμφωνα με τα παραπάνω ευρήματα, τα βασικά χαρακτηριστικά μίας εφαρμογής που απευθύνεται σε μικρά παιδιά είναι η απλότητα και η ευκολία στη χρήση, ώστε να είναι χαροποιός και αποτελεσματική (Kraleva, 2017). Επίσης, στα παιδιά: (α) αρέσουν οι κινούμενες εικόνες και ο ήχος, (β) δεν αρέσει η ανάγνωση κειμένου και (γ) αρέσει να τους παρέχεται η δυνατότητα της επιλογής (Fruth, Schulze, Rohde & Dittmann, 2013). Επιπλέον, όσο πιο μικρό είναι το παιδί τόσο πιο απλά και μεγάλα θα πρέπει να είναι τα αντικείμενα που εμφανίζονται στην οθόνη (Kraleva, 2017). Τέλος, στη βελτίωση της διεπαφής εφαρμογών για παιδιά συντελούν: (α) η εξάλειψη στοιχείων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν άγχος και απογοήτευση, (β) η εύκολη πρόσβαση στα εργαλεία της εφαρμογής, (γ) η αποφυγή χρήσης επιστημονικών όρων και (δ) η παροχή βοήθειας σε μορφή σύντομων οδηγιών (Darejeh & Singh, 2013; Nam, 2010).

### Διδακτικές παρεμβάσεις

Η ενσωμάτωση της προτεινόμενης εκπαιδευτικής τεχνολογίας στη σχολική τάξη πραγματοποιείται μέσω προσεκτικά σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων, που επιδιώκουν: (α) την ικανοποίηση των βασικών στόχων που θέτουν τα προγράμματα σπουδών, (β) την εξυπηρέτηση των μαθησιακών και εκπαιδευτικών αναγκών της σχολικής τάξης και (γ) την εξασφάλιση ίσων ευκαιριών συμμετοχής στη μάθηση για όλα τα παιδιά (Glaubke, 2007).

Οι διδακτικές παρεμβάσεις υλοποιούνται στο εργαστήριο της Πληροφορικής, όπου οι μαθητές κάθονται στους υπολογιστές ανά ζεύγη. Η διάρκεια των παρεμβάσεων είναι δύο διδακτικές ώρες. Κάθε παιδί έχει μία ώρα στη διάθεσή του να δημιουργήσει τα παιχνίδια του και να παίξει με αυτά.

Στη συνέχεια, για να γίνει ξεκάθαρη η φιλοσοφία της ερευνητικής πρότασης, θα παρουσιαστεί ενδεικτικά η μελέτη περίπτωσης των ζώων. Κατ' αρχάς, κάθε παιδί αποφασίζει με ποια ζώα θα ασχοληθεί, επιλέγοντας εικόνες ζώων που είναι ενσωματωμένες στο PhysGramming. Εναλλακτικά, μπορεί να δημιουργήσει τις δικές του εικόνες μέσω μίας εφαρμογής ζωγραφικής που το προγραμματιστικό περιβάλλον διαθέτει. Στη συνέχεια, για κάθε ζώο, το παιδί θα πρέπει να προσδιορίσει την τιμή τού χαρακτηριστικού «όνομα». Για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να συμπληρώσει τις εντολές που εμφανίζονται στην οθόνη (Εικόνα 1).

Όταν τα παιδιά έχουν προσδιορίσει τα ονόματα των ζώων, επιλέγουν το επόμενο χαρακτηριστικό με το οποίο θα ασχοληθούν. Ας υποθέσουμε ότι αυτό το χαρακτηριστικό είναι οι διατροφικές συνήθειες. Η ιδιαιτερότητα αυτού του χαρακτηριστικού είναι ότι οι δυνατές τιμές που μπορεί να πάρει είναι τρεις: φυτοφάγο, σαρκοφάγο και παμφάγο. Οι τιμές αυτές θα πρέπει να δοθούν από το παιδί στο PhysGramming, μέσω παραθύρου ειδικά σχεδιασμένου για το σκοπό αυτό. Στη συνέχεια, το παιδί θα πρέπει να προσδιορίσει τις διατροφικές συνήθειες κάθε ζώου, επιλέγοντας μία από τις παραπάνω τιμές (Kanaki & Kalogiannakis, 2018).

Σε αυτό το σημείο, έχουν δοθεί όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται από το προγραμματιστικό περιβάλλον ώστε να δημιουργηθούν τριών ειδών παιχνίδια: παζλ, παιχνίδια αντιστοίχισης και παιχνίδια ομαδοποίησης. Η επιλογή του είδους των παιχνιδιών που δημιουργούνται από το PhysGramming δεν ήταν τυχαία. Στην πραγματικότητα, κάθε ένα από αυτά υποστηρίζει την καλλιέργεια βασικών πτυχών της υπολογιστικής σκέψης και του Α.Π. Μέσω των παζλ επιδιώκεται η καλλιέργεια της αλγοριθμικής σκέψης (Hsu & Wang, 2018). Μέσω των παιχνιδιών ομαδοποίησης επιχειρείται η ενδυνάμωση της δεξιότητας της οργάνωσης δεδομένων. Τέλος, μέσω των παιχνιδιών αντιστοίχισης, επιδιώκεται η εξάσκηση της ικανότητας προσδιορισμού των χαρακτηριστικών ενός αντικειμένου και η απόδοση τιμών σε αυτά.

### **Εργαλείο αξιολόγησης**

Η υπολογιστική σκέψη συνδυάζει ένα σύνολο δεξιοτήτων όπως η συλλογή, η οργάνωση και η ανάλυση δεδομένων, η αλγοριθμική σκέψη, η αφαιρετική ικανότητα και η αξιολόγηση (Barr & Stephenson, 2011). Η ερευνητική εργασία που παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη, βασίζεται στον ισχυρισμό ότι αν επιτευχθεί η καλλιέργεια αυτών των δεξιοτήτων, τότε θα έχει καλλιεργηθεί και η υπολογιστική σκέψη. Δεδομένου ότι υιοθετείται το μικτό μοντέλο έρευνας, για κάθε μία δεξιότητα τίθεται ένα ερευνητικό ερώτημα που αφορά στην ενδυνάμωσή της, στα πλαίσια της προτεινόμενης εκπαιδευτικής προσέγγισης. Στη συνέχεια προσδιορίζονται αναλυτικότερα οι ποσοτικές και οι ποιοτικές εκδοχές του ερωτήματος αυτού (Kanaki & Kalogiannakis, 2018).

Στην περίπτωση της αλγοριθμικής σκέψης, η ποσοτική μελέτη αφορά στην καταγραφή του πλήθους των μαθητών που καταφέρνουν να λύσουν τα παζλ που οι ίδιοι κατασκεύασαν. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μελέτη των αρχείων καταγραφής πεπραγμένων (log files) του PhysGramming. Η ποιοτική μελέτη αφορά στη διεξαγωγή συνεντεύξεων που αναδεικνύουν αν τα παιδιά ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο πλάνο εργασίας καθώς λύνουν τα παζλ, ή αν κάνουν τυχαίες επιλογές. Η ποιοτική πτυχή της έρευνας είναι απαραίτητη γιατί, στην περίπτωση που τα παιδιά δεν καταστρώνουν κάποιο πλάνο εργασίας, δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι καλλιεργείται η αλγοριθμική σκέψη, ακόμα κι αν τελικά καταφέρνουν να λύσουν τα παζλ.

Για την αξιολόγηση της ανάπτυξης της αφαιρετικής ικανότητας, με την ποσοτική μελέτη ελέγχεται το πλήθος των μαθητών που αποδίδουν σωστές τιμές στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων που μελετούν. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των αρχείων καταγραφής του PhysGramming. Η ποιοτική μελέτη συνδέεται με την παρατήρηση των μαθητών καθώς αποδίδουν τιμές στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων. Το ενδιαφέρον εστιάζεται στην καταγραφή του βαθμού αυτονομίας των παιδιών καθώς εργάζονται.

Σχετικά με τη συλλογή δεδομένων, η ποσοτική μελέτη επικεντρώνεται στην ανάδειξη του πλήθους των μαθητών που καταφέρνουν να συλλέξουν δεδομένα σχετικά με το θέμα του μαθήματος και να αγνοήσουν όσα δεν έχουν σχέση με αυτό. Αυτό επιτυγχάνεται με τα αρχεία καταγραφής του PhysGramming. Η ποιοτική μελέτη σχετίζεται με την παρατήρηση των μαθητών καθώς εργάζονται και την καταγραφή του βαθμού αυτονομίας τους.

Αναφορικά με την οργάνωση δεδομένων, για άλλη μια φορά η ποσοτική μελέτη βασίζεται στη αξιοποίηση των αρχείων καταγραφής του PhysGramming, όπου αναδεικνύεται το πλήθος των μαθητών που παίζουν επιτυχώς τα παιχνίδια ομαδοποίησης. Η ποιοτική μελέτη βασίζεται στην παρατήρηση, ώστε να ελεγχθεί η αυτονομία των μαθητών καθώς παίζουν τα εν λόγω παιχνίδια.

Για τη μελέτη της ανάλυσης των δεδομένων, επιχειρούμε την ανάδειξη της δυνατότητας των παιδιών να εντοπίσουν περιπτώσεις που αποδόθηκαν λάθος τιμές στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων με τα οποία ασχολούνται. Η ποσοτική μελέτη στηρίζεται σε προσωπικές συνεντεύξεις των μαθητών με τους ερευνητές, στις οποίες παρουσιάζονται στους μαθητές εντολές του PhysGramming, σε κάποιες από τις οποίες οι τιμές που έχουν αποδοθεί είναι λανθασμένες. Οι μαθητές θα πρέπει να εντοπίσουν αυτά τα λάθη. Η ποιοτική μελέτη ελέγχει το κατά πόσο οι μαθητές μπορούν μόνοι τους να εντοπίσουν τα λάθη ή ζητούν τη βοήθεια των ερευνητών.

Για την εξάσκηση της δεξιότητας της αξιολόγησης, στα πλαίσια της ποσοτικής μελέτης, ελέγχουμε τα αρχεία καταγραφής του PhysGramming, στα οποία διαφαίνεται το πλήθος των χρηστών που παίζουν με επιτυχία τα παιχνίδια που δημιουργούν. Εφόσον η δεξιότητα της αξιολόγησης εξασκείται καθ' όλη τη διάρκεια της ενασχόλησης των παιδιών με τα παιχνίδια, τότε, αν καταφέρνουν να τα λύσουν, εξασκούν και τη δεξιότητα της αξιολόγησης. Στα πλαίσια της ποιοτικής μελέτης, ελέγχεται η αυτονομία των μαθητών καθώς παίζουν τα παιχνίδια τους.



## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε πιλοτική φάση σύμφωνα με τους κανόνες δεοντολογίας της εκπαιδευτικής έρευνας σε ένα Δημοτικό σχολείο της πόλης του Ηρακλείου Κρήτης, το Μάιο του 2018. Στην έρευνα συμμετείχαν 27 παιδιά: 15 παιδιά της πρώτης τάξης (4 κορίτσια και 11 αγόρια) και 12 παιδιά της δευτέρας τάξης (7 κορίτσια και 5 αγόρια). Το γεγονός ότι η πρώτη συγγραφέας του κειμένου ήταν η δασκάλα Πληροφορικής στο σχολείο αυτό διευκόλυνε την πρόσβαση στο δείγμα.

Κατά τις διδακτικές παρεμβάσεις, μελετήθηκε ενδεικτικά η περίπτωση των ζώων. Η ανάλυση των δεδομένων της έρευνας οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η υπολογιστική σκέψη εξασκήθηκε επιτυχώς. Στις επόμενες παραγράφους επιχειρείται μία πολύ σύντομη περιγραφή των ερευνητικών ευρημάτων.

Όσο αφορά στην ποσοτική πλευρά της έρευνας, η πλειοψηφία των παιδιών κατάφερε να επιτύχει τους στόχους που είχαν τεθεί. Πιο συγκεκριμένα, όλα τα παιδιά συνέλεξαν δεδομένα επιτυχώς, εφόσον κανένα από αυτά δεν χρησιμοποίησε δεδομένα άσχετα με το θέμα μελέτης. Σύμφωνα με τα αρχεία καταγραφής πεπραγμένων του PhysGramming, όλα τα παιδιά κατάφεραν να λύσουν τα παιχνίδια που έφτιαζαν, εκτός από ένα παιδί, που δεν κατάφερε να λύσει το παιχνίδι της αντιστοίχισης. Κατά τη δημιουργία των παιχνιδιών, τέσσερα παιδιά απέδωσαν λάθος τιμές σε χαρακτηριστικά ζώων με τα οποία ασχολήθηκαν. Επιπλέον, πέντε παιδιά έδωσαν λάθος απαντήσεις κατά τη διαδικασία ελέγχου της δεξιότητας της ανάλυσης των δεδομένων. Ας σημειωθεί εδώ ότι για τον έλεγχο της δεξιότητας της ανάλυσης των δεδομένων, διεξήχθησαν προσωπικές συνεντεύξεις, ώστε να αποφευχθούν τα λάθη λόγω απόσπασης προσοχής από εξωτερικούς παράγοντες.

Όσο αφορά στην ποιοτική πλευρά της έρευνας, όλα τα παιδιά κατάφεραν να εργαστούν αυτόνομα σε όλα τα στάδια της διδακτικής παρέμβασης. Οι συνεντεύξεις που διεξήχθησαν με σκοπό τη διερεύνηση της εξάσκησης της αλγοριθμικής σκέψης ανέδειξαν ότι τα παιδιά κατέστρωναν πλάνο για την επίλυση των παζλ και δεν ενεργούσαν τυχαία. Μόνο ένα παιδί δεν μπόρεσε να εξηγήσει το πλάνο εργασίας που ενδεχομένως ακολούθησε.

Καθώς οι μαθητές επέλεγαν τα ζώα με τα οποία θα ασχολούνταν, παρατηρήθηκε ότι οι περισσότεροι από αυτούς έτειναν να ζωγραφίσουν τις δικές τους εικόνες και όχι να χρησιμοποιήσουν αυτές που ήταν ήδη ενσωματωμένες στο PhysGramming. Αυτή ακριβώς η τάση των παιδιών διασφαλίζει τη μοναδικότητα των παιχνιδιών τους.

Παρατηρήθηκε επίσης ότι κανένα παιδί δεν υπέβαλε ερωτήματα, ούτε έδειξε προβληματισμένο σχετικά με τη σύνταξη των γραμμών εντολών. Αντίθετα, κάθε φορά που παρουσιάζεται το PhysGramming σε ενήλικες που δεν έχουν γνώσεις Α.Π., τίθενται ερωτήματα σχετικά με τη σύνταξη των εντολών. Αυτό που τους ξενίζει ιδιαίτερα είναι η χρήση της τελείας. Αυτές οι παρατηρήσεις ενισχύουν τον ισχυρισμό των συγγραφέων ότι η πιο κατάλληλη ηλικία για να αποκτήσουν τα παιδιά την πρώτη τους επαφή με τον Α.Π. είναι η πρώτη σχολική ηλικία.

Στα πλαίσια της έρευνας, πραγματοποιήθηκε σειρά συνεντεύξεων με σκοπό την ανάδειξη των απόψεων των παιδιών για την προτεινόμενη εκπαιδευτική προσέγγιση. Το

ερώτημα στο οποίο έπρεπε να απαντήσουν ήταν τι τους άρεσε περισσότερο κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων. Οι κυρίαρχες απαντήσεις ήταν: «Μου άρεσε γιατί ήταν η πρώτη φορά που έφτιαξα τα δικά μου παιχνίδια» και «Μου άρεσει να παίζω με παιχνίδια υπολογιστών». Μία πολύ ενδιαφέρουσα απάντηση ήταν: «Μου άρεσε γιατί έπρεπε να σκεφτώ, να δημιουργήσω και να αυτοσχεδιάσω».

Κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων, παρατηρήθηκε ότι τα παιδιά όχι απλά εξοικειώθηκαν με μεγάλη ευκολία με την προτεινόμενη εκπαιδευτική προσέγγιση, αλλά την αποδέχτηκαν με ενθουσιασμό. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις καταγεγραμμένες απόψεις των παιδιών για την εκπαιδευτική τεχνική που προτείνεται, επιβεβαιώνει τον ισχυρισμό των συγγραφέων ότι η εισαγωγή του PhysGramming στη σχολική τάξη βελτιώνει την εκπαιδευτική διαδικασία, προσδίδοντάς της παιγνιώδη υφή και κάνοντάς την ελκυστικότερη.

## **ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Το πιο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της προτεινόμενης εκπαιδευτικής προσέγγισης είναι ότι τα παιδιά μετατρέπονται σε δημιουργούς, σύμφωνα με τη θεωρία μάθησης του εποικοδομητισμού, και έρχονται σε μία πρώτη επαφή με τις βασικές αρχές του Α.Π. και, κατ' επέκταση, της υπολογιστικής σκέψης, χωρίς όμως να γίνεται κάποια άμεση αναφορά στις αρχές αυτές. Επίσης, το πλαίσιο μάθησης που προτείνεται επιδιώκει την ανατροπή του κατεστημένου που κρατάει το σχολικό εργαστήριο υπολογιστών απομονωμένο από τις καθημερινές σχολικές δραστηριότητες, αποβλέποντας στην ενδυνάμωση της ψηφιακής κουλτούρας.

Η παρούσα ερευνητική πρόταση αφορά τα μέλη της εκπαιδευτικής και της ακαδημαϊκής κοινότητας που επικροτούν την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης από τις πρώτες κιόλας τάξεις της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Αφορά επίσης εκείνους που επιδοκιμάζουν την ενασχόληση των μικρών παιδιών με εκπαιδευτικές δραστηριότητες που αποσκοπούν στην εκμάθηση βασικών εννοιών και αρχών του προγραμματισμού. Κυρίως όμως αφορά όλους εκείνους που υποστηρίζουν το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης, που πιστεύουν ότι ο μαθητής πρέπει να βρίσκεται στο κέντρο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, που εγκρίνουν τη μάθηση μέσω του παιχνιδιού και υιοθετούν εκπαιδευτικές τεχνικές που μετατρέπουν το παιδί από παθητικό καταναλωτή των νέων τεχνολογιών σε ενεργό δημιουργό τους.

Το PhysGramming παρέχει στα παιδιά τη δυνατότητα να εκφραστούν δημιουργικά και να αναπτύξουν τη φαντασία τους. Η ενσωμάτωσή του στην εκπαιδευτική διαδικασία, σύμφωνα με την πλαίσιο μάθησης που προτείνεται, ικανοποιεί τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των ψηφιακών ιθαγενών, την ανάγκη ενδυνάμωσης της ψηφιακής κουλτούρας, καθώς και τη σύγχρονη τάση καλλιέργειας της υπολογιστικής σκέψης από τις πρώτες κιόλας τάξεις της υποχρεωτικής εκπαίδευσης.

## **ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Στο άρθρο αυτό, προτείνεται η εισαγωγή του υπολογιστικού περιβάλλοντος PhysGramming στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος, με απώτερο

στόχο την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης. Το ίδιο περιβάλλον θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια και άλλων μαθημάτων, όπως π.χ. της Γλώσσας και των Μαθηματικών, ώστε να ικανοποιηθεί ο ίδιος στόχος. Στα άμεσα σχέδια των συγγραφέων είναι η εισαγωγή του σε μεγαλύτερο δείγμα παιδιών για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Επίσης, μέχρι στιγμής, η έρευνα έχει περιοριστεί σε άτομα που έχουν ήδη καλλιεργήσει τη δεξιότητα της γραφής. Δεδομένου ότι το PhysGramming διαθέτει και λειτουργία ήχου, στα σχέδια των συγγραφέων είναι η μελέτη της εισαγωγής του σε σχολικές τάξεις όπου οι μαθητές δεν θα έχουν καλλιεργήσει ακόμα τη δεξιότητα της γραφής.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων Έρευνας του Πανεπιστημίου Κρήτης που υποστηρίζει οικονομικά την ερευνητική προσπάθεια που παρουσιάζεται στην παρούσα μελέτη (Έργο ΚΑ 4713).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community?. *Acm Inroads*, 2(1), 48-54.
- Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and “making” in education: The democratization of invention. In J. Walter-Herrmann and C. Büching (Eds.), *FabLabs: Of machines, makers, and inventors*. (pp. 1-21). Bielefeld, Germany: Transcript Publishers.
- Dalal, N., Kak, S., & Sohoni, S. (2012). Rapid digital game creation for learning object-oriented concepts. In *Proceedings of Informing Science and IT Education Conference* (pp. 22-27). Montreal, Canada.
- Darejeh, A., & Singh, D. (2013). A review on user interface design principles to increase software usability for users with less computer literacy. *Journal of Computer Science*, 9(11), 1443-1450.
- Flannery, L. P., Silverman, B., Kazakoff, E. R., Bers, M. U., Bontá, P., and Resnick, M. (2013). Designing ScratchJr: Support for early childhood learning through computer programming. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 1-10). New York, NY, USA.
- Fruth, J., Schulze, C., Rohde, M., and Dittmann, J. (2013). E-Learning of IT Security Threats: A Game Prototype for Children. In *IFIP International Conference on Communications and Multimedia Security* (pp. 162-172). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gal-Ezer, J., & Stephenson, C. (2014). A tale of two countries: Successes and challenges in K-12 computer science education in Israel and the United States. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 14(2), 8.
- Glubke, C. R. (2007). The effects of interactive media on preschoolers' learning: A review of the research and recommendations for the future. Oakland, CA: *Children*

Now. Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2018 από [http://s78640.gridserver.com/uploads/documents/prek\\_interactive\\_learning\\_2007.pdf](http://s78640.gridserver.com/uploads/documents/prek_interactive_learning_2007.pdf).

- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12 A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.
- Hillar, G. C. (2015). *Learning Object-oriented programming*. Packt Publishing Ltd.
- Hsu, C. C., & Wang, T. I. (2018). Applying game mechanics and student-generated questions to an online puzzle-based game learning system to promote algorithmic thinking skills. *Computers & Education*, 121, 73-88.
- Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2018). Introducing fundamental object-oriented programming concepts in preschool education within the context of physical science courses, *Education and Information Technologies*, 23(6), 2673-2698
- Kazakoff, E. R., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2013). The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245-255.
- Kraleva, R. (2017). Designing an Interface For a Mobile Application Based on Children's Opinion. *IJIM*, 11(1), 53-70.
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?. *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61.
- Nam, H. (2010). Designing user experiences for children. Ανακτήθηκε στις 10 Ιανουαρίου 2018 από <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2010/05/designing-user-experiences-for-children.php>.
- Papadakis, St., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Developing fundamental programming concepts and computational thinking with ScratchJr in Preschool Education. A case study. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 10(3), 187-202.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B. & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67.
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715-728.
- Wilensky, U., Brady, C. E., & Horn, M. S. (2014). Fostering computational literacy in science classrooms. *Communications of the ACM*, 57(8), 24-28.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

# Εικονική πραγματικότητα και περιβαλλοντική αγωγή. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή σε μαθητές της Στ' τάξης δημοτικού

Εμμανουήλ Φωκίδης<sup>1</sup> και Άννα Κομιζόγλου<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, fokides@aegean.gr

<sup>2</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, pre13079@rhodes.aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από τη χρήση εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας για την διδασκαλία θεμάτων που σχετίζονται με τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Η εφαρμογή στηρίχθηκε στην πλατφόρμα ανοιχτού λογισμικού Opensimulator. Ομάδα στόχος ήταν μαθητές της Στ' τάξης. Για να εξεταστούν τα μαθησιακά αποτελέσματα, σαράντα μαθητές δύο δημοτικών σχολείων στη Ρόδο χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η διδασκαλία στηρίχθηκε στο μοντέλο των Driver και Oldham, με τη διαφορά ότι στην πρώτη ομάδα χρησιμοποιήθηκε έντυπο υλικό ενώ στη δεύτερη η εφαρμογή. Ερευνητικά δεδομένα συλλέχθηκαν με pre- και delayed post-tests, με φύλλα αξιολόγησης και με ένα ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση της εφαρμογής. Η ανάλυση έδειξε ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή είχαν καλύτερα γνωστικά αποτελέσματα σε σχέση με την άλλη ομάδα. Όμως, η εφαρμογή δεν φάνηκε να ικανοποιεί ιδιαίτερα τους μαθητές. Τα αποτελέσματα οδηγούν στην ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης του θέματος.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** εικονική πραγματικότητα, εποικοδομητισμός, μόλυνση περιβάλλοντος, περιβαλλοντική εκπαίδευση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα περιβαλλοντικά προβλήματα απασχολούν, σε καθημερινή βάση, τους πολίτες, οι οποίοι θα πρέπει να τα κατανοούν μιας και αφορούν το παρόν και το μέλλον όλων. Ένα σημαντικό μέρος των περιβαλλοντικών ζητημάτων που απασχολούν έντονα, σχετίζεται με τη μόλυνση τόσο της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υδάτων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των παραπάνω προβλημάτων, αλλά και στην ευαισθητοποίηση απέναντι σε αυτά, παίζει η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) στην οποία η χρήση της τεχνολογίας θεωρείται αυτονόητη (Vining, 2003). Η εικονική πραγματικότητα (ΕΠ), που χρησιμοποιείται ευρέως στις θετικές επιστήμες, είναι μια τέτοια τεχνολογία (Pan, Cheok, Yanh, Zhu, & Shi, 2006). Μάλιστα, η χρήση της ΕΠ στην

ΠΕ φαίνεται να έχει πολλαπλά οφέλη (ενδεικτικά, Dillahunt, Becker, Mankoff, & Kraut, 2008; Jacobson, McDuff, & Monroe, 2015), εφόσον η θετική επίδρασή της δεν αφορά μόνο την απόκτηση γνώσεων, αλλά εκτείνεται και στο κομμάτι των στάσεων, των αξιών και των δεξιοτήτων (Quinn & Lyons, 2013). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, θεωρήθηκε ότι θα είχε ενδιαφέρον να διερευνηθεί το κατά πόσο η ΕΠ μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές του δημοτικού να κατανοήσουν τις επιπτώσεις και τα προβλήματα που προκύπτουν από τη μόλυνση του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν: (α) εάν η διδασκαλία με τη χρήση ενός περιβάλλοντος ΕΠ που παρουσιάζει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υδάτων, επιτυγχάνει καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σύγκριση με τη διδασκαλία μέσω έντυπου υλικού και (β) εάν οι μαθητές διαμορφώνουν θετικές στάσεις και απόψεις για τη διδασκαλία τους μέσω ΕΠ. Στις ενότητες που ακολουθούν αναπτύσσεται το σκεπτικό και η οργάνωση της όλης προσπάθειας.

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Η ΠΕ αναφέρεται στην οργανωμένη προσπάθεια να διδάξει κάποιος το πώς λειτουργούν τα φυσικά περιβάλλοντα, και ιδιαίτερα, το πώς οι άνθρωποι μπορούν να διαχειριστούν, με βιώσιμο τρόπο, τα οικοσυστήματα (Reynolds, Brondizio, & Robinson, 2010). Ο όρος συχνά υπονοεί εκπαίδευση μέσα στο σχολικό σύστημα, ωστόσο, μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις προσπάθειες να εκπαιδευτεί το κοινό και με άλλους τρόπους, όπως μέσω έντυπου υλικού, ιστοσελίδων και εκστρατειών στα μέσα ενημέρωσης (Stapp, 1969). Απώτερος στόχος της ΠΕ είναι η μετάβαση σε μια κοινωνία όπου οι πολίτες είναι γνώστες του περιβάλλοντος και των προβλημάτων που σχετίζονται με αυτό, γνωρίζουν τις λύσεις σε αυτά τα προβλήματα και έχουν κίνητρα για την επίλυσή τους. Επιμέρους στόχοι της ΠΕ είναι: (α) η ευαισθητοποίηση στο περιβάλλον και τα προβλήματά του, (β) η απόκτηση αξιών, στάσεων και ανησυχιών για το περιβάλλον, (γ) η απόκτηση δεξιοτήτων για τον εντοπισμό και την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, (δ) η ενεργός συμμετοχή στην επίλυσή τους, (ε) η κατανόηση τόσο της τοπικής όσο και της διεθνούς διάστασης των προβλημάτων και (στ) η διεπιστημονική προσέγγιση (UNESCO, 1977). Η ΠΕ δεν αποτελεί αυτόνομο μάθημα στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, ενώ σε άλλες χώρες αποτελεί κατ' επιλογήν αντικείμενο ή συμπληρωματικό του παραδοσιακού προγράμματος σπουδών. Στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μπορεί να λάβει τη μορφή του εμπλουτισμού του περιεχομένου των θετικών επιστημών, εκδρομών στο φυσικό περιβάλλον, συμμετοχής του σχολείου σε κοινωφελή έργα, ή ακόμα υπαίθριων δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες που αποσκοπούν στη σε βάθος κατανόηση του περιβάλλοντος (Stohr, 2013).

Αναφορικά με την αξιοποίηση εργαλείων της Πληροφορικής στην ΠΕ, η βασική διαπίστωση είναι ότι υπάρχει μια πλούσια ποικιλία τέτοιων εργαλείων και εφαρμογών. Εντούτοις, σχετικά λίγες έρευνες εξέτασαν το πώς χρησιμοποιούνται αυτά τα εργαλεία. Στην πραγματικότητα, φαίνεται να υπάρχει πολύ μεγαλύτερο ενδιαφέρον για το σχεδιασμό τέτοιων εργαλείων από ό,τι στην ανάλυση του πώς η χρήση τους συμβάλλει στη διαμόρφωση των γνώσεων των μαθητών και στην κατανόηση των περιβαλλοντικών

θεμάτων από αυτούς (Fauville, Lantz-Andersson, & Säljö, 2014). Επίσης, οι περισσότερες εφαρμογές φαίνεται να αφορούν μόνο την απόκτηση δεξιοτήτων για τον εντοπισμό και την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Από την άλλη, η κατανόηση τόσο της τοπικής όσο και της διεθνούς διάστασης των προβλημάτων φαίνεται να είναι δύσκολο να επιτευχθεί από τις εφαρμογές, αν και κάτι τέτοιο θα επέτρεπε μια ολιστική θεώρηση του θέματος. Τέλος, μόνο μερικές εφαρμογές φαίνεται να δίνουν τη δυνατότητα ενεργού συμμετοχής των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία και στην εξεύρεση λύσεων για τα περιβαλλοντικά προβλήματα, παρότι αυτό εντάσσεται στους σημαντικότερους στόχους της ΠΕ (Fauville et al., 2014).

### **ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ**

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για την ΕΠ. Για παράδειγμα, οι Pan et al. (2006) την ορίζουν ως τη χρήση γραφικών που παρέχουν τη δυνατότητα της εμπύθισης εντός ενός διαδραστικού, τρισδιάστατου, εικονικού κόσμου. Εστιάζοντας στην εκπαιδευτική διάσταση της ΕΠ, αυτή θα πρέπει να βασίζεται σε συγκεκριμένο παιδαγωγικό μοντέλο, που ενσωματώνει ένα ή περισσότερα διδακτικά αντικείμενα και παρέχει εμπειρίες στον χρήστη που με άλλο τρόπο δεν θα μπορούσε να βιώσει στον πραγματικό κόσμο, έχοντας ως απόρροια συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα (Mikropoulos & Natsis, 2011). Η ΕΠ, χρησιμοποιείται ευρέως στις θετικές επιστήμες, σε τομείς που αφορούν τη μελέτη των φυσικών φαινομένων (Schneps, Ruel, Sonnert, Dussault, Griffin, & Sadler, 2014).

Η ΕΠ μπορεί να αποτελέσει ένα ενδιαφέρον εκπαιδευτικό εργαλείο γιατί: (α) περιέχει τρισδιάστατες αναπαραστάσεις των αντικειμένων και του περιβάλλοντος, παρέχοντας μια πιο ρεαλιστική εικόνα σε αυτόν που μαθαίνει, διευκολύνοντας την ανάπτυξη πιο ολοκληρωμένων νοητικών μοντέλων (Dede, Salzman, Loftin, & Sprague, 1999), (β) αυτός που μαθαίνει αποκτά ενεργό ρόλο, εφόσον μέσα στον εικονικό κόσμο έχει τον έλεγχο πάνω στο τι και πότε θα δει κάτι (Pan et al., 2006), (γ) παρέχει μαθησιακές εμπειρίες πρώτου προσώπου, δηλαδή άμεσες (Fokides, 2017), σε αντίθεση με την επίσημη εκπαίδευση που τείνει να παρέχει εμπειρίες τρίτου προσώπου, δηλαδή εμπειρίες που προέρχονται από τρίτους και (δ) παρέχει αυξημένα κίνητρα για μάθηση, ωθώντας τους μαθητές να οικοδομήσουν από μόνοι τους τη γνώση (Pan et al., 2006). Στην ΠΕ, η ΕΠ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση περιβαλλοντικών προβλημάτων, για τη δημιουργία κατάλληλων συνθηκών για την επιθυμητή περιβαλλοντική συμπεριφορά ή προσφέροντας πληροφορίες που μπορεί να επηρεάσουν τις επιλογές κάποιου σχετικά με το πραγματικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, προσομοιώνονται θαλάσσιοι βιότοποι ώστε να γίνουν κατανοητές οι σχέσεις που υπάρχουν σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα (Tarnq, Tsai, Lin, & Shiu, 2009). Άλλα παραδείγματα αποτελούν η προσομοίωση αστικών περιβαλλόντων (Quinn & Lyons, 2013), η ευαισθητοποίηση σε θέματα κλιματικής αλλαγής (Dillahunt et al., 2008), υπερ-εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων (Jacobson et al., 2015) και διατήρησης της ισορροπίας των οικοσυστημάτων (Okada, Yamada, Tarumi, Yoshida, & Moriya, 2003).

## ΜΕΘΟΔΟΣ

Όπως φάνηκε από την προηγούμενη ενότητα, οι εφαρμογές ΕΠ συνιστούν μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική πρόταση για τη διδασκαλία των ΦΕ. Ως εκ τούτου, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε σειρά διδακτικών παρεμβάσεων που χρησιμοποίησαν μία εφαρμογή ΕΠ για τη διδασκαλία στοιχείων που αφορούσαν τη μόλυνση του περιβάλλοντος και ειδικότερα του αέρα, του εδάφους και των υδάτων.

### Ερευνητικές υποθέσεις, δείγμα και διάρκεια

Οι ερευνητικές υποθέσεις που τέθηκαν προς εξέταση ήταν οι εξής:

Υ1: Με τη χρήση μίας εφαρμογής ΕΠ με αντικείμενο την ατμοσφαιρική ρύπανση, τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτων, επιτυγχάνονται καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με τη διδασκαλία του ίδιου αντικειμένου με έντυπο υλικό.

Υ2: Η διατηρησιμότητα των γνώσεων είναι επίσης μεγαλύτερη.

Υ3: Οι μαθητές διαμορφώνουν θετικές στάσεις/απόψεις για τη διδασκαλία τους με ΕΠ.

Ομάδα-στόχο αποτέλεσαν 45 μαθητές της Στ΄ τάξης δύο δημοτικών σχολείων της πόλεως Ρόδου. Για την επιλογή του δείγματος εφαρμόστηκαν τα εξής κριτήρια: (α) οι συμμετέχοντες να μην έχουν διδαχθεί τα συγκεκριμένα αντικείμενα, (β) οι επιδόσεις τους να αντανακλούν μια μέση/συνηθισμένη Στ΄ τάξη και (γ) η κατανομή αγοριών-κοριτσιών να αντανακλά και πάλι μια συνηθισμένη τάξη. Σκοπός των παραπάνω ήταν να δημιουργηθεί ένα "συνηθισμένο" και "τυπικό" δείγμα (Creswell & Poth, 2017). Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Φεβρουάριο του 2018 και είχε συνολική διάρκεια 6 διδακτικών δίωρων, όπως αναλύεται στην ενότητα "Διαδικασία". Πριν από την πραγματοποίησή της εξασφαλίστηκε η έγγραφη συγκατάθεση των γονέων των μαθητών και η συγκατάθεση των εκπαιδευτικών οι τάξεις των οποίων συμμετείχαν στην έρευνα.

### Υλικό

Ως διδακτικά αντικείμενα επιλέχθηκαν η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ρύπανση του εδάφους και των υδάτων. Παρότι ανάλογες ενότητες δεν υπάρχουν στο βιβλίο της Φυσικής της Στ΄ τάξης, τα παραπάνω αντικείμενα μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν επέκταση του βού κεφαλαίου που διαπραγματεύεται τα οικοσυστήματα. Αν και στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνονται στοιχεία για το πώς ο άνθρωπος, με τις ενέργειές του, διαταράσσει την οικολογική ισορροπία, εντούτοις, δεν περιλαμβάνονται στοιχεία για το πώς οι ανθρώπινες δραστηριότητες μολύνουν το περιβάλλον. Έτσι, η συμπερίληψη ανάλογου υλικού θεωρήθηκε ότι αποτελεί μιας πρώτης τάξης ευκαιρία για την ευαισθητοποίηση των μαθητών σε θέματα ΠΕ. Καθώς δεν υπάρχει το ανάλογο διδακτικό υλικό, αυτό χρειάστηκε να αναπτυχθεί. Εκτός από τη συγγραφή των απαραίτητων κειμένων, συλλέχθηκε και διαμορφώθηκε το συνοδευτικό πολυμεσικό υλικό (βίντεο και εικόνες). Για την κατασκευή της εφαρμογής επιλέχθηκε το Opensimulator (<http://opensimulator.org/>). Το Opensimulator είναι, κατά βάση, ένας διακομιστής ο οποίος διαχειρίζεται τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα. Το γενικό περίγραμμα του εικονικού κόσμου που κατασκευάστηκε ήταν ένα νησί έκτασης 512X512 μέτρων, νοητά χωρισμένου σε τρεις περιοχές όπου σε κάθε μία γινόταν αναπαράσταση μιας εκ των τριών μορφών ρύπανσης



(Εικόνες 1-3). Επίσης, οι μαθητές μπορούσαν να επισκεφτούν διάφορα κτίρια και χώρους οι οποίοι παρείχαν επιπρόσθετο σχετικό πληροφοριακό υλικό (βίντεο, εικόνες και κείμενα). Παράλληλα με την κατασκευή του εικονικού κόσμου διαμορφώθηκε έντυπο υλικό με τη μορφή ενός μικρού βιβλίου με το ίδιο ακριβώς γνωστικό περιεχόμενο με αυτό του εικονικού κόσμου. Σκοπός ήταν η αξιοποίησή του από άλλη ομάδα μαθητών που διδάχθηκε με συμβατικά μέσα, έτσι ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα. Τέλος, έγινε η συγγραφή φύλλων καταγραφής απόψεων, εργασιών και δραστηριοτήτων, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από όλους τους μαθητές, ανεξάρτητα από τον τρόπο που διδάχθηκαν. Λεπτομέρειες για το πώς αξιοποιήθηκε το παραπάνω υλικό παρέχονται στην ενότητα "Διαδικασία".

### Εικόνες 1-3. Στιγμιότυπα από την εφαρμογή



### Διαδικασία

Για κάθε μία από τις μορφές ρύπανσης διατέθηκε ένα διδακτικό δώρο, ώστε να υπάρχει άνεση χρόνου για την περιήγηση στον εικονικό κόσμο και τη διεξαγωγή όλων των δραστηριοτήτων. Το θεωρητικό πλαίσιο διδασκαλίας το παρέχει ο εποικοδομητισμός. Έτσι, για τη διεξαγωγή των διδασκαλιών μέσω του περιβάλλοντος ΕΠ, αξιοποιήθηκε το μοντέλο διδασκαλίας των Driver και Oldham (1986), που αποτελείται από τις φάσεις (α) του προσανατολισμού (για την κινητοποίηση των μαθητών), (β) της ανάδειξης ιδεών των μαθητών (για να αξιολογηθεί η προηγούμενή τους γνώση και ιδέες), (γ) της αναδόμησης των ιδεών (όπου οι μαθητές ανταλλάσσουν απόψεις με τους συμμαθητές τους και τους δασκάλους τους και κατασκευάζουν νέες ιδέες), (δ) της εφαρμογής σε νέες καταστάσεις (όπου οι μαθητές ελέγχουν ότι έμαθαν) και (ε) της ανασκόπησης (που παρέχει χρόνο στους μαθητές να συλλογιστούν όσα έμαθαν). Ο εικονικός κόσμος αξιοποιήθηκε στις

τρεις πρώτες φάσεις, παράλληλα με τη χρήση φύλλων καταγραφής απόψεων στη δεύτερη και τρίτη φάση. Οι μαθητές, χρησιμοποιώντας τους υπολογιστές του σχολικού εργαστηρίου (με αναλογία ένας υπολογιστής ανά δύο μαθητές), ήταν ελεύθεροι να περιηγηθούν στον εικονικό κόσμο (στο μέρος εκείνο που αφορούσε η εκάστοτε διδασκαλία), να μελετούν το γνωστικό υλικό με όποια σειρά και για όσο ήθελαν, να συζητούν και να ανταλλάσσουν απόψεις. Ο εκπαιδευτικός παρείχε συνεχή υποστήριξη, συμμετείχε στις συζητήσεις των μαθητών και έδινε τις αναγκαίες εξηγήσεις αν κάποιο σημείο της εφαρμογής τους προβλημάτιζε. Στις επόμενες δύο φάσεις δεν έγινε χρήση της εφαρμογής, αλλά αξιοποιήθηκαν τα φύλλα εργασιών και δραστηριοτήτων, ακολουθώντας, και πάλι, το ίδιο διδακτικό σχήμα (συνεργασία μαθητών μεταξύ τους και μεταξύ μαθητών και δασκάλου). Για να είναι εφικτή η αξιολόγηση των γνωστικών/μαθησιακών αποτελεσμάτων της παραπάνω μεθόδου και της εφαρμογής ΕΠ, αποφασίστηκε η δημιουργία μιας δεύτερης ομάδας μαθητών, οι οποίοι διδάχθηκαν τα ίδια αντικείμενα, χωρίς τη χρήση της εφαρμογής, αλλά με τη χρήση του έντυπου υλικού που δημιουργήθηκε για αυτό τον σκοπό. Το διδακτικό σχήμα, το περιεχόμενο, η διάρκεια, τα φύλλα καταγραφής απόψεων, εργασιών και δραστηριοτήτων, ήταν τα ίδια ακριβώς με την ομάδα που χρησιμοποίησε την εφαρμογή ΕΠ.

### **Εργασία**

Για τη συλλογή ερευνητικών δεδομένων κατασκευάστηκαν τρία φύλλα αξιολόγησης (ένα για κάθε διδακτική ενότητα), καθώς επίσης ένα pre- κι ένα delayed post-test. Κατά την κατασκευή όλων των φύλλων αξιολόγησης λήφθηκαν υπόψη οι εξής παράμετροι: (α) να καλύπτεται πλήρως το διδακτικό αντικείμενο, (β) οι ερωτήσεις να είναι κλιμακούμενης δυσκολίας και (γ) λίγες ερωτήσεις να ελέγχουν απόκτηση γνώσεων, αλλά οι περισσότερες να απαιτούν κριτική σκέψη από τους μαθητές και να εξετάζουν κατά πόσο μπορούν να εφαρμόζουν σε νέες καταστάσεις ό,τι διδάχθηκαν, έτι ώστε να ελεγχθεί εάν επιτεύχθηκαν οι τρεις πρώτοι στόχοι της ΠΕ, όπως αυτοί αναφέρθηκαν στην ενότητα "Περιβαλλοντική εκπαίδευση". Επίσης, στην ομάδα που χρησιμοποίησε την εφαρμογή, χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αναπτύχθηκε στο παρελθόν, έχει εξεταστεί η αξιοπιστία του κι έχει ως σκοπό να αξιολογούνται ψηφιακές εκπαιδευτικές εφαρμογές διαφόρων τύπων, μεταξύ αυτών και ΕΠ (Fokides, Kaimara, Deliyiannis, & Atsikpasi, 2018). Περιλαμβάνει συνολικά 45 ερωτήσεις που εξετάζουν τους εξής παράγοντες: εμπύηση, ευχαρίστηση, αποτελεσματικότητα της μάθησης, βελτίωση προσλαμβάνουσας γνώσης, ρεαλισμός της εφαρμογής, καταλληλότητα αφήγησης, ηχητικής και οπτικής αισθητικής, σαφήνεια του στόχου της εφαρμογής, καταλληλότητα ανατροφοδότησης, ευκολία χρήσης καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού, κίνητρα για μάθηση και σχέση με τα προσωπικά ενδιαφέροντα.

### **ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Όπως αναφέρθηκε, συνολικά 45 μαθητές συμμετείχαν στη μελέτη, χωρισμένοι σε 2 ομάδες. Από την ανάλυση εξαιρέθηκαν όσοι μαθητές ήταν απόντες σε ένα ή περισσότερα φύλλα αξιολόγησης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το τελικό δείγμα να αποτελείται από 40

μαθητές, 20 σε κάθε ομάδα (Ομάδα1 = διδασκαλία με έντυπο υλικό, Ομάδα2 = διδασκαλία με τη χρήση του εικονικού κόσμου). Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στα φύλλα αξιολόγησης, αυτά βαθμολογήθηκαν με βάση τις σωστές απαντήσεις. Στοιχεία για τη μέση βαθμολογία και για την τυπική απόκλιση, ανά ομάδα συμμετεχόντων και ανά φύλλο αξιολόγησης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Αναλύσεις διασποράς μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA) επρόκειτο να διεξαχθούν για να συγκριθούν οι βαθμολογίες των μαθητών στα φύλλα αξιολόγησης και με βάση τις 2 ομάδες που συμμετείχαν. Η ανάλυση διασποράς μίας κατεύθυνσης επιλέχθηκε εφόσον είναι ισοδύναμη του *t* test, που συνήθως χρησιμοποιείται όταν το δείγμα αποτελείται από 2 ομάδες. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 1.** Ανάλυση αποτελεσμάτων φύλλων αξιολόγησης

|                                | Ομάδα μαθητών   |           |                 |           |
|--------------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
|                                | Ομάδα1 (N = 20) |           | Ομάδα2 (N = 20) |           |
|                                | <i>M</i>        | <i>SD</i> | <i>M</i>        | <i>SD</i> |
| Pre-test (max = 32)            | 15,05           | 5,16      | 14,55           | 5,66      |
| Φύλλο αξιολόγησης 1 (max = 30) | 17,20           | 4,40      | 20,60           | 5,43      |
| Φύλλο αξιολόγησης 2 (max = 20) | 14,55           | 3,07      | 15,20           | 3,07      |
| Φύλλο αξιολόγησης 3 (max = 21) | 14,75           | 2,95      | 16,85           | 3,22      |
| Delayed post-test (max = 40)   | 23,05           | 2,37      | 32,10           | 5,24      |

**Πίνακας 2.** Αποτελέσματα One-way ANOVA

|                   | Αποτέλεσμα                    | Ερμηνεία                     |
|-------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Pre-test          | $F(1, 38) = 0,77, p = 0,386$  | ΜΣ                           |
| ΦΑ1               | $F(1, 38) = 4,73, p = 0,036$  | Η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1 |
| ΦΑ2               | $F(1, 38) = 0,45, p = 0,507$  | ΜΣ                           |
| ΦΑ3               | $F(1, 38) = 4,63, p = 0,038$  | Η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1 |
| Delayed post-test | $F(1, 38) = 49,50, p < 0,001$ | Η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1 |

Σημείωση: ΜΣ = μη στατιστικά σημαντική διαφορά

Τα παραπάνω επαληθεύουν τις Y1 και Y2 γιατί: (α) οι δύο ομάδες είχαν το ίδιο αρχικό επίπεδο γνώσεων, εφόσον στο Pre-test δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά, (β) στο Φύλλο αξιολόγησης 2 (μόλυνση του εδάφους) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, (γ) στα φύλλα αξιολόγησης 1 και 3 (ατμοσφαιρική ρύπανση και ρύπανση των υδάτων), η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1 και (δ) στο delayed post test και πάλι η Ομάδα2 ξεπέρασε την Ομάδα1 και μάλιστα κατά πολύ. Αναφορικά με το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή ΕΠ, φάνηκε ότι οι μαθητές εντόπισαν κάποια θετικά στοιχεία στην εφαρμογή και σε κάποια άλλα η άποψή τους δεν ήταν ιδιαίτερα θετική. Τα αποτελέσματα, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 3, θα αναλυθούν περαιτέρω στην ενότητα "Συζήτηση". Πάντως, σε γενικές γραμμές, δεν φαίνεται να επαληθεύεται η Y3.

**Πίνακας 3.** Αποτελέσματα ερωτηματολογίου

| Ερώτηση                                | <i>M</i> | <i>SD</i> |
|--|----------|-----------|
| Εμβύθιση                               | 2,33     | 1,05      |
| Ευχαρίστηση                            | 3,28     | 0,73      |
| Αποτελεσματικότητα της μάθησης         | 3,28     | 0,84      |
| Βελτίωση προσλαμβάνουσας γνώσης        | 3,19     | 1,01      |
| Ρεαλισμός                              | 3,12     | 0,98      |
| Καταλληλότητα της αφήγησης             | 3,09     | 1,14      |
| Καταλληλότητα ηχητικής αισθητικής      | 2,67     | 1,17      |
| Καταλληλότητα οπτικής αισθητικής       | 3,16     | 1,05      |
| Σαφήνεια του στόχου της εφαρμογής      | 2,89     | 1,00      |
| Καταλληλότητα ανατροφοδότησης          | 2,89     | 1,14      |
| Ευκολία στη χρήση                      | 3,60     | 0,59      |
| Καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού | 3,89     | 0,60      |
| Κίνητρα                                | 3,63     | 0,62      |
| Σχέση με προσωπικά ενδιαφέροντα        | 3,19     | 0,66      |

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση την ανάλυση δεδομένων, φαίνεται ότι σε δύο από τις τρεις παρεμβάσεις η ομάδα που διδάχθηκε με τη χρήση της εφαρμογής ΕΠ ξεπέρασε (με στατιστικά σημαντική διαφορά) την ομάδα που διδάχθηκε με έντυπο υλικό. Τα πιο σημαντικά όμως δεδομένα είναι ότι με την ολοκλήρωση των διδακτικών παρεμβάσεων: (α) η ομάδα που διδάχθηκε με το έντυπο υλικό παρουσίασε μία σχετικά μικρή βελτίωση και (β) η ομάδα που διδάχθηκε μέσω της εφαρμογής παρουσίασε αξιοσημείωτη βελτίωση και, μάλιστα, με στατιστικά σημαντική διαφορά σε σχέση με την πρώτη. Τα παραπάνω επαληθεύουν, σε γενικές γραμμές, προηγούμενες έρευνες όπου διαπιστώθηκε πως οι εφαρμογές ΕΠ στην ΠΕ επιτυγχάνουν καλά μαθησιακά αποτελέσματα (ενδεικτικά, Jacobson et al., 2015). Παράλληλα, το γεγονός ότι η χρήση έντυπου υλικού φαίνεται ότι δεν πέτυχε ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα, αναδεικνύει την ανάγκη η τεχνολογία να μην θεωρείται απλά ένα συμπληρωματικό στοιχείο της διδασκαλίας, αλλά ουσιαστικό μέρος της (Rikala, Vesisenaho, & Mylläri, 2013). Η ερμηνεία των μαθησιακών αποτελεσμάτων, μπορεί να στηριχθεί στα παρακάτω:

- Γενικά, οι μαθητές δείχνουν προτίμηση σε περιβάλλοντα ΕΠ, σε σχέση με άλλες εφαρμογές των ΤΠΕ, κάτι που έχει διαπιστωθεί από πάρα πολύ νωρίς (Mikropoulos, Chalkidis, Katsikis, & Emvalotis, 1997). Η προτίμηση αυτή οφείλεται στο μεγαλύτερο ενδιαφέρον και ενθουσιασμό για μάθηση που προκαλούν τα εικονικά περιβάλλοντα (Meyers & Bittner, 2012).
- Το γεγονός ότι τα εικονικά περιβάλλοντα μοιάζουν -ως ένα βαθμό- με την πραγματικότητα, ίσως να διευκόλυνε την πρόσκτηση γνώσεων, όπως έχει διαπιστωθεί και σε άλλες έρευνες (ενδεικτικά, Quinn & Lyons, 2013).

- Το εικονικό περιβάλλον έδωσε στους μαθητές την ευκαιρία να έχουν εμπειρίες πρώτου προσώπου που ήταν πολύ δύσκολο να έχουν κάτω από άλλες συνθήκες. Οι εμπειρίες πρώτου προσώπου φαίνεται να παίζουν καθοριστικό ρόλο στη μάθηση (Fokides, 2017; Quinn & Lyons, 2013).
- Η διδακτική μέθοδος που ακολουθήθηκε μπορεί κι αυτή να συνέβαλε. Στα περιβάλλοντα ΕΠ προτείνεται να ακολουθούνται μέθοδοι που στηρίζονται στον εποικοδομητισμό και στη συνεργασία των μαθητών (Pan et al., 2006). Όμως, πρέπει να τονιστεί ότι και στις δραστηριότητες εκτός του εικονικού κόσμου υπήρξε έντονο το στοιχείο της συνεργασίας. Έτσι, το σύνολο της διδασκαλίας στηρίχθηκε στις αρχές τις παραπάνω μαθησιακής θεωρίας, όπως άλλωστε προτείνεται κι από άλλους (Ertmer & Newby, 2013).
- Στην ΕΠ ο χρήστης/μαθητής είναι αυτός που έχει τον έλεγχο πάνω στο τι θα δει ή στο τι θα επισκεφτεί στον εικονικό κόσμο. Η ενεργός συμμετοχή του στη μαθησιακή διαδικασία είναι καίριας σημασίας στην επίτευξη καλών γνωστικών αποτελεσμάτων (Pan et al., 2006).
- Οι μαθητές, στην αξιολόγηση της εφαρμογής, επισήμαναν ότι αυτή τους προσέφερε αυξημένα κίνητρα για μάθηση, γεγονός που διευκολύνει τη μαθησιακή διαδικασία (Chandra, Theng, & Shou Boon, 2009).

Από την άλλη πλευρά, πρέπει να επισημανθεί ότι γενικά οι μαθητές δεν έμειναν ευχαριστημένοι από την εφαρμογή. Αυτό γιατί μόνο τρεις παράγοντες (ευκολία στη χρήση, κίνητρα για μάθηση και καταλληλότητα εκπαιδευτικού υλικού) συγκέντρωσαν βαθμολογία αρκετά πάνω πάνω από το μέσο όρο (βλ. Πίνακα 3). Η κύρια αιτία για αυτό πρέπει να είναι το γεγονός ότι η εφαρμογή ήταν "ερασιτεχνική", αναπτύχθηκε δηλαδή από έναν εκπαιδευτικό-ερευνητή με εξαιρετικά περιορισμένη εμπειρία στην ανάπτυξη εφαρμογών ΕΠ. Είναι προφανές ότι η εφαρμογή είχε αρκετές αδυναμίες και σίγουρα αυτό είχε αρνητική επίδραση στους μαθητές. Συνεπώς, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη συνεργασίας μεταξύ προγραμματιστών και εκπαιδευτικών, όπως πρότειναν οι Shuler, Levine και Ree (2012).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκαν τα αποτελέσματα από τη χρήση μιας εφαρμογής ΕΠ για τη διδασκαλία στοιχείων που αφορούν τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, του εδάφους και των υδάτων. Βρέθηκε ότι κάτι τέτοιο έχει αρκετά ενδιαφέροντα γνωστικά αποτελέσματα. Εάν ληφθεί υπόψη ότι υπάρχει έλλειψη ερευνών γύρω από το θέμα, η αναγκαιότητα για περαιτέρω διερεύνηση του θέματος είναι δεδομένη. Όμως, υπάρχουν περιορισμοί που πρέπει να αναφερθούν. Στην έρευνα έλαβαν μέρος σαράντα μαθητές από δύο τμήματα της Στ' δημοτικού. Ο μικρός αριθμός των συμμετεχόντων καθιστά δυσχερή τη δυνατότητα γενίκευσης των αποτελεσμάτων. Ο αριθμός των παρεμβάσεων ήταν μικρός. Μεγαλύτερη διάρκεια, θα επέτρεπε την κατανόηση του εξεταζόμενου προβλήματος σε μεγαλύτερο βάθος. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν μία πιο σύνθετη εφαρμογή. Κάτι τέτοιο θα επέτρεπε να συμπεριληφθούν κι άλλα στοιχεία, τα οποία θα αύξαναν το εύρος αποτελεσμάτων. Επίσης, θα μπορούσαν να περιληφθούν μεγαλύτερα

δείγματα μαθητών. Παραλλαγές της διδακτικής μεθόδου θα επέτρεπαν τον καλύτερο εντοπισμό των πλεονεκτημάτων ή των μειονεκτημάτων της. Τέλος, μελλοντικές εργασίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ποιοτικά εργαλεία συλλογής δεδομένων, για τη δημιουργία μιας πιο σφαιρικής εικόνας της εκπαιδευτικής αξίας της ΕΠ. Εν κατακλείδι και λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς, φαίνεται ότι η ΕΠ μπορεί να έχει ικανοποιητικά και ενδιαφέροντα μαθησιακά αποτελέσματα. Ως εκ τούτου, προς την κατεύθυνση της περαιτέρω διερεύνησης του θέματος, ήδη σχεδιάζεται ένα εκτενέστερο πρόγραμμα παρεμβάσεων, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την αποτελεσματικότητά της σε σχέση με τη διδασκαλία εννοιών των ΦΕ.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Chandra, S., Theng, Y. L., & Shou-Boon, S. F. (2009). Proposed theoretical framework for virtual world adoption. *Proceeding of SLACTIONS 2009*, 22.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2017). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage Publications.
- Dede, C., Salzman, M. C., Loftin, R. B., & Sprague, D. (1999). Multisensory immersion as a modeling environment for learning complex scientific concepts. In W. Feurzeig, & N. Roberts (Eds.), *Computer Modeling and Simulation in Science Education* (pp. 282-319). New York: Springer-Verlag.
- Dillahunt, T., Becker, G., Mankoff, J., & Kraut, R. (2008). Motivating environmentally sustainable behavior changes with a virtual polar bear. *Proceedings of the Pervasive 2008 Workshop*, 58-62.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Ertmer, P. A. & Newby, T. J. (2013). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 26(2), 43-71.
- Fauville, G., Lantz-Andersson, A., & Säljö, R. (2014). ICT tools in environmental education: reviewing two newcomers to schools. *Environmental Education Research*, 20(2), 248-283.
- Fokides, E. (2017). A model for explaining primary school students' learning outcomes when they use multi-user virtual environments. *Journal of Computers in Education*, 4(3), 225-250.
- Fokides, E., Kaimara, P., Deliyiannis, I., & Atsikpasi, P. (2018). Development of a scale for measuring the learning experience in serious games. *Proceeding of the International Conference Digital Culture and AudioVisual Challenges, Interdisciplinary Creativity in Arts and Technology*. Corfu, Greece: Ionian University.
- Jacobson, S. K., McDuff, M. D., & Monroe, M. C. (2015). *Conservation education and outreach techniques*. Oxford University Press.
- Meyers, E., & Bittner, R. (2012). "Green washing" the digital playground: How virtual worlds support ecological intelligence...or do they? *Proceedings of the 2012 iConference*, 608-61. Toronto, Ontario, Canada.
- Mikropoulos, T. A., Chalkidis, A., Katsikis, A., & Emvalotis, A. (1998). Students' attitudes towards educational virtual environments. *Education & Information Technologies*, 3(2), 137-148.
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780.

- Okada M., Yamada A., Tarumi H., Yoshida M., & Moriya K. (2003). DigitalEE II: RV-augmented interface design for networked collaborative environmental learning. *Proceedings of the International Conference on Computer Support for Collaborative Learning*, 265-274.
- Pan, Z., Cheok, A.D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, 30(1), 20-28.
- Quinn, F., & Lyons, T. (2013). Educating for sustainability in virtual worlds: Does the virtual have value? *Strand 9 Environmental, Health and Outdoor Science Education*, 118.
- Reynolds, H. L., Brondizio, E. S., & Robinson, J. M. (Eds.). (2010). *Teaching environmental literacy: Across campus and across the curriculum* (Vol. 38). Indiana university press.
- Rikala, J., Vesisenaho, M., & Mylläri, J. (2013). Actual and potential pedagogical use of tablets in schools. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 9(2), 113-131.
- Schneps, M. H., Ruel, J., Sonnert, G., Dussault, M., Griffin, M., & Sadler, P. M. (2014). Conceptualizing astronomical scale: Virtual simulations on handheld tablet computers reverse misconceptions. *Computers & Education*, 70, 269-280.
- Shuler, C., Levine, Z., & Ree, J. (2012, January). *iLearn II: An analysis of the education category of Apple's app store*. New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop.
- Stapp, W. B. (1969). The concept of environmental education. *Environmental Education*, 1(1), 30-31.
- Stohr, W. (2013). Coloring a green generation: The law and policy of nationally-mandated environmental education and social value formation at the primary and secondary academic levels. *JL & Educ.*, 42, 1.
- Tarnq, W. H., Tsai, W. S., Lin, Y. S., & Shiu, C. K. (2009). Instructional design using the virtual ecological pond for science education in elementary schools. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 28-30.
- United Nations of Education Scientific and Cultural Organisation (UNESCO). (1977). *First Inter-governmental Conference on Environmental Education Final Report, Tbilisi, USSR*. Paris: UNESCO.
- Vining, J. (2003). The connection to other animals and caring for nature. *Human Ecology Review*, 10(2), 87-99.

# Ο προφορικός λόγος των μαθητών κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» και πειραματικών δραστηριοτήτων «παραδοσιακού τύπου»

Δήμητρα Λαζάρου<sup>1</sup> και Μιχαήλ Σκουμιός<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Δημοτικό Σχολείο Βενεράτου, psemtd15012@rhodes.aegean.gr

<sup>2</sup> ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία στοχεύει στη μελέτη του προφορικού λόγου μαθητών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου, κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη μάθηση μέσω διερεύνησης και στη σύγκριση του με τον προφορικό λόγο των μαθητών που εκτελούν «παραδοσιακού τύπου» πειραματικές δραστηριότητες. Επιλέχθηκαν από το σχολικό εγχειρίδιο πειραματικές δραστηριότητες για το φως και αναμορφώθηκαν με βάση την προσέγγιση της μάθησης μέσω διερεύνησης. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν τέσσερις ομάδες μαθητών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου (16 μαθητές). Δύο ομάδες μαθητών πραγματοποίησαν τις «παραδοσιακού τύπου» πειραματικές δραστηριότητες και άλλες δύο ομάδες τις πειραματικές δραστηριότητες που βασίστηκαν στη μάθηση μέσω διερεύνησης. Τα δεδομένα της έρευνας προήλθαν από την ανάλυση των βιντεοσκοπήσεων της πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων. Συγκεκριμένα, αναλύθηκε ο προφορικός λόγος των μαθητών. Προέκυψε ότι, κατά την εκτέλεση «παραδοσιακού τύπου» πειραματικών δραστηριοτήτων ο προφορικός λόγος των μαθητών εστιάζοταν κυρίως στα όργανα και τα υλικά («πεδίο των αντικειμένων»), ενώ κατά την εκτέλεση πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη μάθηση μέσω διερεύνησης, ο προφορικός λόγος των μαθητών περιλάμβανε σε σημαντικό βαθμό και ιδέες των Φυσικών Επιστημών («πεδίο των ιδεών»).

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** πειραματικές δραστηριότητες, προφορικός λόγος, μάθηση μέσω διερεύνησης

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο των μελετών που διερευνούν την αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων στο πλαίσιο της διδασκαλίας



των Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, εστιάζεται στη μελέτη του προφορικού λόγου των μαθητών κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης «παραδοσιακού τύπου» πειραματικών δραστηριοτήτων και πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης».

Οι πειραματικές δραστηριότητες αποτελούν μαθησιακές εμπειρίες στις οποίες οι μαθητές αλληλεπιδρούν με διάφορα υλικά ή δεδομένα, για να μπορέσουν να παρατηρήσουν και να κατανοήσουν ζητήματα του φυσικού κόσμου (Lunetta, Hofstein & Clough, 2007). Συνήθως, οι πειραματικές δραστηριότητες είναι οργανωμένες σύμφωνα με τα ακόλουθα βήματα: σκοπός, υλικά και όργανα, διαδικασία, συλλογή και ανάλυση δεδομένων, και συμπεράσματα. Στη συναφή βιβλιογραφία αυτού του τύπου οι πειραματικές δραστηριότητες αναφέρονται ως «παραδοσιακού τύπου» ή «τύπου μαγειρικής συνταγής» (Germann, Haskins & Auls, 1996).

Σύμφωνα με τις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση ο μαθητής δεν λαμβάνει παθητικά τη γνώση αλλά αντίθετα οικοδομεί ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες (NGSS Lead States, 2013). Η «μάθηση μέσω διερεύνησης» πρεσβεύει ότι η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές που ακολουθούν οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Στο πλαίσιο αυτό, μπορούν να οργανωθούν πειραματικές δραστηριότητες όπου οι μαθητές να μην ακολουθούν μια προκαθορισμένη από τον εκπαιδευτικό διαδικασία αλλά να ενθαρρύνονται να διατυπώνουν ερωτήματα και υποθέσεις, να προβαίνουν σε έλεγχο των μεταβλητών, να σχεδιάζουν και να πραγματοποιούν την πειραματική διαδικασία, να αναλύουν τα δεδομένα και να συγκροτούν εξηγήσεις βασισμένες σε δεδομένα. Αυτού του τύπου οι δραστηριότητες αναφέρονται ως πειραματικές δραστηριότητες που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» (Elstegeest, 2001).

Έχει υποστηριχθεί από πολλούς ερευνητές ότι η χρήση των πειραματικών δραστηριοτήτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει σημαντική συνεισφορά στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (Abrahams & Millar, 2008; Lunetta, 1998; Hofstein & Lunetta, 1982; Hofstein & Lunetta, 2004; Huckle & Fischer, 2002; Lazarowitz & Tamir, 1994; Millar, Tiberghien, & Le Maréchal, 2002; Tobin, 1990). Υπάρχει όμως και ερευνητές οι οποίοι εκφράζουν αμφισβήτηση για την αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων (Abrahams & Millar, 2008; Hodson, 1991; Hofstein & Lunetta, 2004; Osborne, 1993; Wellington, 1998). Σύμφωνα με τον Hodson (1991), οι πειραματικές δραστηριότητες συχνά δεν είναι κατάλληλα οργανωμένες, προκαλούν σύγχυση, είναι αντιπαραγωγικές και συνεισφέρουν ελάχιστα στη μάθηση.

Ο θεμελιώδης σκοπός μιας πειραματικής δραστηριότητας, αναφορικά με τη μάθηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών, είναι να βοηθήσει τους μαθητές να συνδέσουν δύο πεδία: το «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» (Tiberghien, 2000). Η σύνδεση ανάμεσα στο «πεδίο των αντικειμένων» και το «πεδίο των ιδεών» (Millar et al., 2002; Tiberghien et al., 2001) ή ανάμεσα στην πρακτική και τη θεωρία

(Niedderer et al., 1998; Psillos & Niedderer, 2002) αποτελεί μέτρο της αποτελεσματικότητας μιας πειραματικής δραστηριότητας.

Σχετικά με την διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες, οι οποίες μελετούν τις δράσεις και τον προφορικό λόγο των μαθητών κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων από τους μαθητές (Becu-Robinault, 2002; Buty, 2002; Hucke & Fischer, 2002; Sander, Schecker & Niedderer 2002; Skoumios & Passalis 2010; Todas & Skoumios, 2014; Theyben, Aufschneider & Schumacher, 2002). Από τις έρευνες αυτές προέκυψε ότι κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων οι μαθητές σε μεγάλο βαθμό δεν χρησιμοποιούν -στον προφορικό τους λόγο- τις ιδέες, τις έννοιες, τις αρχές και τους νόμους των Φυσικών Επιστημών. Οι Abrahams και Millar (2008), υποστηρίζουν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες είναι πιο αποτελεσματικές στο να μάθουν οι μαθητές για τα φυσικά αντικείμενα (όργανα και υλικά), παρά για να κατανοήσουν τις ιδέες των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, ένα ακόμη κοινό εύρημα, είναι ότι ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών και η λήψη μετρήσεων είναι οι κυρίαρχες δραστηριότητες των μαθητών που καταλαμβάνουν σημαντικό μέρος του διαθέσιμου χρόνου τους, ενώ η συνεισφορά αυτών των δραστηριοτήτων στο να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να συνδέσουν την πρακτική με τη θεωρία είναι ελάχιστη.

Οι μελέτες αυτές αφορούν κυρίως στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση, ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Todas & Skoumios, 2014). Επιπλέον, στις παραπάνω έρευνες οι μαθητές είχαν πραγματοποιήσει πειραματικές δραστηριότητες «παραδοσιακού τύπου». Όμως, απουσιάζουν έρευνες που να συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα (μέσω της ανάλυσης του προφορικού λόγου των μαθητών) των πειραματικών δραστηριοτήτων «παραδοσιακού τύπου» και των πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης».

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του προφορικού λόγου μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» για το φως και η σύγκριση του με τον προφορικό λόγο των μαθητών που εκτελούν «παραδοσιακού τύπου» πειραματικές δραστηριότητες στην ίδια εννοιολογική περιοχή.

Ειδικότερα, ως ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας τίθενται τα ακόλουθα:

(α) Ποια είναι η κατανομή των κατηγοριών του προφορικού λόγου των μαθητών, κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης «παραδοσιακού τύπου» πειραματικών δραστηριοτήτων για το φως;

(β) Ποια είναι η κατανομή των κατηγοριών του προφορικού λόγου των μαθητών, κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» για το φως;

(γ) Υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στον προφορικό λόγο των μαθητών, κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση

μέσω διερεύνησης» για το φως και «παραδοσιακού τύπου» πειραματικών δραστηριοτήτων στην ίδια εννοιολογική περιοχή;

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **Ερευνητική διαδικασία**

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης. Η ερευνητική διαδικασία περιλάμβανε δύο φάσεις (πilotική και κύρια φάση). Στην πρώτη φάση επιλέχθηκαν οι πειραματικές δραστηριότητες για το φως από το σχολικό εγχειρίδιο της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου (πειραματικές δραστηριότητες «παραδοσιακού τύπου») και πραγματοποιήθηκε αναμόρφωσή τους (πειραματικές δραστηριότητες που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης»). Στη συνέχεια, επιλέχθηκε το δείγμα των μαθητών που θα συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη, συγκροτήθηκαν οι ομάδες των μαθητών (πειραματική ομάδα και ομάδα ελέγχου) και εκτελέστηκαν από τους μαθητές οι πειραματικές δραστηριότητες, οι οποίες βιντεοσκοπήθηκαν (κύρια φάση). Ακολούθησε η ανάλυση των βιντεοσκοπήσεων και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

### **Συμμετέχοντες**

Στην έρευνα συμμετείχαν δεκαέξι μαθητές και μαθήτριες της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Οι μαθητές και οι μαθήτριες φοιτούσαν σε δημοτικό σχολείο του Ηρακλείου. Σχηματίστηκαν τέσσερις τετραμελείς ομάδες (με ίδιο αριθμό αγοριών και κοριτσιών). Οι ομάδες που συγκροτήθηκαν ήταν ισοδύναμες ως προς την επίδοση των μαθητών στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών, σύμφωνα με την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού τους.

### **Οι πειραματικές δραστηριότητες**

Επιλέχθηκαν τέσσερις πειραματικές δραστηριότητες για το φως από το σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου (πειραματικές δραστηριότητες «παραδοσιακού τύπου»), οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από δύο ομάδες μαθητών (ομάδα ελέγχου). Στις πειραματικές δραστηριότητες αυτές, αρχικά αναγράφονταν τα όργανα και τα υλικά, τα οποία ήταν αναγκαία για την υλοποίησή τους και στη συνέχεια παρέχονταν τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν οι μαθητές για την πραγματοποίησή τους. Ακολούθως, ζητούνταν από τους μαθητές να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και να εξάγουν συμπεράσματα με βάση αυτές.

Οι τέσσερις αυτές πειραματικές δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου για το φως, αναμορφώθηκαν με βάση τη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω διερεύνησης» (πειραματικές δραστηριότητες που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης») και πραγματοποιήθηκαν από τις άλλες δύο ομάδες μαθητών (πειραματική ομάδα). Στις πειραματικές δραστηριότητες αυτές, αρχικά ζητούνταν από τους μαθητές να καταγράψουν ατομικά τις απόψεις (προβλέψεις) τους σε δεδομένα προβλήματα. Έπειτα, συζητούσαν μαζί με τους υπόλοιπους μαθητές της ομάδας τους και εντόπιζαν τις ομοιότητες και τις διαφορές στις απόψεις τους και προσπαθούσαν να πείσουν τους

συμμαθητές τους για τις απόψεις τους. Κατόπιν, έλεγχαν τις απόψεις τους σχεδιάζοντας και πραγματοποιώντας διερευνήσεις. Αναγνώριζαν και έλεγχαν τις μεταβλητές, επέλεγαν τα όργανα και τα υλικά, περιέγραφαν και υλοποιούσαν τις πειραματικές διαδικασίες. Τέλος, κατέγραφαν τις διαπιστώσεις τους και τις σύγκριναν με τις αρχικές τους απόψεις.

### Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε τον Μάρτιο και Απρίλιο του 2017. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι βιντεοταινίες που περιείχαν τη διαδικασία εκτέλεσης των πειραματικών δραστηριοτήτων των Φυσικών Επιστημών από τις τέσσερις ομάδες των μαθητών. Η διάρκεια των βιντεοταινιών ήταν συνολικά 626 λεπτά, από τα οποία τα 213 λεπτά ήταν η διάρκεια των βιντεοταινιών της ομάδας ελέγχου και τα 413 λεπτά της πειραματικής ομάδας.

Η ανάλυση των δεδομένων έγινε σε επίπεδο προφορικού λόγου των μαθητών κατά την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων. Ο προφορικός λόγος των μαθητών ταξινομήθηκε σε τέσσερις κατηγορίες (Niedderer, et al. 1998) (βλ. Πίνακα 1). Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης συμπεριλήφθηκε μια ακόμη κατηγορία με την ονομασία «άλλη γνώση», η οποία αφορά στις διατυπώσεις των μαθητών που δεν ταιριάζουν σε καμία από τις υπόλοιπες κατηγορίες.

**Πίνακας 1:** Οι κατηγορίες του προφορικού λόγου των μαθητών κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των πειραματικών δραστηριοτήτων και η περιγραφή τους

| Κατηγορία                  | Περιγραφή  |
|----------------------------|--|
| «Τεχνική γνώση»            | Οι μαθητές χρησιμοποιούν έννοιες και ιδέες που σχετίζονται με τα όργανα και υλικά στις προτάσεις που διατυπώνουν.  |
| «Φυσική γνώση»             | Οι μαθητές χρησιμοποιούν έννοιες και ιδέες των Φυσικών Επιστημών στις προτάσεις που διατυπώνουν.   |
| «Τεχνική και Φυσική γνώση» | Οι μαθητές χρησιμοποιούν μαζί έννοιες των Φυσικών Επιστημών και έννοιες και ιδέες που σχετίζονται με τα όργανα και υλικά στις προτάσεις που διατυπώνουν. |
| «Μαθηματική γνώση»         | Οι μαθητές χρησιμοποιούν τύπους ή μαθηματικές εκφράσεις στις προτάσεις που διατυπώνουν.  |

Κάθε τμήμα από τις βιντεοταινίες διάρκειας μισού λεπτού κατατάχθηκε σε μια κατηγορία του προφορικού λόγου των μαθητών, με βάση τον Πίνακα 1. Η ανάλυση των βιντεοταινιών πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές, οι οποίοι εργάστηκαν ανεξάρτητα. Το ποσοστό συμφωνίας των δύο ερευνητών ήταν 95% για τις κατηγορίες του προφορικού

λόγου. Οι διαφωνίες που προέκυψαν κατά την ανάλυση των βιντεοταινιών επιλύθηκαν με συζήτηση.

Επιπλέον, καθορίστηκαν και ερμηνεύτηκαν, μέσω του τεστ  $\chi^2$ , οι συσχετίσεις ανάμεσα στις κατηγορίες του προφορικού λόγου των μαθητών και στον τύπο των πειραματικών δραστηριοτήτων (πειραματικές δραστηριότητες «παραδοσιακού τύπου», πειραματικές δραστηριότητες που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης»).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η κατανομή των κατηγοριών του προφορικού λόγου των μαθητών κατά την διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων «παραδοσιακού τύπου» και των πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης». Προκύπτει ότι στον προφορικό λόγο των μαθητών και στους δύο τύπους πειραματικών δραστηριοτήτων, κυριαρχεί η κατηγορία «τεχνική γνώση» (49,42% και 42,37%), ενώ ακολουθεί σε συχνότητα εμφάνισης η κατηγορία «τεχνική και φυσική γνώση» (21,78% και 25,18%). Όσο αφορά στις πειραματικές δραστηριότητες «παραδοσιακού τύπου» ακολουθεί η κατηγορία «άλλη γνώση» (19,67%), ενώ ιδιαίτερα χαμηλά είναι η «φυσική γνώση» (9,13%). Αντίθετα, κατά την διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης», η κατηγορία «φυσική γνώση» παρουσιάζει υψηλή συχνότητα (18,05%) και ακολουθεί σε συχνότητα η κατηγορία «άλλη γνώση» (14,4%). Η κατηγορία «μαθηματική γνώση» δεν εμφανίζεται σε κανένα τύπο πειραματικών δραστηριοτήτων.

**Πίνακας 2:** Οι κατηγορίες του προφορικού λόγου των μαθητών κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων: συχνότητες και ποσοστά.

| Κατηγορίες προφορικού λόγου των μαθητών | Πειραματικές δραστηριότητες «παραδοσιακού τύπου» |       | Πειραματικές δραστηριότητες που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» |       |
|---|--|-------|--|-------|
|   | f  | %     | f  | %     |
| «Άλλη γνώση»                            | 84   | 19,67 | 119  | 14,4  |
| «Τεχνική γνώση»                         | 211  | 49,42 | 350  | 42,37 |
| «Φυσική γνώση»                          | 39   | 9,13  | 149  | 18,05 |
| «Τεχνική και Φυσική γνώση»              | 93   | 21,78 | 208  | 25,18 |

Μάλιστα, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στα είδη του προφορικού λόγου των μαθητών και στους τύπους των

πειραματικών δραστηριοτήτων ( $\chi^2=24,17$ ,  $df=3$ ,  $p<0,0001$ ). Η συσχέτιση οφείλεται στην ακόλουθη τάση των μαθητών (βλ. Πίνακα 3): Οι μαθητές τείνουν να χρησιμοποιούν έννοιες και ιδέες των Φυσικών Επιστημών στις προτάσεις που διατυπώνουν κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» και όχι όταν πραγματοποιούν πειραματικές δραστηριότητες «παραδοσιακού τύπου».

**Πίνακας 3:** Οι κατηγορίες του προφορικού λόγου των μαθητών κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων και τα αντίστοιχα τυποποιημένα υπόλοιπα.

| Κατηγορίες προφορικού λόγου των μαθητών | Πειραματικές δραστηριότητες «παραδοσιακού τύπου» | Πειραματικές δραστηριότητες που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» |
|---|--|--|
| «Άλλη γνώση»                            | 84<br>[+1,78]                                    | 119<br>[-1,28]   |
| «Τεχνική γνώση»                         | 211<br>[+1,43]                                   | 350<br>[-1,03]   |
| «Φυσική γνώση»                          | 39<br>[-3,13]                                    | 149<br>[+2,25]   |
| «Τεχνική και Φυσική γνώση»              | 93<br>[-0,95]                                    | 208<br>[+0,68]   |

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όσο αφορά τον προφορικό λόγο των μαθητών, κατά την διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου, προέκυψε ότι οι μαθητές σχεδόν στο μισό μέρος του χρόνου τους διατύπωναν προτάσεις, οι οποίες σχετίζονταν αποκλειστικά με τα χρησιμοποιούμενα όργανα και υλικά, ενώ οι κατηγορίες που σχετίζονταν με έννοιες και ιδέες των Φυσικών Επιστημών συγκέντρωσαν ιδιαίτερα χαμηλό ποσοστό του συνολικού χρόνου της πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων. Οι διαπιστώσεις αυτές συνάδουν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών κατά τις οποίες την κυρίαρχη κατηγορία λόγου αποτελούσε η «τεχνική γνώση», ενώ οι κατηγορίες «φυσική γνώση» και «φυσική και τεχνική γνώση» είχαν συγκριτικά χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης (Becu-Robinault, 2002; Hucke & Fischer, 2002; Sander, Schecker, & Niedderer, 2002; Skoumios & Passalis, 2010; Theyben, Aufschneider, & Schumacher, 2002; Todas & Skoumios, 2014). Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι κατά την πραγματοποίηση «παραδοσιακού τύπου» πειραματικών δραστηριοτήτων οι μαθητές δεν προβαίνουν στην απαραίτητη σύνδεση του «πεδίου των αντικειμένων» και του «πεδίου των ιδεών» (Tiberghien, 2000). Επιπρόσθετα, αξίζει να επισημανθεί ότι οι μαθητές κατά την πραγματοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων

«παραδοσιακού τύπου» για μεγάλα χρονικά διαστήματα διατύπωναν προτάσεις που δεν σχετίζονταν με τις πειραματικές δραστηριότητες ή δεν διατύπωναν καθόλου προτάσεις, το οποίο είναι πιθανό να οφείλεται στην ηλικία των μαθητών, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι οι μικροί σε ηλικία μαθητές δεν μπορούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα να είναι επικεντρωμένοι σε ένα έργο (Todas & Skoumios, 2014).

Όσο αφορά τον προφορικό λόγο των μαθητών, κατά την διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονταν στη «μάθηση μέσω διερεύνησης», προέκυψε ότι οι μαθητές το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου τους διατύπωναν προτάσεις, οι οποίες περιλάμβαναν έννοιες και ιδέες των Φυσικών Επιστημών και προτάσεις που συνδύαζαν τα χρησιμοποιούμενα όργανα και υλικά με έννοιες και ιδέες των Φυσικών Επιστημών. Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι οι μαθητές σε ένα μεγάλο μέρος του διαθέσιμου χρόνου εκτέλεσαν τις πειραματικές δραστηριότητες κάνοντας την απαραίτητη σύνδεση του «πεδίου των αντικειμένων» με το «πεδίο των ιδεών» (Tiberghien, 2000). Επιπρόσθετα, οι περιπτώσεις όπου οι μαθητές διατύπωναν προτάσεις που δεν σχετίζονταν με τις πειραματικές δραστηριότητες ή δεν διατύπωναν καθόλου προτάσεις ήταν αρκετά λιγότερες συγκριτικά με τα αποτελέσματα των πειραματικών δραστηριοτήτων «παραδοσιακού τύπου» (Todas & Skoumios, 2014). Η διαπίστωση αυτή, ενδεχομένως οφείλεται στην δομή των πειραματικών δραστηριοτήτων που πιθανότατα συνέβαλε στο να κρατήσει αμείωτο το ενδιαφέρον των μαθητών κατά την εκτέλεση των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Μάλιστα, η σύγκριση των δύο τύπων πειραματικών δραστηριοτήτων ως προς τον προφορικό λόγο των μαθητών ανέδειξε την ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις κατηγορίες του προφορικού λόγου των μαθητών κατά την εκτέλεση «παραδοσιακού τύπου» πειραματικών δραστηριοτήτων και πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης». Προέκυψε ότι οι μαθητές τείνουν να διατυπώνουν προτάσεις που περιλαμβάνουν έννοιες και ιδέες των Φυσικών Επιστημών όταν εκτελούν τις πειραματικές δραστηριότητες που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» και όχι όταν εκτελούν «παραδοσιακού τύπου» πειραματικές δραστηριότητες. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» είναι περισσότερο αποτελεσματικές συγκριτικά με τις «παραδοσιακού τύπου» πειραματικές δραστηριότητες στη «μετάβαση» των μαθητών από το «πεδίο των αντικειμένων» στο «πεδίο των ιδεών». Τα αποτελέσματα αυτά είναι δυνατόν να αποδοθούν σε λόγους που σχετίζονται με τις δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν. Η δομή των δραστηριοτήτων που βασίζονται στη «μάθηση μέσω διερεύνησης» συνεισέφερε στη δημιουργία αντιπαραθέσεων μεταξύ των μαθητών. Η συζήτηση μεταξύ των μαθητών κάθε ομάδας σε κάθε δραστηριότητα όπου οι μαθητές προσπαθούσαν να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους και να πείσουν τους συμμαθητές τους βοήθησε τους μαθητές να εμπλακούν ενεργά σε διαλογική επιχειρηματολογία που συνεισέφερε στην εννοιολογική αλλαγή (Asterhan & Schwarz, 2009; Skoumios, 2009). Επιπλέον, η χρήση επιστημονικών πρακτικών (π.χ. σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων), συνεισέφερε στην αλλαγή των απόψεών τους που αφορούν σε ζητήματα του φωτός. Έχει επισημανθεί ότι οι

επιστημονικές πρακτικές αποτελούν τα «κλειδιά» για την κατανόηση των ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας παρέχουν δυνατότητες αξιοποίησής τους τόσο στο πεδίο της έρευνας όσο και στο πεδίο της ανάπτυξης και χρήσης εκπαιδευτικού υλικού. Ειδικότερα, τα πορίσματα της παρούσας έρευνας αναμένεται να είναι χρήσιμα αφενός στην έρευνα περί αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές του δημοτικού σχολείου και αφετέρου, στην οργάνωση και στον σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού που να περιλαμβάνει πειραματικές δραστηριότητες για μαθητές του δημοτικού σχολείου οι οποίες θα είναι πιο αποτελεσματικές.

Στην παρούσα έρευνα το δείγμα αποτέλεσαν τέσσερις ομάδες μαθητών, οι οποίοι φοιτούσαν σε ένα δημοτικό σχολείο και αυτό αποτελεί περιορισμό σε σχέση με τα αποτελέσματα της. Επίσης, οι πειραματικές δραστηριότητες που εκτελέστηκαν αφορούσαν αποκλειστικά στην εννοιολογική περιοχή του φωτός και κατά συνέπεια τα αποτελέσματα της εργασίας δεν μπορούν να γενικευτούν.

Απαιτείται περαιτέρω προκειμένου να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα «παραδοσιακού τύπου» πειραματικών δραστηριοτήτων και πειραματικών δραστηριοτήτων που βασίζονται στη μάθηση μέσω διερεύνησης και για άλλες εννοιολογικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, προτείνεται η πραγματοποίηση αντίστοιχης έρευνας με μαθητές της ΣΤ΄ τάξης του Δημοτικού, καθώς και με μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς επίσης και η διερεύνηση των σχέσεων ανάμεσα στον προφορικό λόγο και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων. Οι έρευνες αυτές θα συμβάλουν στην περαιτέρω βελτίωση της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων.

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Asterhan, C. S., & Schwarz, B. B. (2009). Argumentation and explanation in conceptual change: Indications from protocol analyses of peer-to-peer dialog. *Cognitive science*, 33(3), 374-400.
- Becu-Robinault, K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 51-64). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Buty, C. (2002). Modelling in geometrical optics using a microcomputer. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 231-242). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Elstgeest, J. (2001). The right question at the right time. In W. Harlen, ed., *Primary science: Taking the plunge* (pp. 25-47). Portsmouth, NH: Heinemann



- Germann, P.J., S. Haskins, and S. Auls. 1996. Analysis of nine high school laboratory manuals: Promoting science inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (5): 475-99.
- Hodson, D. (1991) Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- 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.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Hucke, L. & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 205-218) Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-130). New York: Macmillan.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In K. Tobin, & B. Fraser (Eds.). *International handbook of science education* (pp. 249-264). Dordrecht: The Netherlands, Kluwer.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In N. Lederman, & S. Abel (Eds.). *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Millar, R., Tiberghien, A. & Le Maréchal, J. F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Niedderer, H., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F., Fischer, H. E., Schecker, H. V., Aufschnaiter, S., & Welzel, M. (1998). Category Based Analysis of Videotapes from labwork (CBAV)—the method and results from four case studies. Working paper 9 from the European project labwork in science education (Targeted Socio-Economic Research Programme, Project PL 95-2005).
- Osborne, J. F., Black, P., Meadows, J., & Smith, M. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15(1), 83-93.
- Psillos, D., & Niedderer, H. (2002). Issues and questions regarding the effectiveness of labwork. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 21-30). Boston: Kluwer Academic Publishers.

- Sander, F., Schecker, H., & Niedderer, H. (2002). Computer tools in the lab—Effects linking theory and experiment. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 219-230). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Skoumios, M. (2009). The effect of sociocognitive conflict on students' dialogic argumentation about floating and sinking. *The International Journal of Environmental and Science Education*, 4, 381-399.
- Skoumios, M., & Passalis, N. (2010). Chemistry laboratory activities: The link between practice and theory. *The International Journal of Learning*, 17, 101-114.
- Theyßen, H. V., Aufschnaiter, S., & Schumacher, D. (2002). Development and evaluation of a laboratory course in physics for medical students. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 91-104). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (Eds.). *Improving science education: The contribution of research* (pp. 27-47). Buckingham: Open University Press.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J. F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at up- per secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85, 483-508.
- 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.
- Todas, A. & Skoumios, M. (2014). Practical Work in Primary Science: Actions and Verbalized Knowledge. *The International Journal of Early Childhood Learning*, 20, 37-50.
- Wellington, J. (1998). Practical work in science. Time for a reappraisal. In J. Wellington (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 3-15). London: Routledge.

# Οι επιδράσεις μιας διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για τον 2<sup>ο</sup> νόμο του Νεύτωνα στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών

**Μελομένη Μαστρογιωργάκη<sup>1</sup> και Μιχαήλ Σκουμιός<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, premnt16029@aegean.gr

<sup>2</sup> Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στη διερεύνηση της συμβολής μίας διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της Α' τάξης του Λυκείου. Αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton που βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και την αξιοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού *Interactive Physics*, το οποίο εφαρμόστηκε σε 39 μαθητές της Α' τάξης του Λυκείου. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι απαντήσεις (επιχειρήματα) των μαθητών σε ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδακτική-μαθησιακή ακολουθία. Η ανάλυση των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών πραγματοποιήθηκε με χρήση ενός πλαισίου αξιολόγησης της ύπαρξης και της επάρκειας των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η διδακτική-μαθησιακή ακολουθία συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** διδακτική-μαθησιακή ακολουθία, πρακτικές Φυσικών Επιστημών, δομή επιχειρημάτων, μάθηση Φυσικών Επιστημών

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι σημαντικό οι μαθητές εκτός από τη μάθηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών να αναπτύξουν πρακτικές (practices) των Φυσικών Επιστημών και να εξοικειωθούν με τη χρήση τους (NRC, 2012). Οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών αφορούν στον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες διερευνούν τα φυσικά φαινόμενα και οικοδομούν μοντέλα και θεωρίες για την ερμηνεία τους. Μία τέτοια πρακτική είναι η συγκρότηση επιχειρημάτων που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία (NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012). Οι μαθητές κρίνεται αναγκαίο να αξιολογούν τα διαθέσιμα δεδομένα προκειμένου να επιλέξουν επαρκή και κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία για να αναπτύξουν τα δικά τους επιχειρήματα ή να κρίνουν τα επιχειρήματα που τους δίνονται (NRC, 2012). Είναι αναγκαία η συγκρότηση

επιχειρημάτων από τους μαθητές γιατί μπορεί να συμβάλλει στην κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών (Bell & Linn, 2000; McNeill & Krajcik, 2007) και στην καλλιέργεια θετικής στάσης έναντι των Φυσικών Επιστημών (McNeill & Krajcik, 2006).

Παρά τη σημασία που αποδίδεται στη συγκρότηση επιχειρημάτων είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και τις δυνατότητες βελτίωσής της. Αντικείμενο αυτής της εργασίας αποτελεί η μελέτη της συμβολής μίας διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών.

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Σύμφωνα με τους McNeill και Krajcik (2012), ένα επιχειρήμα περιλαμβάνει τέσσερα συστατικά στοιχεία: ισχυρισμό (claim), αποδεικτικά στοιχεία (evidence), συλλογισμό (reasoning) και αντίκρουση (rebuttal). Ειδικότερα, ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Κριτήρια για την ποιότητα ενός επιχειρήματος αποτελούν η δομή του επιχειρήματος και το περιεχόμενό του (McNeill, Lizotte, Krajcik & Marx, 2006; Sandoval & Millwood, 2005). Η δομή ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την ύπαρξη και την επάρκεια (sufficiency) των συστατικών στοιχείων του. Επαρκές χαρακτηρίζεται ένα επιχειρήμα όταν περιλαμβάνει έναν ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον συγκεκριμένο ισχυρισμό, ένα συλλογισμό που εμπλέκει επιστημονικές αρχές με τις οποίες συνδέονται τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό, καθώς επίσης και μια αντίκρουση που περιλαμβάνει ένα άλλο ισχυρισμό ο οποίος υποστηρίζεται από αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμό. Το περιεχόμενο ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την καταλληλότητα (adequacy) των συστατικών στοιχείων του όταν αυτά αξιολογούνται σε σχέση με την σχολική γνώση. Στα παραπάνω δύο κριτήρια ποιότητας ενός επιχειρήματος έχει προστεθεί και ένα επιπλέον που αφορά στα γλωσσικά χαρακτηριστικά των γραπτών επιχειρημάτων (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2014). Σύμφωνα με αυτό εξετάζονται η πληρότητα και η συνθετότητα των προτάσεων που συγκροτούνται, η χρήση του λεξιλογίου, και η ορθότητα των γλωσσικών συμβάσεων (γραμμαματικοί, συντακτικοί κανόνες και κανόνες στίξης).

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Τα ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν τις δυσκολίες των μαθητών αναφορικά με την συγκρότηση τεκμηριωμένων επιχειρημάτων. Ειδικότερα, οι μαθητές προτείνουν ισχυρισμούς χωρίς να τους αιτιολογούν (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez & Duschl, 2000; Sadler, 2004) ή προτείνουν μη επαρκή και ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία για τεκμηρίωση των ισχυρισμών (Bell & Linn, 2000; Chinn & Brewer, 2001; Heng, Surif, &

Seng, 2015; Jiménez-Aleixandre et al., 2000; McNeill & Krajcik, 2012; Moje et al., 2004; Sadler, 2004; Sandoval, 2003; Sandoval & Millwood, 2005; Σκουμιάς, 2016). Επίσης, οι μαθητές σπάνια χρησιμοποιούν συλλογισμούς στα επιχειρήματα που συγκροτούν (Lizotte, Harris, McNeill, Marx, & Krajcik, 2003; McNeill & Krajcik, 2007, 2012; Moje et al., 2004; Sadler, 2004; Songer & Gotwals, 2012; Zeidler, 1997), ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η ικανότητά τους να αξιολογούν επιχειρήματα και να συγκροτούν αντικρούσεις (McNeill & Krajcik, 2012; Zeidler, 1997; Σκουμιάς, 2017).

Παρόλο που έχει αναγνωριστεί η σημασία της εμπλοκής των μαθητών με την πρακτική της επιχειρηματολογίας (Driver et al., 2000; Duschl & Osborne, 2002; McNeill et al., 2006; Sandoval, 2003) ωστόσο είναι περιορισμένες οι έρευνες που διερευνούν τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στη βελτίωση της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (Chen, Wang, Lu, Lin, & Hong, 2016; McNeill et al., 2006; Sampson, Enderle, Grooms, & Witte, 2013; Sampson & Walker, 2012; Sandoval, 2003). Όμως, δεν εντοπίζονται έρευνες που να εστιάζουν στην διακριτή αξιολόγηση της δομής και του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών. Επιπροσθέτως, απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων εστιασμένων στην πρακτική της επιχειρηματολογίας στην εννοιολογική περιοχή των δυνάμεων και των κινήσεων.

## **ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής μίας διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton, η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και του εκπαιδευτικού λογισμικού Interactive Physics, στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων μαθητών της Α΄ τάξης του Λυκείου.

Ειδικότερα επιδιώκεται να απαντηθούν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

- (α) Ποια είναι η συμβολή της προτεινόμενης διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton στην επάρκεια των ισχυρισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών;
- (β) Ποια είναι η συμβολή της προτεινόμενης διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton στην επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών;
- (γ) Ποια είναι η συμβολή της προτεινόμενης διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton στην επάρκεια των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών;
- (δ) Ποια είναι η συμβολή της προτεινόμενης διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton στην επάρκεια των αντικρούσεων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών;

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Ερευνητική διαδικασία και δείγμα

Η έρευνα διεξήχθη σε δυο φάσεις. Στην πρώτη φάση (πιλοτική έρευνα) συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο καθώς και το εκπαιδευτικό υλικό για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton. Στη δεύτερη φάση (κύρια έρευνα) εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε αξιοποιώντας το εκπαιδευτικό λογισμικό Interactive Physics και συμπληρώθηκε το ερωτηματολόγιο από όλους τους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή των διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας. Στην ερευνητική διαδικασία συμμετείχαν 39 μαθητές της Α΄ τάξης του Λυκείου.

### Εκπαιδευτικό υλικό

Συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton που βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση από τους μαθητές πρακτικών των Φυσικών Επιστημών (βλ. Πίνακα 1) και την αξιοποίηση του διαδραστικού εκπαιδευτικού λογισμικού Interactive Physics.

Πίνακας 1: Φάσεις διδασκαλίας και αντίστοιχες πρακτικές Φυσικών Επιστημών

| Φάσεις διδασκαλίας  | Πρακτικές των Φυσικών Επιστημών   |
|---------------------|---|
| <b>Ενεργοποίηση</b> | Υποβολή ερωτημάτων.<br>Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.  |
| <b>Διερεύνηση</b>   | Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας.<br>Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.<br>Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης.  |
| <b>Εξήγηση</b>      | Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.<br>Συγκρότηση εξηγήσεων.<br>Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.<br>Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης.<br>Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. |
| <b>Εφαρμογή</b>     | Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.<br>Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης.<br>Συγκρότηση εξηγήσεων.   |
| <b>Αξιολόγηση</b>   | Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία.<br>Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία.<br>Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.   |

Για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού χρησιμοποιήθηκε το μαθησιακό μοντέλο 5E των Bybee et al. (2006) το οποίο περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις: ενεργοποίηση, διερεύνηση, εξήγηση, εφαρμογή και αξιολόγηση.

Στη φάση της ενεργοποίησης οι μαθητές αρχικά σε ατομικό επίπεδο κατέγραψαν τις προβλέψεις τους σε προβλήματα που τους τέθηκαν με σκοπό την ανάδειξη των εναλλακτικών αντιλήψεών τους. Μέσα από διαδικασίες συζήτησης σε επίπεδο ομάδας και

διαπραγματεύσεως σε επίπεδο τάξης οι μαθητές επέλεξαν τα ερωτήματα που επρόκειτο να διερευνήσουν.

Στη φάση της διερεύνησης οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τις διαδικασίες σχεδιασμού και πραγματοποίησης ερευνών: διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων και υποθέσεων, αναγνώριση μεταβλητών (ανεξάρτητης, εξαρτημένης, ελέγχου), περιγραφή πειραματικής διαδικασίας, πραγματοποίηση διαδικασίας με χρήση λογισμικού και συλλογή δεδομένων.

Στη φάση της εξήγησης επεξεργάστηκαν τα δεδομένα και αναγνώρισαν τάσεις μεταξύ των δεδομένων. Επιδιώχθηκε οι μαθητές να συγκροτήσουν επιχειρήματα (βασισμένα στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν από τις έρευνες). Στους μαθητές παρουσιάστηκαν και εξηγήθηκαν τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός, αντίκρουση), συζητήθηκε η αναγκαιότητα συγκρότησης επιχειρημάτων και συγκροτήθηκαν και αξιολογήθηκαν επιχειρήματα από τους μαθητές, με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού.

Στη φάση της εφαρμογής οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα διαφορετικά από αυτά που είχαν αρχικά διαπραγματευτεί προκειμένου να ελεγχθεί κατά πόσον ενεργοποιούν συστηματικά τη νέα γνώση σε νέα προβλήματα. Οι μαθητές εξοικειώθηκαν με δραστηριότητες αναγνώρισης των συστατικών στοιχείων του επιχειρήματος, και ανέπτυξαν και αξιολόγησαν, με τη βοήθεια πλαισίων αξιολόγησης (αυτο-αξιολόγηση επιχειρημάτων) τα δικά τους επιχειρήματα.

Στη φάση της αξιολόγησης οι μαθητές σύγκριναν τη νέα γνώση με τις αρχικές τους αντιλήψεις με σκοπό τον αυτοέλεγχο και τη συνειδητοποίηση της γνωστικής τους πορείας (μεταγνώση).

### Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Το εργαλείο συλλογής δεδομένων αποτέλεσε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο συγκροτήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας.

Πίνακας 2: Τα ζητήματα του 2<sup>ου</sup> Νόμου του Newton και οι αντίστοιχες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου

| Ζητήματα  | Ερωτήσεις ερωτηματολογίου |
|---|---------------------------|
| Σχέση συνισταμένης δύναμης και επιτάχυνσης σε σώμα σταθερής μάζας.              | 1 και 6                   |
| Σχέση μάζας και επιτάχυνσης όταν η συνισταμένη δύναμη είναι σταθερή.            | 2 και 3                   |
| Σχέση εφαρμοζόμενης δύναμης και μεταβολής της κινητικής κατάστασης του σώματος. | 4                         |
| Σχέση συνισταμένης δύναμης και είδους κίνησης του σώματος.                      | 5                         |

Το ερωτηματολόγιο αρχικά επιδόθηκε ατομικά σε μικρό αριθμό μαθητών της Α΄ Λυκείου (5 μαθητές) προκειμένου να αποσαφηνιστούν σημεία δυσνόητα για αυτούς (πιλοτική έρευνα). Επιπλέον δόθηκε σε δυο ερευνητές της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών για τον έλεγχο της εσωτερικής εγκυρότητας και έγιναν οι σχετικές διορθώσεις.

Στην τελική μορφή του ερωτηματολογίου περιλαμβάνονταν έξι ερωτήσεις στις οποίες οι μαθητές κλήθηκαν να προβλέψουν και να αιτιολογήσουν ζητήματα που αφορούν στο 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα ζητήματα που διερευνήθηκαν και οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που αντιστοιχούν σε κάθε ζήτημα.

Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι γραπτές απαντήσεις (επιχειρήματα) των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Για την αξιολόγηση της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών χρησιμοποιήθηκε μία κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων βάσει της οποίας αξιολογήθηκαν η ύπαρξη και η επάρκεια των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων ανεξάρτητα από την εγκυρότητα του εννοιολογικού τους περιεχομένου (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2014) (βλ. Πίνακα 3).

**Πίνακας 3:** Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης (σε επίπεδα) της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών

| Συστατικά στοιχεία          | Επίπεδα                            |   |                                       |
|-----------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------------|
|                             | Επίπεδο 0                          | Επίπεδο 1                               | Επίπεδο 2                             |
| <b>Ισχυρισμός</b>           | Δεν προτείνει ισχυρισμό            | Προτείνει ανεπαρκή ισχυρισμό            | Προτείνει έναν επαρκή ισχυρισμό       |
| <b>Αποδεικτικά στοιχεία</b> | Δεν προτείνει αποδεικτικά στοιχεία | Προτείνει ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία | Προτείνει επαρκή αποδεικτικά στοιχεία |
| <b>Συλλογισμός</b>          | Δεν προτείνει συλλογισμό           | Προτείνει ανεπαρκή συλλογισμό           | Προτείνει έναν επαρκή συλλογισμό      |
| <b>Αντίκρουση</b>           | Δεν προτείνει αντίκρουση           | Προτείνει ανεπαρκή αντίκρουση           | Προτείνει μία επαρκή αντίκρουση       |

Πηγή: Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2014, σελ.13

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα παράδειγμα αξιολόγησης ενός επιχειρήματος που ανέπτυξε μια μαθήτρια (απάντηση στην Ερώτηση 1) μετά την εφαρμογή της διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας (μετά-τεστ). Η ποιότητα του συγκεκριμένου επιχειρήματος κρίνεται υψηλή ως προς τη δομή του.

#### **Επιχείρημα**

*«Στα σώματα που έχουν ίδια μάζα η επιτάχυνση επηρεάζεται από τη συνισταμένη δύναμη (πρόταση 1). Από τις μετρήσεις του πίνακα βλέπουμε πως όταν αυξάνεται η δύναμη αυξάνεται και η επιτάχυνση (πρόταση 2). Σύμφωνα με το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton η επιτάχυνση είναι ανάλογη με τη συνισταμένη δύναμη και αφού τα σώματα του πίνακα έχουν την ίδια μάζα, η επιτάχυνσή τους επηρεάζεται από τη συνισταμένη δύναμη (πρόταση 3). Η ταχύτητα δεν επηρεάζει την επιτάχυνση γιατί οι τιμές της είναι τυχαίες (πρόταση 4)».*



### Αξιολόγηση επιχειρήματος

Ως προς τη δομή του το επιχειρήμα αυτό περιλαμβάνει:

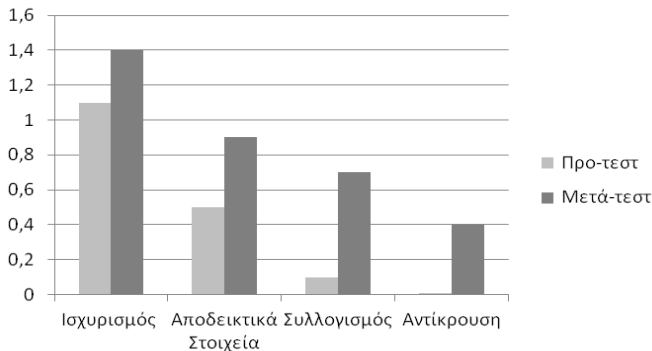
- Ισχυρισμό (πρόταση 1) ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2).
- Ένα αποδεικτικό στοιχείο (πρόταση 2) και όχι όλα τα αποδεικτικά στοιχεία που απαιτούνται για την υποστήριξη του ισχυρισμού (επίπεδο 1).
- Συλλογισμό (πρόταση 3) που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό και βασίζεται σε κάποια ιδέα των Φυσικών Επιστημών (2<sup>ος</sup> Νόμος του Newton) και κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2).
- Αντίκρουση (πρόταση 4) που κρίνεται ανεπαρκής (επίπεδο 1).

Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες (ποσοστά) εμφάνισης των τριών επιπέδων για κάθε συστατικό στοιχείο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας. Επιπλέον προσδιορίστηκε η διάμεσος και η μέση τιμή. Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων μεταξύ των επιπέδων των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας χρησιμοποιήθηκε το μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon Signed Ranks Test.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών ως προς την επάρκειά τους πριν και μετά τη διδακτική-μαθησιακή ακολουθία.

**Σχήμα 1:** Οι μέσες τιμές των επιπέδων των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική-μαθησιακή ακολουθία



Από ο Σχήμα 1 προκύπτει ότι υπάρχει μια αύξηση στη μέση τιμή των επιπέδων και των τεσσάρων συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών ως προς την επάρκειά τους πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Μάλιστα, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks Test έδειξε ότι πριν και μετά την

εφαρμογή της διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας διαφοροποιήθηκαν σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας (α) των ισχυρισμών ( $Z=-7,446$ ,  $p<0,001$ ), (β) των αποδεικτικών στοιχείων ( $Z=-7,889$ ,  $p<0,001$ ), (γ) των συλλογισμών ( $Z=-9,367$ ,  $p<0,001$ ) και (δ) των αντικρούσεων ( $Z=-8,020$ ,  $p<0,001$ ) των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι πριν την εφαρμογή της διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας για το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Newton η δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών ήταν ανεπαρκής. Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με αποτελέσματα άλλων ερευνών (McNeill & Krajcik, 2007, 2012; Moje et al., 2004; Sandoval & Millwood, 2005; Songer & Gotwals, 2012). Έχει επισημανθεί ότι σπάνια παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτούν επιχειρήματα και σε αυτήν τη διαπίστωση μπορεί να αποδοθεί η χαμηλή ποιότητα της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (Σκουμιός, 2017; Driver et al., 2000).

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας καταδεικνύουν ότι είναι εφικτή η βελτίωση της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στην εννοιολογική περιοχή του 2<sup>ου</sup> Νόμου του Newton, μέσω της διδακτικής-μαθησιακής ακολουθίας που εφαρμόστηκε. Συγκρίνοντας τη δομή των γραπτών επιχειρημάτων πριν και μετά την εφαρμογή της, προέκυψε ότι η επάρκεια και των τεσσάρων συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός, αντίκρουση) βελτιώθηκε σημαντικά. Η βελτίωση αυτή θα μπορούσε να αποδοθεί στις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε οι οποίες έδιναν τη δυνατότητα στους μαθητές να γνωρίσουν τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος και τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδέονται μεταξύ τους (μοντελοποίηση επιχειρημάτων), να αξιολογούν τα επιχειρήματά τους (αυτοαξιολόγηση) και να τα αναθεωρούν με βάση την αξιολόγηση που είχαν πραγματοποιήσει. Οι έρευνες δείχνουν πως οι παραπάνω διαδικασίες συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (McNeill & Krajcik, 2012; McNeill et al., 2005).

Η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε αποκλειστικά στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τη μελέτη του περιεχομένου των επιχειρημάτων, τη σύγκριση της ποιότητας μεταξύ των προφορικών και των γραπτών επιχειρημάτων τους και την ποιοτική ανάλυση των επιχειρημάτων των μαθητών σε όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας προκειμένου να μελετηθεί η εξέλιξη τους και να προσδιοριστούν οι δραστηριότητες που συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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.

- 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.
- Chen, H.-T., Wang, H.-H., Lu, Y.-Y., Lin, H., & Hong, Z.-R. (2016). Using a modified argument-driven inquiry to promote elementary school students' engagement in learning science and argumentation. *International Journal of Science Education*, 38(2), 170–191.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (2001). Models of data: A theory of how people evaluate data. *Cognition and Instruction*, 19(3), 323–393.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39–72.
- Heng, L. L., Surif, J., & Seng, C. H. (2015). Malaysian students' scientific argumentation: Do groups perform better than individuals? *International Journal of Science Education*, 37(3), 505–528.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “Doing Science”: argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757–792.
- Lizotte, D. J., Harris, C. J., McNeill, K. L., Marx, R. W., & Krajcik, J. (2003). Usable assessments aligned with curriculum materials: Measuring explanation as a scientific way of learning. Paper presented at the Annual meeting of the American educational research association, Chicago, IL
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2006, April). Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds. Paper presented at the annual meeting of the American educational research association, San Francisco.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. Lovett & S. P. (Eds.), *Thinking with Data: The proceedings of the 33rd Carnegie Symposium on Cognition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- 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. (2005). Identifying teacher practices that support students' explanation in science. Paper presented at the Annual meeting of the American educational research association, Montreal, Canada.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153–191.
- Moje, E. B., Peek-Brown, D., Sutherland, L. M., Marx, R. W., Blumenfeld, P., & Krajcik, J. (2004). Explaining explanations: Developing scientific literacy in middle-school

- project-based science reforms. In D. Strickland & D. E. Alvermann (Eds.), *Bridging the gap: improving literacy learning for preadolescent and adolescent learners in grades* (pp 4–12). New York: Carnegie Corporation.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas: Writing to learn by learning to write in science. *Science Education*, 97(5), 643–670.
- Sampson, V., & Walker, J. P. (2012). Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443–1485.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5–51.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23–55.
- Σκουμιός, Μ. (2016). Συμβολή μιας σειράς πειραματικών δραστηριοτήτων στις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιχειρημάτων. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 10, 17-32.
- Σκουμιός, Μ. (2017). Βελτιώνοντας τις δεξιότητες των μαθητών του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τις αιτιολογήσεις γραπτών επιχειρημάτων. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη & Α. Κοκολάκη (Επιμ.). Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, σελ. 492-499. <http://synedrio2017.enepnet.gr>
- Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2014). Αξιολογώντας τις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 3, 9–19.
- 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.
- Zeidler, D. L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education*, 81(4), 483–496.

# Βελτιώνοντας το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της Β΄ τάξης του Γυμνασίου στις Φυσικές Επιστήμες

Χριστίνα Ανθούλας<sup>1</sup> και Μιχαήλ Σκουμιός<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Δευτεροβάθμια εκπαίδευση, chanthoulas@gmail.com

<sup>2</sup> ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, skoumios@rhodes.aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η έρευνα που μελετά την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών είναι περιορισμένη. Η εργασία αυτή εστιάζεται στην επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση στο περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της Β΄ τάξης του γυμνασίου. Για τις ανάγκες της έρευνας συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για την εξάτμιση και την υγροποίηση βασισμένο στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών. Το εκπαιδευτικό υλικό αυτό, εφαρμόστηκε σε 19 μαθητές της Β΄ τάξης του γυμνασίου. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο δόθηκε στους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των απαντήσεων (επιχειρημάτων) των μαθητών πραγματοποιήθηκε με ένα πλαίσιο που αξιολογεί την καταλληλότητα των επιμέρους συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων όταν αυτά αξιολογούνται με βάση τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης. Διαπιστώθηκε, από την ανάλυση των δεδομένων, ότι οι μαθητές βελτίωσαν σημαντικά το περιεχόμενο των επιμέρους συστατικών των γραπτών επιχειρημάτων τους.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** περιεχόμενο επιχειρημάτων, μάθηση φυσικών επιστημών, πρακτικές φυσικών επιστημών.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκρότηση επιχειρημάτων από τους μαθητές έχει τεθεί ως ένας βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες, αφού η εμπλοκή των μαθητών με τη συγκρότηση επιχειρημάτων μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, στην οικοδόμηση νέας γνώσης και στην καλύτερη κατανόηση της φύσης της επιστημονικής γνώσης (Sandoval & Reiser, 2004). Επιπλέον, η συγκρότηση επιχειρημάτων είναι αναγκαία όχι μόνο για αυτούς που σκοπεύουν να ασχοληθούν ενεργά με ένα επιστημονικό πεδίο αλλά και για όλους τους πολίτες, αφού είναι αναγκαία να παράγουν και να αξιολογούν επιχειρήματα (Krajcik & McNeill, 2009).

Εφόσον η συγκρότηση επιχειρημάτων θεωρείται σημαντική για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, είναι αναγκαία η διερεύνηση της επάρκειας και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών. Επιπλέον, έχει επισημανθεί η ανάγκη περαιτέρω έρευνας που να επικεντρώνεται στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών μέσω της εφαρμογής διδακτικών παρεμβάσεων (Songer & Gotwals, 2012). Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση στο περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της Β΄ τάξης του Γυμνασίου.

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Ένα επιστημονικό επιχειρήμα επιδιώκει να επικυρώσει ή να διαψεύσει ένα ισχυρισμό χρησιμοποιώντας λόγους που είναι αποδεκτοί από την επιστημονική κοινότητα (Phillips & Norris 1999). Ένα επιχειρήμα μαθητή περιλαμβάνει τέσσερα συστατικά στοιχεία: ισχυρισμό (claim), αποδεικτικά στοιχεία (evidence), συλλογισμό (reasoning) και αντίκρουση (rebuttal) (McNeill & Krajcik, 2012). Πιο συγκεκριμένα, ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Η ποιότητα ενός επιχειρήματος που παράγει ο μαθητής στις Φυσικές Επιστήμες χαρακτηρίζεται από τη δομή και από το περιεχόμενό του (McNeill et al., 2006). Η δομή ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων του (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός και αντίκρουση) ανεξάρτητα από το εννοιολογικό του περιεχόμενο (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2014). Επαρκές χαρακτηρίζεται ένα επιχειρήμα όταν περιλαμβάνει έναν ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον συγκεκριμένο ισχυρισμό, ένα συλλογισμό που εμπλέκει επιστημονικές αρχές με τις οποίες συνδέονται τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό, καθώς επίσης και μια αντίκρουση που περιλαμβάνει ένα άλλο ισχυρισμό ο οποίος υποστηρίζεται από αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμό. Το περιεχόμενο ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων του όταν αυτά αξιολογούνται σε σχέση με τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2014).

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που μελετούν τα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Ένα βασικό εύρημα των ερευνών αυτών είναι ότι οι μαθητές εμφανίζουν δυσκολίες στην παραγωγή ισχυρισμών που υποστηρίζονται με δεδομένα όταν απαντούν σε μια ερώτηση (Songer, & Gotwals, 2012). Συνηθίζουν να προτείνουν ισχυρισμούς χωρίς όμως να προτείνουν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία προκειμένου να τεκμηριώσουν τους ισχυρισμούς τους (McNeill & Krajcik, 2007; Songer, & Gotwals,

2012). Σημαντικό εύρημα είναι επίσης ότι, από τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος, τη μεγαλύτερη δυσκολία εμφανίζουν οι μαθητές σε ό,τι αφορά τους συλλογισμούς (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000; Songer, Kelcey & Gotwals, 2009). Ειδικότερα, οι μαθητές εμφανίζουν δυσκολία στη χρήση συλλογισμών που συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς (Lizotte et al., 2003). Ενδιαφέρον είναι το εύρημα ότι ακόμα και οι μαθητές που συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό, συχνά δεν προτείνουν τις επιστημονικές αρχές που υποστηρίζουν αυτή τη σύνδεση (McNeill & Krajcik, 2007).

Αν και έχει επισημανθεί ότι είναι αναγκαία η δημιουργία ενός πλαισίου που να υποστηρίζει τους μαθητές στη διαδικασία συγκρότησης επιχειρημάτων, η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών είναι περιορισμένη (Berland & McNeill, 2010; Krajcik & McNeill, 2009; Sampson, Grooms & Walker, 2011; Songer & Gotwals, 2012). Επιπρόσθετα, δεν εντοπίζονται έρευνες που να εστιάζουν στην διακριτή αξιολόγηση της δομής και του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών.

## **ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ**

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών και αποσκοπεί στη μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση στο περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών Β΄ τάξης του Γυμνασίου.

Πιο συγκεκριμένα η εργασία επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση στην καταλληλότητα των ισχυρισμών που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση στην καταλληλότητα των αποδεικτικών στοιχείων που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;

Ερευνητικό ερώτημα 3: Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση στην καταλληλότητα των συλλογισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών;

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες**

Η παρούσα εργασία συνιστά μια ποσοτική έρευνα. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε με ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ερευνητική διαδικασία περιλάμβανε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση σχεδιάστηκε το ερωτηματολόγιο και το εκπαιδευτικό υλικό (πιλοτική έρευνα). Στη δεύτερη φάση εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό υλικό και συμπληρώθηκε το ερωτηματολόγιο από τους μαθητές μία βδομάδα πριν και 2 βδομάδες μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Στην έρευνα συμμετείχαν 19 μαθητές (6 αγόρια και 13 κορίτσια) της Β΄ τάξης του Γυμνασίου (μια σχολική τάξη μαθητών).

### **Εκπαιδευτικό υλικό και διδακτική διαδικασία**

Το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών. Το εκπαιδευτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού ήταν το μοντέλο 5E των Bybee et al. (2006) το οποίο περιλαμβάνει τις ακόλουθες πέντε φάσεις ενεργοποίησης, εξερεύνησης, εξήγησης, εφαρμογής και αξιολόγησης.

Για τη φάση της ενεργοποίησης αναπτύχθηκαν δραστηριότητες που αποσκοπούσαν στην πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, στην ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων, στη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφορών και στη διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα.

Για τη φάση της εξερεύνησης αναπτύχθηκαν δραστηριότητες που επεδίωκαν τη σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών από τους μαθητές με απώτερο στόχο τη δημιουργία γνωστικής αποσταθεροποίησης των αρχικών τους αντιλήψεων (στην περίπτωση που δεν συνάδουν με τη σχολική γνώση) και την οικοδόμηση νέων αντιλήψεων προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Οι δραστηριότητες αυτές ζητούσαν από τους μαθητές να διατυπώσουν ερευνητικά ερωτήματα, να εκφέρουν υποθέσεις, να προβούν σε έλεγχο των μεταβλητών, να περιγράψουν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν και να την υλοποιήσουν.

Για τη φάση της εξήγησης αναπτύχθηκαν δραστηριότητες μέσω των οποίων οι μαθητές επεξεργάστηκαν τους πίνακες με τα δεδομένα που συνέλεξαν, αναγνώρισαν τάσεις στα δεδομένα, εξήγαγαν από τους πίνακες συμπεράσματα και τα συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Επιδιώχθηκε οι μαθητές να συγκροτήσουν επιχειρήματα (βασισμένα στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν από τις έρευνες). Στους μαθητές παρουσιάστηκαν και εξηγήθηκαν τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός), συζητήθηκε η αναγκαιότητα συγκρότησης επιχειρημάτων και συγκροτήθηκαν από τους μαθητές, με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού, γραπτά επιχειρήματα.

Για τη φάση της εφαρμογής αναπτύχθηκαν δραστηριότητες μέσω των οποίων οι μαθητές κλήθηκαν να εφαρμόσουν τις γνώσεις που είχαν οικοδομήσει σε νέες καταστάσεις. Στις δραστηριότητες ζητήθηκε από τους μαθητές η παραγωγή επιχειρημάτων που να περιλαμβάνουν ισχυρισμούς, αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς, η αξιολόγηση των επιχειρημάτων τους από τους ίδιους τους μαθητές με τη βοήθεια πλαισίων αξιολόγησης (αυτο-αξιολόγηση επιχειρημάτων) και η εκ νέου παραγωγή βελτιωμένων εκδοχών των γραπτών επιχειρημάτων τους.

Για τη φάση της αξιολόγησης αναπτύχθηκαν δραστηριότητες που ζητούσαν από τους μαθητές να μελετήσουν εκ νέου τις απαντήσεις τους που είχαν δώσει σε προβλήματα που τους είχαν τεθεί στην αρχική φάση της διδασκαλίας. Ζητήθηκε από τους μαθητές να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις τρέχουσες απαντήσεις τους. Οι μαθητές



συζητήσαν τις όποιες ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις μεταξύ των απαντήσεών τους με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

### **Συλλογή και ανάλυση δεδομένων**

Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το γραπτό ερωτηματολόγιο. Στο ερωτηματολόγιο που διαμορφώθηκε περιλαμβάνονταν έξι ερωτήσεις που ζητούσαν από τους μαθητές να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις για θέματα που σχετίζονται με καταστάσεις εξάτμισης και υγροποίησης.

Στην Ερώτηση 1 δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι ένας βρεγμένος δρόμος στεγνώνει καθώς περνάει η ώρα και η θερμοκρασία αυξάνεται. Δύο παιδιά διαφωνούσαν για το τι έγινε το νερό που υπήρχε στο δρόμο και οι μαθητές καλούνταν να εκφράσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Στην Ερώτηση 2 δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι δύο κορίτσια έπλυναν τα χέρια τους η μία με νερό και η άλλη με την ίδια ποσότητα οινόπνευματος της ίδιας θερμοκρασίας με το νερό. Τα κορίτσια διαφωνούσαν σχετικά με το ποια χέρια θα στεγνώσουν πιο γρήγορα και ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν την δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Στην Ερώτηση 3 δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι δύο κορίτσια έπλυναν τα φανελάκια τους (που ήταν τα ίδια) η μία με ζεστό νερό και η άλλη με κρύο. Έστυσαν τα φανελάκια και τα άπλωσαν στον ίδιο χώρο με τον ίδιο τρόπο. Τα δύο κορίτσια διαφωνούσαν για το πιο φανελάκι θα στεγνώσει γρηγορότερα. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Στην Ερώτηση 4 στους μαθητές δόθηκε η πληροφορία ότι μια κοπέλα έπλυνε ένα μέρος της μπλούζας της που ήταν λερωμένο με νερό και άπλωσε την μπλούζα σε μια καρέκλα για να στεγνώσει. Η μητέρα της υποστήριζε πως αν ανοίξει τον ανεμιστήρα και τον πλησιάσει στην μπλούζα αυτή θα στεγνώσει γρηγορότερα. Μια φίλη της όμως διαφωνούσε και έλεγε ότι η μπλούζα θα στεγνώσει στον ίδιο χρόνο είτε χρησιμοποιήσει τον ανεμιστήρα είτε όχι. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Στην Ερώτηση 5 δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι δύο αλυκές είχαν την ίδια ποσότητα νερού της ίδιας σύστασης και της ίδιας θερμοκρασίας. Η μια αλυκή είχε μεγαλύτερη επιφάνεια από την άλλη. Δύο παιδιά διαφωνούσαν για την ποσότητα του νερού που θα υπήρχε στις δύο αλυκές μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Στην Ερώτηση 6 δόθηκε η πληροφορία στους μαθητές ότι στην εξωτερική επιφάνεια ενός ποτηριού που περιέχει παγωμένη μύρα δημιουργήθηκαν σταγόνες. Δύο παιδιά διαφωνούσαν για την προέλευση των σταγόνων. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις (επιχειρήματα) των μαθητών στις παραπάνω ερωτήσεις. Για την αξιολόγηση του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών χρησιμοποιήθηκε μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων (βλ. Πίνακας 1), η οποία εξετάζει την καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων τους

(ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) ανεξάρτητα από την επάρκειά τους (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2014).

Στη συνέχεια, παρατίθενται δύο παραδείγματα επιχειρημάτων μαθητών που αφορούν στο φαινόμενο της εξάτμισης των υγρών συνοδευόμενα από τη διαδικασία αξιολόγησής τους ως προς το περιεχόμενό τους.

Επιχείρημα 1: *Η αλυκή Α θα έχει λιγότερο νερό από την αλυκή Β γιατί η αλυκή Α έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από την αλυκή Β.*

Αξιολόγηση επιχειρήματος 1: Το επιχείρημα αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό (*Η αλυκή Α θα έχει λιγότερο νερό από την αλυκή Β*), ο οποίος κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2), περιλαμβάνει μόνο ένα αποδεικτικό στοιχείο (*η αλυκή Α έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από την αλυκή Β*) και όχι όλα τα αποδεικτικά στοιχεία που απαιτούνται για την υποστήριξη του ισχυρισμού (επίπεδο 1) και δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 0)

Επιχείρημα 2: *Η αλυκή Α θα έχει λιγότερο νερό από την αλυκή Β. Οι δύο αλυκές περιέχουν τις ίδιες ποσότητες θαλασσινού νερού που έχει την ίδια σύσταση και την ίδια θερμοκρασία. Οι δύο αλυκές βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον άρα επικρατούν τα ίδια ρεύματα αέρα. Όμως η αλυκή Α έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από την αλυκή Β. Όταν η σύσταση του υγρού, η θερμοκρασία του υγρού και τα ρεύματα αέρα είναι ίδια, η ταχύτητα εξάτμισης του υγρού εξαρτάται από την επιφάνειά του. Όταν η επιφάνεια του υγρού είναι μεγαλύτερη, η ταχύτητα εξάτμισης είναι μεγαλύτερη. Επειδή η επιφάνεια στην αλυκή Α είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια στην αλυκή Β, η ταχύτητα εξάτμισης του νερού θα είναι μεγαλύτερη σε αυτήν όποτε στον ίδιο χρόνο θα εξατμισθεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την αλυκή Α και αφού οι δύο αλυκές είχαν την ίδια ποσότητα νερού θα έχει τελικά λιγότερη ποσότητα νερού η αλυκή Α.*

Αξιολόγηση επιχειρήματος 2: Το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό (*Η αλυκή Α θα έχει λιγότερο νερό από την αλυκή Β.*), ο οποίος κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2), περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία (*Οι δύο αλυκές περιέχουν τις ίδιες ποσότητες θαλασσινού νερού που έχει την ίδια σύσταση και την ίδια θερμοκρασία. Οι δύο αλυκές βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον άρα επικρατούν τα ίδια ρεύματα αέρα. Όμως η αλυκή Α έχει μεγαλύτερη επιφάνεια από την αλυκή Β.*) που κρίνονται κατάλληλα (επίπεδο 2) και περιλαμβάνει συλλογισμό (*Όταν η σύσταση του υγρού, η θερμοκρασία του υγρού και τα ρεύματα αέρα είναι ίδια, η ταχύτητα εξάτμισης του υγρού εξαρτάται από την επιφάνειά του. Όταν η επιφάνεια του υγρού είναι μεγαλύτερη, η ταχύτητα εξάτμισης είναι μεγαλύτερη. Επειδή η επιφάνεια στην αλυκή Α είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια στην αλυκή Β, η ταχύτητα εξάτμισης του νερού θα είναι μεγαλύτερη σε αυτήν όποτε στον ίδιο χρόνο θα εξατμισθεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την αλυκή Α και αφού οι δύο αλυκές είχαν την ίδια ποσότητα νερού θα έχει τελικά λιγότερη ποσότητα νερού η αλυκή Α*), ο οποίος κρίνεται κατάλληλος αφού εμπλέκει κατάλληλη επιστημονική αρχή και συνδέει κατάλληλα τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό (επίπεδο 2).

Αφού αναλύθηκαν τα επιχειρήματα των μαθητών, προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές των επιπέδων των συστατικών τους στοιχείων ως προς το περιεχόμενό τους πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα

στα επίπεδα των εξηγήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε το t-test.

**Πίνακας 1:** Η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων για την αξιολόγηση του περιεχόμενου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2014)

| <b>ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</b>   | <b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>   | <b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>  | <b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>  |
|-----------------------------|--|---|---|
| <b>Ισχυρισμός</b>           | Δεν προτείνει ισχυρισμό ή προτείνει έναν ακατάλληλο ισχυρισμό                  | Προτείνει ένα μερικώς κατάλληλο ισχυρισμό   | Προτείνει ένα κατάλληλο ισχυρισμό   |
| <b>Αποδεικτικά στοιχεία</b> | Δεν προτείνει αποδεικτικά στοιχεία ή προτείνει ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία | Προτείνει μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία. Μπορεί να υπάρχουν και μη κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία      | Προτείνει κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία  |
| <b>Συλλογισμός</b>          | Δεν προτείνει συλλογισμό ή προτείνει έναν ακατάλληλο συλλογισμό                | Προτείνει συλλογισμό που εμπλέκει κατάλληλες αρχές ή συνδέει κατάλληλα τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό | Προτείνει συλλογισμό που εμπλέκει κατάλληλες αρχές και συνδέει κατάλληλα τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό |

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

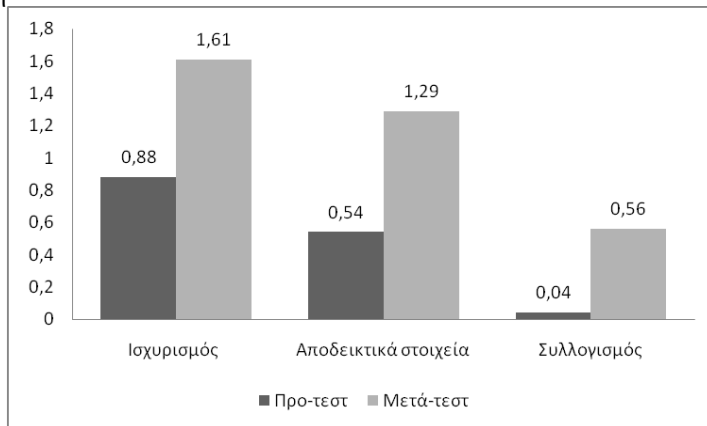
Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των επιπέδων των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών ως προς το περιεχόμενο τους πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση. Προκύπτει ότι υπάρχει μια αύξηση στην μέση τιμή των επιπέδων και των τριών συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Μάλιστα, διαπιστώνεται μια στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα:

- στα επίπεδα των ισχυρισμών που προτείνουν οι μαθητές ως προς το περιεχόμενο τους πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=0,8771$ ,  $SD=0,9472$ ) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,6140$ ,  $SD=0,7667$ ),  $t(226)=-6,45$ ,  $p<0,0001$ ,
- στα επίπεδα των αποδεικτικών στοιχείων που προτείνουν οι μαθητές ως προς το περιεχόμενο τους πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=0,5438$ ,  $SD=0,7962$ ) και

μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,2894$ ,  $SD=0,8555$ ),  $t(226)=-6,81$ ,  $p<0,0001$  και

- στα επίπεδα των συλλογισμών που προτείνουν οι μαθητές ως προς το περιεχόμενο τους πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=0,0438$ ,  $SD=0,2047$ ) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=0,5614$ ,  $SD=0,7137$ ),  $t(226)=-7,44$ ,  $p<0,0001$ .

**Γράφημα 1:** Οι μέσες τιμές των επιπέδων των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών ως προς το περιεχόμενο τους πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής διαπιστώνεται ότι πριν την διδακτική παρέμβαση αρκετά μεγάλο μέρος των μαθητών διατύπωνε ισχυρισμούς που περιλάμβαναν ενναλακτικές αντιλήψεις, σχετικά με τα φαινόμενα της εξάτμισης και της υγροποίησης, διαφορετικές της σχολικής γνώσης. Επίσης πριν τη διδακτική παρέμβαση τα επιχειρήματα των περισσότερων μαθητών δεν περιείχαν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και κατάλληλους συλλογισμούς. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με αποτελέσματα άλλων ερευνών που μελετούν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών (McNeill & Krajcik 2008). Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αποδοθούν στη διαπίστωση ότι στη διάρκεια της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, συνήθως δεν εμπλέκονται με διαδικασίες αξιολόγησης και παραγωγής επιχειρημάτων (Newton, Driver & Osborne 1999). Η χαμηλή ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών ως προς το περιεχόμενό τους, μπορεί να αποδοθεί και στην ελλιπή κατανόηση των φαινομένων της εξάτμισης και της υγροποίησης.

Επίσης, τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας καταδεικνύουν ότι μετά τη διδακτική παρέμβαση τα περισσότερα επιχειρήματα των μαθητών περιλάμβαναν κατάλληλους ισχυρισμούς που συνοδεύονταν από κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και σε ορισμένες περιπτώσεις και από κατάλληλους συλλογισμούς. Ωστόσο, προέκυψε ότι τη

μεγαλύτερη δυσκολία εμφανίζουν οι μαθητές στη συγκρότηση κατάλληλων συλλογισμών (που συνδέουν κατάλληλα τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό εμπλεκοντας κατάλληλες επιστημονικές αρχές). Η διαπίστωση αυτή συνάδει με τα αποτελέσματα συναφών ερευνών από τα οποία προκύπτει ότι από τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος, τη μεγαλύτερη δυσκολία εμφανίζουν οι μαθητές (δημοτικού σχολείου και γυμνασίου) σε ό,τι αφορά τους συλλογισμούς (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000; Songer, Kelcey & Gotwals, 2009).

Συγκρίνοντας το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση προέκυψε ότι οι μαθητές βελτίωσαν σημαντικά το περιεχόμενο των επιχειρημάτων τους και ειδικότερα βελτίωσαν την καταλληλότητα των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των επιχειρημάτων τους. Συνεπώς, τα ευρήματα της εργασίας καταδεικνύουν ότι η βελτίωση του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών, μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε, αναδείχθηκε εφικτή. Η σημαντική βελτίωση του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών θα μπορούσε να αποδοθεί στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης που ήταν απόρροια της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε. Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση αποτελεί ένα κατάλληλο πλαίσιο για συγκρότηση διδασκαλιών που στοχεύουν στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών. Επίσης, η σημαντική βελτίωση του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών θα μπορούσε να αποδοθεί και στην κατανόηση της διαδικασίας υποστήριξης ενός ισχυρισμού από τους μαθητές και στην εφαρμογή αυτής της γνώσης σε πρακτικό επίπεδο. Η συγκρότηση τεκμηριωμένων επιχειρημάτων από τους μαθητές εξαρτάται από την ικανότητα συλλογισμού και την κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών (Σκουμιάς & Χατζηνικήτα, 2013).

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε στη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης στο περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών μιας τάξης του Γυμνασίου. Κρίνεται αναγκαίο να πραγματοποιηθεί αντίστοιχη έρευνα όχι μόνο για το περιεχόμενο αλλά και για τη δομή των επιχειρημάτων και με μαθητές άλλων τάξεων της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα, απαιτείται περαιτέρω έρευνα που να μελετά την ποιότητα όχι μόνο των γραπτών αλλά και των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Berland, L. K. & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793.
- 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.

- Lizotte, D. J., Harris, C. J., McNeill, K. L., Marx, R. W., & Krajcik, J. (2003, April). Usable assessments aligned with curriculum materials: Measuring explanation as a scientific way of knowing. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL
- 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. & Krajcik, J. (2008). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. In J. Coffey, R. Douglas, & C. Stearns, (Eds.), *Assessing science learning: Perspectives from research and practice* (pp. 101-116). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- 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., 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.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Phillips, L. M., & Norris, S. P. (1999). Interpreting popular reports of science: What happens when the reader's world meets the world on paper? *International Journal of Science Education*, 21, 317 - 327.
- Σκουμός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2014). Αξιολογώντας τις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 3, 9-19.
- Σκουμός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2013). Η ποιότητα των εξηγήσεων των μαθητών του δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες. Στο: Πιερράτος, Θ., Αρτέμη, Σ., Πολάτογλου, Χ. & Κουμαράς, Π. (επιμ.), Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου: «Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα;» (σ. 323-330). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης και Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, saph2013.web.auth.gr
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 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). How and when 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.

# Ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων σε μαθητές της Α΄ τάξης του Λυκείου

Σταμάτιος Εμμανουήλ<sup>1</sup> και Μιχαήλ Σκουμιός<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, [stamatios1968@gmail.com](mailto:stamatios1968@gmail.com)

<sup>2</sup> ΠΤΔΕ Πανεπιστήμιο Αιγαίου, [skoumios@rhodes.aegean.gr](mailto:skoumios@rhodes.aegean.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία αυτή αποσκοπεί στη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών, για τον 2ο Νόμο του Νεύτωνα, στις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων των μαθητών της Α΄ τάξης του Λυκείου. Για τις ανάγκες της έρευνας, συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τον 2ο Νόμο του Νεύτωνα, το οποίο εφαρμόστηκε σε 35 μαθητές που φοιτούσαν σε δυο τμήματα της Α΄ τάξης του Λυκείου. Για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων σε μαθητές, μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *χρήση εκπαιδευτικού υλικού, σχεδίαση διερευνήσεων, μάθηση Φυσικών Επιστημών, 2ος Νόμος του Νεύτωνα.*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης πρακτικών των Φυσικών Επιστημών στους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012). Η ανάπτυξη πρακτικών των Φυσικών Επιστημών είναι απαραίτητη για όλους τους μαθητές και αυριανούς πολίτες. Επιδιώκεται οι μαθητές μέσω της εμπλοκής τους με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών να οικοδομήσουν και να χρησιμοποιούν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών προκειμένου να ερμηνεύουν φαινόμενα, να επιλύουν προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις (NGSS Lead States, 2013).

Μολονότι θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η ανάπτυξη πρακτικών των Φυσικών Επιστημών, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που διερευνά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ανάπτυξη τέτοιων πρακτικών στους μαθητές. Αντικείμενο της

εργασίας αυτής αποτελεί η μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για το 2ο Νόμο του Νεύτωνα στις πρακτικές των μαθητών της Α΄ τάξης του Λυκείου που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων.

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Οι μαθητές κατέχουν αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο, συνήθως διαφορετικές από τις απόψεις της σχολικής γνώσης, οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους (Driver et al., 1985). Ως ουσιώδης στόχος της διδασκαλίας τίθεται η επεξεργασία και αλλαγή αυτών των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών και η οικοδόμηση νέων αντιλήψεων. Υποστηρίζεται ότι η διανοητική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών εδράζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών (NRC, 2012).

Ο όρος πρακτικές των Φυσικών Επιστημών (science practices) αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Ο όρος αυτός τείνει να χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών (science process skills) για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, (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 στις πρακτικές που έχουν προταθεί για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες συμπεριλαμβάνεται η σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων. Μέσω αυτής επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί να διατυπώνουν ερωτήματα και υποθέσεις, να πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών (ανεξάρτητη μεταβλητή, εξαρτημένη μεταβλητή και μεταβλητές ελέγχου) και να επινοούν και να περιγράφουν τις πειραματικές διαδικασίες που θα ακολουθήσουν προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματα και να ελέγξουν τις υποθέσεις τους (NRC, 2012).

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

Έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που μελετούν τις δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών των μαθητών. Από τις έρευνες αυτές προέκυψε ότι οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες στην ανάπτυξη τέτοιων δεξιοτήτων και συγκεκριμένα οι δυσκολίες αυτές εστιάζονται στη αναγνώριση ερευνητικών ερωτημάτων, στον έλεγχο των μεταβλητών και στην επινόηση και περιγραφή των πειραματικών διαδικασιών (Chen & Klahr, 1999; Duggan & Gott, 2000; Khishfe & Lederman 2006).

Μολονότι έχουν μελετηθεί οι δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών των μαθητών είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων για θέματα των Φυσικών Επιστημών στις δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών που



αναπτύσσουν οι μαθητές (Chen & Klahr 1999; Klahr & Nigam 2004; Kyriazi, & Constantinou, 2005; Arnold, Kremer & Mayer, 2014). Η παρούσα εργασία εντάσσεται σε αυτό το σώμα των ερευνών.

Η πρωτοτυπία αυτής της εργασίας συνίσταται στο ότι αυτή μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών για το 2<sup>ο</sup> νόμο του Νεύτωνα στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων, ζήτημα για το οποίο δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα.

## **ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ**

Η εργασία αυτή επιδιώκει τη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τον 2ο Νόμο του Νεύτωνα -η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και εκπαιδευτικού λογισμικού- στην ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων σε μαθητές της Α΄ τάξης του Λυκείου.

Ειδικότερα, ως ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας αυτής τίθενται:

- (α) Ποια είναι η συμβολή αυτής της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων και υποθέσεων;
- (β) Ποια είναι η συμβολή αυτής της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής, των μεταβλητών ελέγχου και της εξαρτημένης μεταβλητής;
- (γ) Ποια είναι η συμβολή αυτής της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στην περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας;

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες**

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε ήταν ποσοτική και διεξήχθη σε δύο συνολικά φάσεις. Στην πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο και το εκπαιδευτικό υλικό. Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε τόσο η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τους μαθητές (πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση) όσο και η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε.

Το δείγμα της έρευνας αποτελούσαν 35 μαθητές (23 αγόρια, 12 κορίτσια), που φοιτούσαν σε δύο τμήματα της Α΄ τάξης του Λυκείου.

### **Το εκπαιδευτικό υλικό και η διδακτική διαδικασία**

Το εκπαιδευτικό υλικό για τον 2ο νόμο του Νεύτωνα σχεδιάστηκε με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών. Συγκεκριμένα, το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε συνίσταται από τρεις ενότητες. Η πρώτη ενότητά του («σχέση δύναμης και επιτάχυνσης») αποτελείται από 7 δραστηριότητες, η δεύτερη ενότητά του («σχέση επιτάχυνσης και μάζας»)

περιλαμβάνει 5 δραστηριότητες και η τρίτη ενότητά του («κατεύθυνση δύναμης και επιτάχυνσης») έχει 4 δραστηριότητες.

Για τη συγκρότησή του εκπαιδευτικού υλικού κάθε ενότητας ακολουθήθηκε το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al. 2006) που περιλαμβάνει πέντε φάσεις.

Στην πρώτη φάση της διδασκαλίας μιας ενότητας («ενεργοποίηση»), στους μαθητές τέθηκε ένα πρόβλημα το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις. Οι μαθητές μελέτησαν το πρόβλημα αρχικά ατομικά και κατέγραψαν τις απαντήσεις τους. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Ακολούθησε η συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και η διατύπωση από τους μαθητές ερωτημάτων για έρευνα.

Στη δεύτερη φάση της διδασκαλίας («διερεύνηση») οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν διερευνήσεις, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπήρχαν στα φύλλα εργασίας τους (βλ. Σχήμα 1). Οι ερωτήσεις ζητούσαν από τους μαθητές να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα, να εκφέρουν υποθέσεις, να αναγνωρίσουν τις μεταβλητές της έρευνας (ανεξάρτητη μεταβλητή, εξαρτημένη μεταβλητή και μεταβλητές ελέγχου), να περιγράψουν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν, να εκτελέσουν τα πειράματα με τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού (Interactive Physics) και να καταγράψουν τα δεδομένα.

**Σχήμα 1:** Το φύλλο εργασίας των μαθητών για τη σχεδίαση και πραγματοποίηση μιας διερεύνησης.

| <b><u>Σχεδίαση της έρευνας</u></b>   |                   |               |
|--|-------------------|---------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τι πρόκειται να ερευνήσουμε;</li> <li>• Ποια είναι οι απόψεις μας;</li> <li>• Συμπληρώνουμε τον πίνακα.</li> </ul>  |                   |               |
| Τι αλλάζουμε;  | Τι κρατούμε ίδια; | Τι ελέγχουμε; |
|  |                   |               |
| <b><u>Πραγματοποίηση της έρευνας</u></b>   |                   |               |
| Τι χρειαζόμαστε;<br>Τι θα κάνουμε;<br>Βήμα 1: ...<br>Βήμα 2: ...<br>Παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα.   |                   |               |
| <b><u>Συμπεράσματα</u></b>   |                   |               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τι διαπιστώσαμε από την έρευνα που κάναμε;</li> <li>• Αυτό που διαπιστώσαμε ήταν αυτό που περιμέναμε;</li> <li>• Τι δυσκολίες συναντήσαμε σε αυτή την έρευνα;</li> <li>• Πώς μπορούμε να βελτιώσουμε την έρευνα αυτή;</li> <li>• Τι άλλο θέλουμε να ερευνήσουμε;</li> </ul> |                   |               |

Στη τρίτη φάση της διδασκαλίας («εξήγηση») οι μαθητές επεξεργάστηκαν τα δεδομένα και εξήγαγαν συμπεράσματα, τα οποία συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις.

Στην τέταρτη φάση («εφαρμογή») οι μαθητές επεξεργάστηκαν νέα προβλήματα διαφορετικά σε σχέση με αυτά που είχαν αρχικά επεξεργαστεί και συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους.

Στην πέμπτη φάση («αξιολόγηση») ζητήθηκε από τους μαθητές να μελετήσουν τις αρχικές απαντήσεις τους στο πρόβλημα που είχε τεθεί στην αρχική φάση της διδασκαλίας. Οι μαθητές κλήθηκαν να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις νέες απαντήσεις τους και να συζητήσουν τις όποιες ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις μεταξύ των απαντήσεών τους με τους συμμαθητές τους.

### Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο συγκροτήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας. Η κατασκευή του ολοκληρώθηκε σε δυο φάσεις. Αρχικά δόθηκε σε δυο εκπαιδευτικούς και σε ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ώστε να ελεγχθεί για τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη δεύτερη φάση δόθηκε σε 4 μαθητές ώστε να αξιολογηθεί η αναγνωσιμότητά του και αν υπάρχουν σημεία που οι μαθητές δεν μπορούσαν να καταλάβουν. Σύμφωνα με αυτές τις παρατηρήσεις, έγιναν διορθώσεις και έτσι το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή (πιλοτική έρευνα).

Στο τελικό ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε πριν από τις ερωτήσεις υπήρχε ένα εισαγωγικό κείμενο (βλ. Παράρτημα). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι έξι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και οι πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων με τις οποίες αντιστοιχούν.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

**Πίνακας 2:** Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και οι αντίστοιχες πρακτικές των Φυσικών Επιστημών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων που εμπλέκονται σε αυτές.

| Ερωτήσεις | Πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων   |
|-----------|------------------------------------|
| 1         | Διατύπωση ερωτήματος               |
| 2         | Διατύπωση υπόθεσης                 |
| 3         | Αναγνώριση ανεξάρτητης μεταβλητής  |
| 4         | Αναγνώριση μεταβλητών ελέγχου      |
| 5         | Αναγνώριση εξαρτημένης μεταβλητής  |
| 6         | Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας |

Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών 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 μαθητών σε τέσσερα επίπεδα. Για παράδειγμα, στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης

των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 3 (που αφορά στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής).

Στη συνέχεια, υπολογίσθηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών. Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε το τεστ Wilcoxon Signed Ranks.

**Πίνακας 3:** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην Ερώτηση 3.

| Επίπεδα | Περιγραφή  |
|---------|--|
| 0       | Ο μαθητής δεν προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή ή αναφέρει περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές.   |
| 1       | Ο μαθητής προτείνει μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή ή προτείνει μια σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος. |
| 2       | Ο μαθητής προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους.  |
| 3       | Ο μαθητής προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους.  |

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### Διατύπωση ερωτήματος και υπόθεση

Μετά τη διδακτική παρέμβαση προέκυψε ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα (επίπεδο 3) αυξήθηκε, ενώ αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που δεν προτείνει ένα ερώτημα (επίπεδο 0) μειώθηκε (βλ. Πίνακας 4). Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,40$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,49$ ),  $Z=-1,732$ ,  $p=0,0415$ .

**Πίνακας 4:** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Επίπεδα | Προ-τεστ |      | Μετά-τεστ |      |
|---------|----------|------|-----------|------|
|         | f        | %    | f         | %    |
| 0       | 6        | 17,1 | 3         | 8,6  |
| 1       | 11       | 31,4 | 11        | 31,5 |
| 2       | 3        | 8,6  | 5         | 14,3 |
| 3       | 15       | 42,9 | 16        | 45,7 |

Μετά τη διδακτική παρέμβαση διαπιστώθηκε ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια σχετική υπόθεση αλλά διατυπωμένη με ελλιπή τρόπο (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια σχετική πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3) αυξήθηκε ενώ αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει προτείνει καμία υπόθεση (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1) μειώθηκε (βλ. Πίνακας 5). Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,09$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,23$ ),  $Z=-2,236$ ,  $p=0,0125$

**Πίνακας 5:** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη διατύπωση υπόθεσης πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Επίπεδα | Προ-τεστ |      | Μετά-τεστ |      |
|---------|----------|------|-----------|------|
|         | f        | %    | f         | %    |
| 0       | 4        | 11,4 | 0         | 0    |
| 1       | 4        | 11,4 | 3         | 8,6  |
| 2       | 14       | 40   | 18        | 51,4 |
| 3       | 13       | 37,2 | 14        | 40   |

#### Αναγνώριση μεταβλητών

Μετά τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό των μαθητών που αναγνώρισε την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους (επίπεδο 2) αυξήθηκε ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζει αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) μειώθηκε (βλ. Πίνακας 6). Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,37$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,51$ ),  $Z=-2,236$ ,  $p=0,0125$

**Πίνακας 6:** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Επίπεδα | Προ-τεστ |      | Μετά-τεστ |      |
|---------|----------|------|-----------|------|
|         | f        | %    | f         | %    |
| 0       | 18       | 51,4 | 13        | 37,1 |
| 1       | 7        | 20   | 8         | 22,9 |
| 2       | 10       | 28,6 | 14        | 40   |
| 3       | 0        | 0    | 0         | 0    |

Μετά τη διδακτική παρέμβαση διαπιστώνεται ότι το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κάποιες μεταβλητές ελέγχου με ασαφή τρόπο ή πρότεινε μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 1) μειώθηκε, αντίθετα τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μία

ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που είχαν προτείνει περισσότερες από δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 3) αυξήθηκε (βλ. Πίνακας 7). Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν τα ίδια μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,31$ ) σε σχέση με πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,31$ ),  $Z=-1,000$ ,  $p=0,5$

**Πίνακας 7:** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Επίπεδα | Προ-τεστ |      | Μετά-τεστ |      |
|---------|----------|------|-----------|------|
|         | f        | %    | f         | %    |
| 0       | 11       | 31,4 | 11        | 31,4 |
| 1       | 16       | 45,7 | 10        | 28,6 |
| 2       | 8        | 22,9 | 9         | 25,7 |
| 3       | 0        | 0    | 5         | 14,3 |

Μετά τη διδακτική παρέμβαση τόσο το ποσοστό των μαθητών που είχε καταγράψει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποιοτικά (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που είχε καταγράψει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποσοτικά (επίπεδο 3) αυξήθηκε, αντίθετα τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ή πρότεινε μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) μειώθηκε (βλ. Πίνακας 8). Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,06$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,11$ ),  $Z=-1,414$ ,  $p=0,0495$

**Πίνακας 8:** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Επίπεδα | Προ-τεστ |      | Μετά-τεστ |      |
|---------|----------|------|-----------|------|
|         | f        | %    | f         | %    |
| 0       | 4        | 11,4 | 2         | 5,7  |
| 1       | 19       | 54,3 | 12        | 34,3 |
| 2       | 0        | 0    | 2         | 5,7  |
| 3       | 12       | 34,3 | 19        | 54,3 |

### Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας

Μετά τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης (επίπεδο 3) αυξήθηκε (βλ. Πίνακας 9). Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των

απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,34$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση ( $M=1,46$ ),  $Z=-2,000$ ,  $p=0,023$ .

**Πίνακας 9:** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά.

| Επίπεδα | Προ-τεστ |      | Μετά-τεστ |      |
|---------|----------|------|-----------|------|
|         | f        | %    | f         | %    |
| 0       | 9        | 25,7 | 7         | 20   |
| 1       | 7        | 20   | 5         | 14,3 |
| 2       | 15       | 42,9 | 14        | 40   |
| 3       | 4        | 11,4 | 9         | 25,7 |

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας καταδεικνύουν ότι η ανάπτυξη της πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση διερευνήσεων (και συγκεκριμένα στην αναγνώριση ερωτημάτων για έρευνα, στην αναγνώριση των μεταβλητών και στη σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας) στους μαθητές Α΄ Λυκείου, μέσω της εφαρμογής της συγκεκριμένης διδακτικής παρέμβασης, αναδείχθηκε εφικτή. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές δεν είχαν αναπτυγμένες τις παραπάνω πρακτικές, μετά τη διδακτική παρέμβαση διαπιστώθηκε σημαντική διαφοροποίηση στις συγκεκριμένες πρακτικές των μαθητών.

Η βελτίωση των πρακτικών που αφορούν στην σχεδίαση διερευνήσεων μπορεί να αποδοθεί στις δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν. Αυτές έδιναν ευκαιρίες στους μαθητές να διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα, να εκφέρουν υποθέσεις, να εντοπίζουν σε κάθε έρευνα την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου και την εξαρτημένη μεταβλητή, καθώς επίσης και να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για να απαντηθεί ένα ερευνητικό ερώτημα. Η δυσκολία του συνόλου των μαθητών να αναπτύξουν τέτοιες πρακτικές μπορεί να οφείλεται στη διαπίστωση ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με αυτές τις πρακτικές αφού κατά κύριο λόγο στις σχολικές τάξεις ακολουθείται η παραδοσιακή προσέγγιση στη διδασκαλία σύμφωνα με την οποία ο εκπαιδευτικός λειτουργεί ως κάτοχος και φορέας της γνώσης την οποία εισάγει στους μαθητές με ερωτήσεις και αποκρίσεις (Antoniadou & Skoumios, 2013).

Ωστόσο, περιορισμοί σε αυτή την εργασία αποτελούν ο μικρός αριθμός των μαθητών που συμμετείχαν και η αποκλειστική χρήση του ερωτηματολογίου. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα με μεγαλύτερο δείγμα μαθητών και χρήση και συνεντεύξεων προκειμένου να ελεγχθούν τα ευρήματα της παρούσας εργασίας. Επιπλέον, θα είχε ενδιαφέρον η μελέτη της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης και σε άλλες πρακτικές των Φυσικών Επιστημών, πέραν της σχεδίασης διερευνήσεων (π.χ. ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, συγκρότηση εξηγήσεων, εμπλοκή σε επιχειρηματολογία, ...).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Antoniadou, P. & Skoumios, M. (2013). Primary teachers' conceptions about science teaching and learning. *The International Journal of Science in Society*, 4 (1), 69-82.
- Arnold, J. C., 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.
- 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.
- 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.
- 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.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Ο Γιάννης και η Μαρία παίζουν στο σαλόνι του σπιτιού τους σπρώχνοντας αυτοκινητάκια. Ο Γιάννης πιστεύει ότι τα αυτοκινητάκια κυλούν πιο εύκολα και διανύουν μεγαλύτερη απόσταση (μέχρι να σταματήσουν) στα μάρμαρα του σαλονιού παρά στο χαλί της κρεβατοκάμαρας. Η Μαρία πιστεύει ότι αν σπρώξει τα αυτοκινητάκια αυτά διανύουν μέχρι να σταματήσουν την ίδια απόσταση στα μάρμαρα του σαλονιού και στο χαλί της κρεβατοκάμαρας. Επειδή διαφωνούν αποφάσισαν να κάνουν μια διερεύνηση (έρευνα).

Ερώτηση 1: Ποιο ερώτημα έχουν να ερευνήσουν;

Ερώτηση 2: Ποια θα μπορούσε να είναι μια απάντηση στο ερώτημα που θα ερευνήσουν;

Ερώτηση 3: Τι θα αλλάξουν στη διερεύνηση που θα κάνουν;

Ερώτηση 4: Τι δεν θα αλλάξουν στη διερεύνηση που θα κάνουν;

Ερώτηση 5: Τι θα ελέγχουν (μετρούν) στη διερεύνηση που θα κάνουν;

Ερώτηση 6: Ποια πειραματική διαδικασία θα πρέπει να ακολουθήσουν; Να περιγράψεις αναλυτικά τι θα πρέπει να κάνουν.



# Διδακτική Προσέγγιση της Έννοιας της Δύναμης για παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες

**Κωνσταντίνος Π. Μπούσιος**

Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ 70, [kostasbousios@yahoo.gr](mailto:kostasbousios@yahoo.gr)

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

*Στην παρούσα εργασία αναφερόμαστε στην πορεία μιας μεικτού τύπου διδασκαλίας που ακολουθήθηκε σε Τμήμα Ένταξης με 6 μαθητές Β γυμνασίου με μαθησιακές δυσκολίες και αφορούσε την έννοια της δύναμης. Παραθέτουμε αναλυτικά τους στόχους της διδασκαλίας και περιγράφουμε σταδιακά τα βήματά της. Τέλος αν και η αξιολόγηση αποτελεί οργανικό μέρος της διδασκαλίας, την παραθέτουμε ξεχωριστά, για να αναδείξουμε το ιδιαίτερο βάρος που αποδίδουμε σ' αυτή για το σχεδιασμό και την πορεία των υπολοίπων βημάτων μας.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Διδακτική Προσέγγιση, η έννοια της δύναμης, μαθησιακές δυσκολίες, Αξιολόγηση

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Μέσα από τη βιβλιογραφία της Διδακτικής των Φ.Ε φαίνεται να μην υπάρχουν διαφορετικές διαισθητικές αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο μεταξύ των μαθητών με Μ.Δ και των τυπικών μαθητών. Τα διαισθητικά εμπόδια είναι κοινά. Η γνώση, κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε, οικοδομείται, αλλά και δικαιώνεται, κυρίως μέσα στις παρεμβατικές δραστηριότητες (εργαστηριακές πρακτικές, πρακτικές του εμπειροτέχνη), παρά από αναπαραστατικές δραστηριότητες της « εγγράμματης » παράδοσης των σχολικών βιβλίων ( Τσελφές, Β., 2005, σ.335-377).

Υιοθετώντας την άποψη ότι η διδασκαλία για τους μαθητές με Μ.Δ δεν πρέπει να πραγματοποιείται με τη μείωση της διδακτικής ύλης και την μηχανική απομνημόνευση πληροφοριών, αλλά σε κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις, που θα προσπαθούν να ξεπερνούν τα βασικά εμπόδια των μαθητών με Μ.Δ και τα οποία σχετίζονται με τη χρήση του γραπτού λόγου, την αμφίσημη ορολογία, την περιορισμένη ανάπτυξη της αφηρημένης σκέψης και των μεταγνωστικών ικανοτήτων τους, διαρθρώσαμε και υλοποιήσαμε τη διδασκαλία μας. (Μαρκοβίτης, Μ. - Τζουριάδου, Μ. 1999 & Παντελιάδου, Σ. 2004, σ. 40)

Η μεθοδολογία της βασίστηκε στις αρχικές ιδέες των παιδιών για την έννοια της δύναμης, όπως αυτές παρατίθενται στη βιβλιογραφία. Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με κύριο στόχο την αλλαγή των ιδεών αυτών.

## **ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

### **Μεθοδολογική προσέγγιση**

Για την παρούσα διδακτική μας προσέγγιση σχεδιάσαμε μια μεικτού τύπου διδασκαλία. Η διδασκαλία μας συνδυάζει δραστηριότητες:

Καθοδηγούμενης ανακάλυψης, όπου οι μαθητές συμμετέχουν σε πειράματα κατάλληλα προσχεδιασμένα ώστε να οδηγηθούν σε συμπεράσματα με επαγωγικό συλλογισμό. Εδώ η πρόκληση για τους μαθητές είναι:

- α. να μπορούν να ακολουθούν οδηγίες,
- β. να χειρίζονται υλικά και σκεύη,
- γ. να καταγράφουν μετρήσεις και παρατηρήσεις,
- δ. να διατυπώνουν συμπεράσματα.

Επικοινωνιακού τύπου, που έχουν στόχο να προβληματίσουν τους μαθητές για τις συνήθως, λανθασμένες προϋπάρχουσες ιδέες τους και να προκαλέσουν γνωστική σύγκρουση και εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή αντικατάσταση των λανθασμένων ιδεών τους με επιστημονικά έγκυρες ιδέες. Εδώ οι απαιτήσεις για τους μαθητές είναι πιο σύνθετες καθώς καλούνται να διατυπώνουν προβλέψεις και να τις αξιολογούν με βάση τις παρατηρήσεις τους.

Καθοδηγούμενης διερεύνησης, που έχουν στόχο την ανάπτυξη επιστημονικού εγγραμμτισμού στους μαθητές δηλαδή την κατανόηση της φύσης της επιστήμης.

Εδώ οι μαθητές καλούνται επιπλέον:

- α) να αξιολογήσουν υποθέσεις
- β) να διατυπώσουν προβλέψεις και
- γ) να αξιολογήσουν θεωρητικές ιδέες χρησιμοποιώντας τις παρατηρήσεις τους.

### **Οργάνωση της τάξης**

Η διδασκαλία μας σχεδιάστηκε για μαθητές Β γυμνασίου με Μ.Δ. που φοιτούν σε τμήμα ένταξης του σχολείου τους παράλληλα με το κανονικό πρόγραμμα, στηρίχθηκε σε προσχεδιασμένα ειδικά φύλλα εργασίας και παράκαμψε το σχολικό βιβλίο. Η διάρκειά της κράτησε ένα συνεχόμενο διδακτικό δίωρο και οι μαθητές μας εργάστηκαν σε 3 ομάδες 2 ατόμων.

### **Στόχοι**

Ως διδακτικούς στόχους θέσαμε:

- α) Να προσανατολιστούν και να εστιαστούν οι μαθητές στη μελέτη των δυνάμεων και γενικότερα των φαινομένων της μηχανικής,
- β) Να διαπιστώσουν οι μαθητές πειραματικά τα αποτελέσματα των δυνάμεων που ασκούνται στα σώματα,
- γ) Να αναφέρουν ότι οι δυνάμεις προκαλούν αλλαγή στη κινητική κατάσταση των σωμάτων ή την παραμόρφωσή τους.
- δ) Να ανακαλύψουν ότι οι δυνάμεις μπορούν να προκαλέσουν μόνιμες ή ελαστικές παραμορφώσεις σε κάποια σώματα.

### **Προσανατολισμός των μαθητών στο θέμα-Ανάδειξη των ιδεών τους**

Με κατάλληλες ερωτήσεις δημιουργήσαμε ερεθίσματα για συζήτηση σχετικά με την έννοια «δύναμη».

Καλέσαμε τους μαθητές να αναφέρουν προτάσεις που περιείχαν τη λέξη «δύναμη» και να σχολιάσουν τη σημασία της.

Όπου δυσκολεύονταν προτείναμε εμείς μερικές, όπως:

- Αγωνίστηκε με όλες τους τις δυνάμεις
- Η δύναμη του ανέμου ήταν καταστροφική
- Χρειάζεται δύναμη ψυχής για να τα καταφέρεις.
- Ο Γιώργος είναι δυνατός στα μαθηματικά.

Εξηγήσαμε στους μαθητές ότι η λέξη «δύναμη» χρησιμοποιείται και στη φυσική όπου περιγράφει κάτι το οποίο δεν μπορούμε να δούμε αλλά αντιλαμβανόμαστε από τα αποτελέσματα και που έχει συγκεκριμένο νόημα.

### **Δραστηριότητες**

Στη συνέχεια, κάθε μαθητής περιγράφει τις ενέργειες που θα έκανε αν ασκούσε δύναμη σε κάποια σώματα που υπάρχουν στην τάξη. Για παράδειγμα, «Σπρώχνω τα θρανία μου». τα ρήματα που χρησιμοποιεί κάθε παιδί καταγράφηκαν στον πίνακα, ώστε να δημιουργηθεί ένας κατάλογος ενεργειών που ταυτίζονται με τη σημασία της φράσης «βάζω δύναμη». Η δραστηριότητα αυτή έχει στόχο να διαπιστώσουν οι μαθητές την ποικιλία των ενεργειών που αφορούν τις δυνάμεις (σπρώχνω, σηκώνω, τραβώ, τσαλακώνω, ανοίγω, κλείνω, κ.α.).

### **Πειραματισμοί-Συμπέρασμα**

Στη συνέχεια δώσαμε σε κάθε ομάδα τα παρακάτω υλικά:

- αυτοκινητάκι - πλαστελίνη - βόλο - χαρτί - κιμωλία

και ζητήσαμε να ασκήσουν σ' αυτά δύναμη και να καταγράψουν το αποτέλεσμα της άσκησης της δύναμης σε κάθε αντικείμενο.

Μετά από συζήτηση και κατάλληλη καθοδήγηση οι μαθητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι:

«Όταν ασκούνται δυνάμεις στα σώματα αυτά αλλάζουν την κινητική τους κατάσταση ή παραμορφώνονται».

### **Εμπέδωση-Γενίκευση**

Για εμπέδωση δώσαμε στους μαθητές μας διάφορες εικόνες με εμφανή την άσκηση δύναμης και ζητούμε να σημειώσουν τα αποτελέσματά της.

Συζητήσαμε τι θα συμβεί στα σώματα όταν σταματήσουν να ασκούνται δυνάμεις. Έχουμε στη διάθεσή μας τα παρακάτω υλικά:

- πλαστελίνη - κουτάκι αλουμινίου - ελατήριο - λαστιχάκι κουζίνας.

Οι μαθητές εκφράζουν τις απόψεις τους για το τι θα συμβεί στα σώματα που έχουμε όταν σταματήσουμε να ασκούμε δύναμη σ' αυτά.

Ελέγχουν τις απόψεις τους ασκώντας δυνάμεις στα παραπάνω υλικά και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους στον αντίστοιχο πίνακα:

| ΣΩΜΑ           | Τι συμβαίνει στο σώμα όταν του ασκούμε δύναμη | Τι συμβαίνει στο σώμα όταν σταματάμε να του ασκούμε δύναμη |
|----------------|---|--|
| Πλαστελίνη     | Παραμορφώνεται                                | Παραμένει παραμορφωμένη                                    |
| Αλουμιν. Κουτί | Παραμορφώνεται                                | Παραμένει παραμορφωμένο                                    |
| Ελατήριο       | Παραμορφώνεται                                | Επανέρχεται στην αρχική κατάσταση                          |
| Λαστιχάκι      | Παραμορφώνεται                                | Επανέρχεται στην αρχική του μορφή                          |

Βέβαια επειδή η άσκηση δύναμης δεν έχει πάντα ορατά αποτελέσματα στην εμπέδωση – γενίκευση ρωτάμε τα παιδιά τι γίνεται σε περιπτώσεις μη ορατών αποτελεσμάτων των δυνάμεων.

Π.χ. Όταν σπρώχνω τον τοίχο ασκώ δύναμη ή όχι;

Αν ναι, ποια είναι τα αποτελέσματά της.

Ωφέλιμο είναι επίσης να επισημάνουμε στα παιδιά ότι μέχρι κάποιο βαθμό όλες οι παραμορφώσεις είναι ελαστικές και από εκεί και πέρα πλαστικές (μόνιμες).

Επίσης μπορούμε να μιλήσουμε στα παιδιά για το όριο ελαστικότητας των ελατηρίων και το όριο θραύσης για να μην παρανοήσουν ότι οι ελαστικές παραμορφώσεις είναι άνευ ορίων και για να καταλάβουν γιατί ορισμένα δυναμόμετρα καταστρέφονται.

Για περισσότερη εμπέδωση – γενίκευση μπορούμε να θέσουμε τα παρακάτω ερωτήματα:

Οι παραμορφώσεις που μπορεί να πάθει ένα ελατήριο είναι:

- α) πάντα ελαστικές,
- β) πάντα μόνιμες
- γ) άλλοτε ελαστικές και άλλοτε μόνιμες

Πιέζοντας με το χέρι μας το τοίχωμα του αλουμινένιου κουτιού του δημιουργούμε μια κοιλότητα ,που εξαφανίζεται κατά ένα μέρος της ,όταν απομακρύνουμε το χέρι μας.

Η παραμόρφωση τότε είναι:

- α) ελαστική      β) μόνιμη γ) ούτε ελαστική ούτε μόνιμη

- Ποια από τα παρακάτω σώματα παθαίνουν ελαστικές και ποια μόνιμες παραμορφώσεις; σφουγγάρι, ελατήριο, κερί, πλαστελίνη, αλουμινένιο κουτί, λάστιχο.

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Η αξιολόγηση αποτελεί οργανικό κομμάτι της διδασκαλίας και ορίζεται ως η συστηματική διαδικασία συλλογής πληροφοριών που έχει στόχο να εντοπίσει, να επιβεβαιώσει και να προσδιορίσει την ύπαρξη προβλημάτων και να καταλήξει στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την εκπαίδευση των ατόμων και των διαδικασιών που αξιολογούνται. (Παντελιάδου, 2000).

Ο εκπαιδευτικός παρατηρεί τη μαθησιακή συμπεριφορά και αξιολογεί το σύνολο των παραμέτρων της διδασκαλίας (περιεχόμενο, οργάνωση, υλικά, πρακτικές, στρατηγικές) και τέλος επιβεβαιώνει ή όχι την επιτυχία των στόχων του μαθήματος.

Συνήθως αξιολογούμε τις γνώσεις και τις δεξιότητες των παιδιών, γιατί οι επιδόσεις τους σ' αυτές είναι εύκολο να καταγραφούν. Υποθέτουμε συχνά ότι οι μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες απολαμβάνουν τη συμμετοχή και τη μάθηση σε ομαδικές εργασίες. Στην περίπτωση μας όμως για να μεγιστοποιήσουμε τη μάθηση των παιδιών αυτών δώσαμε έμφαση και αξιολογήσαμε και τον τρόπο συμμετοχής τους στην ομάδα τους και έτσι παρατηρήσαμε και συμπληρώσαμε τον παρακάτω πίνακα:

|   |               |                      |                           |
|---|---------------|----------------------|---------------------------|
| <b>Σύνθεση ομάδας</b>                               |               |                      |                           |
| <b>Η κάθε ομάδα συγκροτήθηκε με βάση:</b>           |               |                      |                           |
| Τυχαία  | Την επίδοση   | Κοινωνικά κριτήρια   | Τις επιθυμίες των παιδιών |
|   |               |                      |                           |
| <b>Η κάθε ομάδα αποτελείται από:</b>                |               |                      |                           |
| 2 άτομα   | 3-4 άτομα     | Πάνω από 5 άτομα     |                           |
|   |               |                      |                           |
| <b>Τα μέλη της ομάδας συνεργάζονται μεταξύ τους</b> |               |                      |                           |
| Για πρώτη φορά                                      | Συχνά         | Σχεδόν πάντα         |                           |
|   |               |                      |                           |
| <b>Οι στόχοι έγιναν αντιληπτοί από τους μαθητές</b> |               |                      |                           |
| ΝΑΙ   |               | ΟΧΙ                  |                           |
|   |               |                      |                           |
| <b>Ο μαθητής με Μ.Δ.</b>                            | <b>Σπάνια</b> | <b>Μερικές φορές</b> | <b>Συχνά</b>              |
| Περιμένει τη σειρά το για να μιλήσει                |               |                      |                           |
| Είναι υπομονετικός                                  |               |                      |                           |
| Συμμετέχει στη συζήτηση                             |               |                      |                           |
| Συμμετέχει στην εκτέλεση των πειραμάτων             |               |                      |                           |
| Λειτουργεί παρορμητικά                              |               |                      |                           |
| Προκαλεί προβλήματα                                 |               |                      |                           |
| Είναι αμέτοχος και αδιάφορος                        |               |                      |                           |
| Είναι ενθουσιώδης και πρόθυμος                      |               |                      |                           |
| Αποδέχεται την κριτική                              |               |                      |                           |
| Διαφωνεί ευγενικά                                   |               |                      |                           |
| Άλλο:   |               |                      |                           |
|   |               |                      |                           |
| <b>Στην ομάδα:</b>                                  | <b>Σπάνια</b> | <b>Μερικές φορές</b> | <b>Συχνά</b>              |
| Οι μαθητές ακούν τις γνώμες των άλλων               |               |                      |                           |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Οι μαθητές συζητούν και αποφασίζουν συναινετικά |  |  |  |
| Κυριαρχεί η γνώμη ενός ή δύο μαθητών            |  |  |  |
| Οι μαθητές συμμετέχουν διαδοχικά στη διαδικασία |  |  |  |
| Ένας εργάζεται ενώ ο άλλος αδιαφορεί            |  |  |  |
| Οι μαθητές είναι φιλικοί                        |  |  |  |
| Άλλο  |  |  |  |
|   |  |  |  |

Για να αξιολογήσουμε τις γνώσεις και τις δεξιότητες των παιδιών και να δούμε αν επιτύχαμε τους στόχους του μαθήματος τους δώσαμε το παρακάτω φύλλο αξιολόγησης.

### ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Όνοματεπώνυμο: .....

Ημερομηνία: .....

*Υπογράμμισε στο παρακάτω κείμενο τις φράσεις που δηλώνουν ότι ασκούνται δυνάμεις.*

«Ο ήχος του ξυπνητηριού ακούστηκε σ' όλο το σπίτι. Η Ελένη έσπρωξε τα σκεπάσματα από πάνω της και σηκώθηκε χωρίς να διαμαρτυρηθεί όπως κάποια άλλα πρωινά. Σήμερα η τάξη της θα επισκεπτόταν το Μουσείο Νικόπολης, κάτι που περίμενε με αγωνία. Φόρεσε βιαστικά τα ρούχα της και έτρεξε στην κουζίνα, τη στιγμή που ανακάτευε το γάλα, το κουταλάκι έπεσε στο πάτωμα. Κοίταξε γύρω της, σήκωσε το κουταλάκι και το έβαλε στο νεροχύτη. Ούτε γάτα, ούτε ζημιά, σκέφτηκε. Κρέμασε στον ώμο της το εκδρομικό σακίδιο και βγήκε από το σπίτι. Στην προσπάθειά της να κλείσει την πόρτα, τα κλειδιά έπεσαν και άρχισαν να κατακυλούν τις σκάλες».

*Σπρώχνω ένα αυτοκινητάκι πάνω στο τζάμι του γραφείου μου στη συνέχεια το αφήνω να κυλάει πάνω σ' αυτό.*

Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Σημειώστε Σ αν είναι σωστή, Λ αν είναι Λάθος

- ☞ Στο αυτοκινητάκι ασκούμε συνέχεια δύναμη
- ☞ Στο αυτοκινητάκι ασκήσαμε μόνο στην αρχή μια δύναμη και στην συνέχεια όχι.
- ☞ Στο αυτοκινητάκι καθώς κινείται δεν του ασκήσαμε καμία δύναμη.

*Καθώς το αυτοκινητάκι κινείται, βάζουμε το χέρι μας και το σταματάμε. Ασκήσαμε δύναμη για να το σταματήσουμε;*

ΝΑΙ

ΌΧΙ

**Καθώς κινείται, προσπάθησε να κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Έβαλες δύναμη για να αλλάξει ταχύτητα;**

ΝΑΙ

ΟΧΙ

**Δώστε ένα παράδειγμα από την καθημερινή σας εμπειρία, όπου οι δυνάμεις:**

α) Κάνουν τα σώματα να αλλάζουν κινητική κατάσταση

.....

β) Προκαλούν στα σώματα παραμορφώσεις

.....

**Πιέζοντας με το χέρι μας το τοίχωμα του αλουμινένιου κουτιού, του δημιουργούμε μια κοιλότητα που εξαφανίζεται κατά ένα μέρος της όταν απομακρύνουμε το χέρι μας. η παραμόρφωση τότε είναι:**

α) ελαστική

β) μόνιμη

γ) ούτε ελαστική, ούτε μόνιμη

(βάλτε X στη σωστή απάντηση)

#### **Αποτελέσματα αξιολόγησης**

Αναφορικά με το σχεδιασμό της οργάνωσης, της λειτουργίας και του τρόπου συμμετοχής των μαθητών στο μάθημά μας διαπιστώσαμε ότι ο αρχικός σχεδιασμός για σχηματισμό τριών ομάδων των δύο ατόμων σύμφωνα με τις επιθυμίες των παιδιών λειτούργησε αποτελεσματικά, βοήθησε τη συνεργασία, το ξεπέρασμα εμποδίων και συνέβαλε στην ενεργητική οικοδόμηση της γνώσης από τους μαθητές. Ειδικότερα φάνηκε ότι οι περισσότεροι μαθητές συχνά περίμεναν τη σειρά τους για να μιλήσουν, ήταν υπομονετικοί, συμμετείχαν στη συζήτηση και στην εκτέλεση των πειραμάτων, αποδέχονταν την κριτική, άκουαν και συνεργάζονταν με τους συμμαθητές τους. Επίσης κάποιες φορές έδειχναν να χάνουν την υπομονή τους και να λειτουργούν παρορμητικά. Έτσι μερικές φορές αποστασιοποιούνταν και κλείνονταν στον εαυτό τους για λίγο ή ήταν ενθουσιώδεις και συμμετείχαν στις διαδικασίες με μεγάλη προθυμία. Σπάνια όμως δημιουργούσαν αξεπέραστα προβλήματα ή προσπαθούσαν να κυριαρχήσουν και να φέρονται με αγένεια ή αδιαφορία.

Αναφορικά με τις γνώσεις, τις δεξιότητες και την επίτευξη των στόχων μας διαπιστώθηκε ότι η διδακτική μας προσέγγιση βοήθησε τους μαθητές μας να κατανοήσουν την έννοια της δύναμης. Ειδικότερα μέσα από τις απαντήσεις που δόθηκαν στην 1<sup>η</sup> ερώτηση φάνηκε ότι οι μαθητές μπόρεσαν να ξεπεράσουν παρανοήσεις σχετικά με τη διάκριση της έννοιας ανάμεσα στη γλώσσα της φυσικής και στη καθημερινή χρήση. Στη 2<sup>η</sup> ερώτηση τέσσερις από τους έξι μαθητές μας απάντησαν σωστά, κάτι που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πλειονότητα των παιδιών μπόρεσε να συσχετίσει τις δυνάμεις με την αλλαγή της κινητικής κατάστασης των σωμάτων. Αυτό επιβεβαιώθηκε και στις απαντήσεις της 3<sup>ης</sup> και της 4<sup>ης</sup> ερώτησης. Όπως ήταν αναμενόμενο τα παιδιά δεν

μπόρεσαν να γράψουν μόνο τους παραδείγματα από την καθημερινή τους εμπειρία ήταν όμως σε θέση να το κάνουν προφορικά, επιβεβαιώνοντας την ανάγκη εναλλακτικών μορφών αξιολόγησης για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες. Οι μορφές εναλλακτικής αξιολόγησης, μπορούν να αξιολογήσουν με αυθεντικότερο τρόπο τη γνώση τους στις Φ.Ε. Μέσα από τις απαντήσεις της τελευταίας ερώτησης διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές μας αντιλαμβάνονται τα αποτελέσματα άσκησης δύναμης.

Τέλος επισημαίνουμε ότι με την αξιολόγησή μας προσπαθήσαμε να ξεφύγουμε από τον παραδοσιακό τρόπο αξιολόγησης, που στηρίζεται κυρίως στην ορθότητα των γραπτών απαντήσεων του φύλλου αξιολόγησης, αλλά να προσεγγίσουμε την αξιολόγησή μας μέσα από τις πράξεις τους και τις εκφράσεις τους, πέρα από τον κόσμο του χαρτιού.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Με την παρούσα εργασία επιχειρήσαμε να ξεφύγουμε από τον κανόνα που θέλει στο σύγχρονο ελληνικό σχολείο να πραγματοποιούνται διδασκαλίες που έχουν τη βάση τους στο σχολικό εγχειρίδιο και προσπαθήσαμε με μια εναλλακτική διδασκαλία να στηρίξουμε αποτελεσματικά τους μαθητές β' γυμνασίου με επίσημα διαγνωσμένες μαθησιακές δυσκολίες και φοιτούν σε τμήμα ένταξης.

Το βασικό ερώτημά μας, που ήταν αν η διδακτική προσέγγιση, που υλοποιήσαμε στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής για την έννοια της δύναμης στο τμήμα ένταξης Β' γυμνασίου, οδήγησε στην οικοδόμηση μιας ποιοτικής και αποτελεσματικής διδασκαλίας, απαντήθηκε θετικά.

Με τις διδακτικές προσεγγίσεις που περιγράψαμε τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της είναι πολύ ενθαρρυντικά όσον αφορά την κατεύθυνση της ποιοτικής προσέγγισης από τους μαθητές με Μ.Δ της έννοιας της δύναμης. Φάνηκε ότι τα παιδιά με τη χρήση των σκόπιμα επιλεγμένων εικόνων ξεπέρασαν εύκολα τις δυσκολίες κατανόησης των γραπτών οδηγιών, της οργάνωσης και της επεξεργασίας πληροφοριών. Μέσα από τις κατάλληλες προσαρμογές, τροποποιήσεις και διευκολύνσεις που επιφέραμε τόσο στο περιεχόμενο όσο και στο περιβάλλον μάθησης κατορθώσαμε να κινητοποιήσουμε τους μαθητές, να δείξουν ενδιαφέρον, να συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία, να συνεργάζονται ουσιαστικά και αποτελεσματικά και να πετυχαίνουν τους στόχους της διδασκαλίας.

Κλείνοντας επισημαίνουμε ότι η προσέγγισή μας είναι απλά μια πρόταση και όχι μια «συνταγή» καθολικής ισχύος. «Συνταγές» δεν υπάρχουν. Το μυστικό της διδακτικής και μαθησιακής επιτυχίας βρίσκεται κρυμμένο στη σχέση του εκπαιδευτικού με τους μαθητές του και στη σχέση αυτή αποδίδουμε ιδιαίτερη βαρύτητα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Βαβουγιός, Δ. & Παντελιάδου, Σ. (2006). Ανάλυση διαφοροποιημένης διδασκαλίας φυσικών επιστημών σε μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες. 3ο Συνέδριο της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Ε.ΔΙ.Φ.Ε.), Βόλος, 6-7 Απριλίου 2006.



- Βλάχος, Ι. (2000). Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, Η πρόταση της Εποικοδόμησης, Γρηγόρης, Αθήνα.
- ΔΕΠΣ-ΑΠΣ ΦΕΚ (303 & 304/13-3-2003)
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985/93), Οι ιδέες των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Ε.Ε.Φ. – Τροχαλία, Αθήνα.
- Driver, Squires, Rushworth & Wood Robinson. (2000), Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών Κόκκοτας, Π. (Επιμέλεια). Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Hewitt, P. (2004), Οι έννοιες της Φυσικής, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Καριώτογλου, Π., Κουμαράς, Π., (1994), Θέματα Διδακτικής Μεθοδολογίας, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.
- Καριώτογλου, Π., Κορομπίλης, Κ., και Κουμαράς, Π., (1997). «Εξακολουθούν να είναι επίκαιρες οι ανακαλυπτικές μέθοδοι διδασκαλίας;», Σύγχρονη Εκπαίδευση, τεύχος 92, σελ. 52-61.
- Καριώτογλου, Π., (2006), Παιδαγωγική γνώση περιεχομένου Φυσικών Επιστημών, Γράφημα, Θεσσαλονίκη.
- Κώτσης, Κ. (2005), Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.
- Μαρκοβίτης, Μ. & Τζουριάδου, Μ. (1991) Μαθησιακές δυσκολίες : Θεωρία και πράξη, Προμηθεύς, Θεσσαλονίκη.
- ΟΕΔΒ, (2007), Φυσική Β' Γυμνασίου, ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- ΟΕΔΒ, (2002), Φυσική Γ' Γυμνασίου, ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- ΟΕΔΒ, (1998), Ερευνώ το φυσικό κόσμο, Ε' τάξη ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- ΟΕΔΒ, (2001), Ερευνώ και ανακαλύπτω, Στ' τάξη, ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- Παντελιάδου Σουζάνα, (2000), Μαθησιακές Δυσκολίες και Εκπαιδευτική Πράξη, Ελληνικά γράμματα, Αθήνα.
- Παντελιάδου, Σ., & Πατσιοδήμου, Α., (2007), Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Π.Τ.Ε.Α., Βόλος.
- Πόρποδας, Κ. (2003), Διαγνωστική Αξιολόγηση και Αντιμετώπιση των Μαθησιακών Δυσκολιών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Σολομωνίδου Χ. (2000). Γνωστικές δυσκολίες για ένα θέμα πάντα επίκαιρο, τη Νευτώνεια Μηχανική. Λογισμικό για διδακτική αντιμετώπιση. Επιθεώρηση Φυσικής, 31, 29-42.

---

# **ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

---

## ***Προτάσεις διεπιστημονικής διδασκαλίας***

---

# Η ‘γλώσσα’ των μαθηματικών στις φυσικές επιστήμες: το παράδειγμα της μέτρησης της ανάπτυξης των φυτών στο νηπιαγωγείο

Αναστασία Ζέζου<sup>1</sup> και Ειρήνη Μπαριανού<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Νηπιαγωγός, zezou@aegean.gr

<sup>2</sup> Νηπιαγωγός, eirinimpar@gmail.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Ο απώτερος σκοπός της παρούσας εργασίας έγκειται στην παρουσίαση μιας διδακτικής πρότασης που αφορά την έννοια της μέτρησης του ύψους των φυτών στο νηπιαγωγείο. Η συγκεκριμένη προσέγγιση βασίστηκε κυρίως στη διαθεματικότητα, καθώς, σχετίζεται τόσο με τον τομέα της μαθηματικής παιδείας, όσο και με τις φυσικές επιστήμες (φυτά, περιβάλλον).*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** νηπιαγωγείο, μέτρηση ύψους, μαθηματικά, φυσικές επιστήμες.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μαθηματικά στην προσχολική αγωγή αποτελούν έναν ξεχωριστό γνωστικό τομέα, σε αντίθεση με τις φυσικές επιστήμες που εντάσσονται στον ευρύτερο τομέα της Μελέτης του Περιβάλλοντος (ΔΕΠΠΣ, ΑΠΣ, 2003). Η πιλοτική εφαρμογή της ψηφιακής ανάρτησης του Νέου Σχολείου (2011) κατατάσσει τις φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά ως δυο διακριτά γνωστικά αντικείμενα, μεταξύ των οκτώ μαθησιακών περιοχών.

Σε κάθε περίπτωση και στα δυο ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα σπουδών, η σύνδεση μεταξύ των γνωστικών πεδίων θεωρείται αναγκαία, καθιστώντας τη διαθεματικότητα βασικό πυλώνα σχεδιασμού δράσεων στο νηπιαγωγείο είτε πρόκειται για θεματικές προσεγγίσεις είτε για σχέδια εργασίας (project). Έτσι, η οργάνωση δραστηριοτήτων στην προσχολική αγωγή συνδέεται με την πολύπλευρη διερεύνηση ενός θέματος, που άπτεται πολλών γνωστικών πεδίων.

Ειδικότερα, στο πρόγραμμα σπουδών, τα μαθηματικά καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εννοιών, μεταξύ των οποίων και η μέτρηση, που θεωρείται απαραίτητη τόσο για την επίλυση προβλημάτων της καθημερινότητάς, όσο και για την ποσοτικοποίηση του κόσμου που ζούμε. Έτσι, η μέτρηση του μήκους θεωρείται μια εξελισσόμενη με αργούς ρυθμούς διαδικασία, την οποία τα νήπια έχουν τη δυνατότητα να προσεγγίσουν, αποτελώντας τη βάση για την κατανόηση συνθετότερων εννοιών, όπως το εμβαδόν και ο

όγκος (Antonopoulos, Zacharos & Ravanis, 2009; Kamii & Clark 1997; Καρούση & Σκουμπούρη, 2008; NCTM, 2000; Sarama, Clements, Barrett, Van Dine, & McDonel, 2011; Szilagyi, Clements, & Sarama, 2013; Skoumpourdi, 2015; Zacharos & Kassara, 2012).

Μάλιστα, το μήκος ευθύγραμμου τμήματος θεωρείται αναγκαίο να κατανοηθεί πολύπλευρα, είτε ως μέγεθος καθαυτό, είτε ως μήκος ή πλάτος σχήματος είτε ως ύψος στερεού είτε ως απόσταση δύο σημείων που έχει διανυθεί είτε ως κίνηση ανάμεσα σε δύο σημεία ή από ένα σημείο σε ένα άλλο (Καρούση & Σκουμπούρη, 2008: 127). Ως εκ τούτου, για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εργασίας θα παρουσιάσουμε τη διάσταση της μέτρησης του ύψους.

Επιπρόσθετα, τα νήπια επιδεικνύουν ενδιαφέρον για τη μέτρηση, παρά τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν, όπως ο τρόπος μέτρησης, η χρήση του χάρακα, η επιλογή της μονάδας μέτρησης, η επανάληψη της μονάδας, κτλ (Barrett, Jones, Thornton, & Dickson, 2003). Συνεπώς, το νηπιαγωγείο μπορεί να συστηματοποιήσει αυτό το ενδιαφέρον σε συνδυασμό με τις ανάγκες των παιδιών (Barrett et. al., 2011; Καρούση & Σκουμπούρη, 2008). Επομένως, η επιστημονική ενημέρωση και ευρύτερη γνώση από το/τη νηπιαγωγό καθίσταται ο θεμελιώδης λίθος της διαμόρφωσης αντίστοιχων μαθητοκεντρικών δραστηριοτήτων με βάση το παιχνίδι και τις βιωματικές εμπειρίες.

Βέβαια, η μέτρηση αφορά και τον τομέα της μάθησης στις φυσικές επιστήμες. Σε συνδυασμό με το 'γραμματισμό στις φυσικές επιστήμες', που θεωρείται θεμελιώδες στοιχείο, αφού περιλαμβάνει την ανάπτυξη στρατηγικών, όπως η συστηματική παρατήρηση, η καταγραφή δεδομένων, η ερμηνεία, η διατύπωση προβλέψεων, η διαπραγμάτευση ιδεών, η εξαγωγή συμπερασμάτων και ο αναστοχασμός, δίνεται η ευκαιρία να υλοποιηθούν δραστηριότητες που συγκεράζουν τα δυο επιστημονικά πεδία.

Ως εκ τούτου, οι πρώιμες εμπειρίες στο νηπιαγωγείο που σχετίζονται με τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες, συνδέουν τα παιδιά με την πραγματική ζωή, συνδράμουν στην ικανότητα ανάπτυξης σύνθετης και αφαιρετικής σκέψης και οδηγούν στη γνώση βασικών μαθηματικών δεξιοτήτων και δεξιοτήτων στις φυσικές επιστήμες, δημιουργώντας ισχυρές επιστημονικές βάσεις για το μέλλον του παιδιού και γεφυρώνοντας το τυχόν χάσμα και τις ελλείψεις του οικογενειακού και κοινωνικού περιγύρου (Clements & Stephan, 2004).

## **ΣΧΕΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ ΘΕΜΑ: «ΜΕΤΡΩ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ»**

Η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκε στο 2<sup>ο</sup> Νηπιαγωγείο Κρεμαστής Ρόδου με δυναμικότητα 24 παιδιών (12 αγόρια και 12 κορίτσια) και είχε διάρκεια 4 εβδομάδες (Απρίλιος-Μάιος 2018). Το σχέδιο εργασίας εντάσσεται στο γνωστικό τομέα της Μελέτης του Ανθρωπογενούς Περιβάλλοντος και των Μαθηματικών, σύμφωνα με το ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ του 2003, με επέκταση στη γνωστική περιοχή της Γλώσσας, της Εικαστικής έκφρασης, των ΤΠΕ και της συνεργασίας με την οικογένεια.

Το συγκεκριμένο project ξεκίνησε μέσα στο πλαίσιο μιας πιο διευρυμένης ενότητας, που αφορούσε τη γνωριμία των νηπίων με τα φυτά και τα μέρη τους, καθώς και τους παράγοντες της ανάπτυξής τους.

Αφόρμηση απετέλεσε ένα τυχαίο γεγονός, όπου τα νήπια άρχισαν να αναρωτούνται, παρατηρώντας τα φυτά που μεγάλωναν, πώς θα μπορούσαν να μετρήσουν ποιο φυτό είναι το πιο ψηλό και άρα ποιο μεγαλώνει γρηγορότερα.

Οι στόχοι που τέθηκαν στη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν οι μαθητές: α) να μάθουν να χρησιμοποιούν συμβατικές και μη συμβατικές μονάδες (standard and non-standard) μέτρησης μήκους-ύψους των φυτών β) να καταγράψουν το αποτέλεσμα της μέτρησης (πίνακες διπλής εισόδου), προβαίνοντας σε συγκρίσεις και συμπεράσματα. Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε κυρίως η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία (μικρές ομάδες παιδιών) και η διαθεματική και διερευνητική προσέγγιση.

Αρχικώς, έγινε μια έρευνα πεδίου από τη νηπιαγωγό, ώστε αφενός να διαπιστωθεί γενικά τι γνωρίζουν τα παιδιά σε σχέση με τη σύγκριση του ύψους διαφόρων αντικειμένων και αφετέρου να εκφράσουν τις απόψεις τους για το τι θεωρούν ότι είναι ύψος και πώς μπορούν να το μετρήσουν. Διαπιστώθηκε, μέσα από την ανάγνωση του παραμυθιού *Ο Τζακ και η φασολιά* των αδερφών Γκριμ, ότι τα παιδιά γνώριζαν τη λέξη 'ύψος', την οποία μπορούσαν να αποτυπώσουν λεκτικά, εικαστικά και με παραδείγματα αντικειμένων ή προσώπων από την τάξη ή το ευρύτερο περιβάλλον τους. Επιπλέον, γνώριζαν ότι το ύψος μετριέται με το μέτρο και τη μεζούρα, παρόλο που δεν μπορούσαν να τα χρησιμοποιήσουν επαρκώς. Αρχικώς, υπήρχε μια δυσκολία στη μέτρηση του ύψους τρισδιάστατων αντικειμένων, διότι οι μαθητές συνέχισαν το ύψος με το πλάτος και το μήκος. Η λύση δόθηκε με την οδηγία «αν το καρεκλάκι ήταν άνθρωπος, πώς θα μετρούσαμε πόσο ψηλό είναι;».

Παράλληλα, αν και τα νήπια δεν πρότειναν άτυπες μονάδες μέτρησης αλλά η νηπιαγωγός, εν τούτοις είχαν την ικανότητα να προβούν επαρκώς και με σχετική ακρίβεια σε μέτρηση με μη συμβατικές μονάδες μέτρησης ύψους (καπάκια από μαρκαδόρους και μπουκάλια, κυβάκια, κτλ). Υπήρχε σχετική δυσκολία στη χρήση του χάρακα και της μεζούρας, παρόλο που τα νήπια είχαν σχετικές εμπειρίες από την αρχή της σχολικής χρονιάς.

Στη συνέχεια, υλοποιήθηκαν διάφορες δραστηριότητες. Συγκεκριμένα, φυτεύτηκαν σπόροι φασολιών σε πλαστικά, αριθμημένα γλαστράκια, τα οποία τοποθετήθηκαν στο περβάζι (φως) και ποτίζονταν, ανά ομάδες παιδιών, κάθε τρεις ημέρες. Κάθε Παρασκευή οι μαθητές μετρούσαν το ύψος των φυτών, σημαδεύοντας με μαρκαδόρο τα γλωσσοπίεστρα, που είχαν τοποθετηθεί μέσα στη γλάστρα, και μετρώντας τα με κορδόνια, παραμάνες, κυβάκια κτλ. Επίσης, τα φυτά φωτογραφίζονταν κάθε φορά που γινόταν η μέτρηση του ύψους. Προκειμένου να μην υπάρχει ζήτημα ειδικά με τη μέτρηση δεκαδικού τμήματος, κρίθηκε αναγκαία η χρησιμοποίηση των εκφράσεων π.χ. 'πιο λίγο από 3 κυβάκια' (-) και 'πιο πολύ από 3 κυβάκια' (+) (εικόνες 1, 2, 3).

**Εικόνες 1, 2, 3: Μέτρηση των φυτών με άτυπες μονάδες μέτρησης**



Στη συνέχεια οι μαθητές κατέγραφαν σε πίνακα διπλής εισόδου με άξονες τον αριθμό της γλάστρας και την ημερομηνία καταγραφής, το ύψος κάθε φυτού. Επίσης, γινόταν προσπάθεια πρόβλεψης του πιθανού ύψους κάθε φυτού μέχρι την επομένη μέτρηση και αντίστοιχες συγκρίσεις. Έπειτα, χρησιμοποιήθηκε και ‘κατασκευασμένος’ χάρακας, προκειμένου να γίνει μέτρηση. Στο τέλος δημιουργήθηκε ένα κολλάζ, ένα flip-book ανάπτυξης-ύψους φυτών, καθώς και ένα παιχνίδι με τοποθέτηση εικόνων σε σειρά. Επίσης, με τη βοήθεια των κύβων υλοποιήθηκε γραφική αναπαράσταση του τελικού ύψους κάθε φυτού. Παρακολούθησαμε και στο you tube το animation του παιδικού εικονοβιβλίου *How big is a foot* (Rolf Myller) και τα παιδιά συζήτησαν και έπαιξαν θεατρικό παιχνίδι και έκαναν αντίστοιχες μετρήσεις (εικόνες 4, 5, 6).

**Εικόνες 4, 5, 6: Πίνακας διπλής εισόδου και γραφική αναπαράσταση της μέτρησης του ύψους των φυτών**



Όσο αφορά στη διάχυση της δράσης μας, παρουσιάστηκαν τα συμπεράσματα στο άλλο τμήμα του νηπιαγωγείου και προτάθηκε στους γονείς να πράξουν το ίδιο στο σπίτι με ένα μικρό φυτό, το οποίο αφού θα μεγάλωνε αρκετά θα το έφερναν στο νηπιαγωγείο, προκειμένου να διακοσμηθεί η αυλή.

Αναφορικά με την αξιολόγηση του προγράμματος, διατηρήθηκε αμείωτο το ενδιαφέρον των παιδιών, υπήρξε αποτελεσματική συνεργασία μεταξύ τους και υλοποιήθηκαν με επιτυχία οι προαναφερόμενοι στόχοι. Η νηπιαγωγός λειτούργησε ως εμπνευστήρια και συνεργάτιδα, τροποποιώντας τις δράσεις ανάλογα με το ενδιαφέρον, τα ερωτήματα και τις τυχόν δυσκολίες των παιδιών, προσφέροντας εναλλακτικούς τρόπους μάθησης.

**ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Από τα προαναφερόμενα γίνεται αντιληπτό ότι τα νήπια μέσα από μια οργανωμένη εκπαιδευτική δράση βελτίωσαν τον τρόπο σκέψης τους, μαθαίνοντας τόσο για την έννοια του ύψους, όσο και αποκτώντας δεξιότητες για τη μέτρησή του, μέσα από την ανάπτυξη

στρατηγικών και πειραματισμών. Επομένως, η ενθάρρυνση σχεδιασμού και υλοποίησης αντίστοιχων σχεδίων στο νηπιαγωγείο αποτελεί το διακύβευμα της παρούσας εργασίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Antonopoulos, K., Zacharos, K., & Ravanis, K. (2009). Measurement activities and teaching interaction in early childhood education. In M. Paramythiotou & C. Angelaki (Eds), *Proceedings of the O.M.E.P. European Regional Meeting and Conference* (pp. 55-63). Syros, Greece.
- Barrett, J. E., Cullen, C., Sarama, J., Clements, D. H., Klanderma, D., Miller, A. L., & Rumsey, C. (2011). Children's unit concepts in measurement: a teaching experiment spanning grades 2 through 5. *ZDM Mathematics Education*, 43, 637-650.
- Barrett, J. E., Jones, G., Thornton, C. & Dickson, S. (2003). Understanding children's developing strategies and concepts for length. In D. H. Clements & G. Bright (Eds), *Learning and teaching measurement: 2003 Yearbook* (pp. 17-30). Reston, VA: NCTM.
- Clements, D. H., & Stephan, M. (2004). Measurement in Pre-K to Grade 2 Mathematics. In D.H. Clements, J. Sarama & A. M. DiBiase (Eds). *Engaging young children in mathematics. Standards for early childhood mathematics education* (pp. 299-317). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- ΔΕΠΠΣ, (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Σπουδών, Προγραμμάτων Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο*, Φ.Ε.Κ. τεύχος Β', αρ. φύλλου 304/13-03-03, Αθήνα: ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>
- Kamii, C., & Clark, F. B. (1997). Measurement of Length: The need for a better approach to teaching. *Journal of School Science and Mathematics*, 97, 116-121.
- Καφούση, Σ., & Σκουμπουρδή, Χ. (2008). *Τα μαθηματικά των παιδιών 4-6 ετών. Αριθμοί και χώρος*. Αθήνα: Πατάκη
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ, (2011). *Σχολείο 21ου αιώνα- Νέο Πιλοτικό Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου*. Αθήνα: ΥΠΑΙΘ. <http://ebooks.edu.gr>
- Sarama, J., Clements, D. H., Barrett, J., Van Dine, D. W., & McDonel, J. S. (2011). Evaluation of a learning trajectory for length in the early years. *ZDM Mathematics Education*, 43, 667-680.
- Skoumpourdi, C. (2015). Kindergartners measuring length. *Proceedings of the Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp.1989-1995). Prague, Czech Republic.
- Szilagyi, J., Clements, D.H., & Sarama, J. (2013). Young children's understandings of length measurement: Evaluating a learning trajectory. *International Journal on Mathematics Education*, 44(3), 581-620.
- Zacharos, K., & Kassara, G. (2012). The development of practices for measuring length in preschool education. *Skhole*, 17, 97-103.



# Μαθηματικά και Χημεία στην προσχολική ηλικία: διδασκαλία της έννοιας της ταξινόμησης των οξέων και των βάσεων

Ειρήνη Μπαριανού<sup>1</sup> και Αναστασία Ζέζου<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Νηπιαγωγός, eirinimpar@hotmail.com

<sup>2</sup> Νηπιαγωγός, zezou@aegean.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Στην παρούσα εργασία εξετάζουμε τη διδακτική προσέγγιση των σχέσεων μεταξύ των μαθηματικών και της επιστήμης της χημείας. Έτσι, παρουσιάζουμε δραστηριότητες που αφορούν την ταξινόμηση στην προσχολική ηλικία μέσω πειραματικών διεργασιών, που αφορούν τις ιδιότητες των οξέων και των βάσεων (acids & bases) και τη χρήση δεικτών.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** ταξινόμηση, οξέα, βάσεις, δείκτης

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μαθηματικά και οι φυσικές επιστήμες αποτελούν ένα μέρος του ισχύοντος αναλυτικού προγράμματος του νηπιαγωγείου (ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ 2003). Ειδικότερα, οι φυσικές επιστήμες εμπεριέχονται στο γνωστικό τομέα της Μελέτης Περιβάλλοντος. Αυτό που είναι σημαντικό έγκειται στην απουσία οποιασδήποτε λεκτικής αναφοράς στην επιστήμη της χημείας, κάτι που επίσης παρατηρούμε και στο νέο ηλεκτρονικό αναλυτικό πρόγραμμα του 2011. Η σύνδεση της διδακτικής πράξης με το γνωστικό πεδίο της χημείας συντελείται εμμέσως με την αναφορά, κυρίως, της ανάπτυξης του επιστημονικού τρόπου σκέψης των παιδιών (Eshach & Fried, 2005; Ραβάνης, 1999).

Προφανώς, η επιστήμη της χημείας θεωρείται πολύπλοκη, επικίνδυνη, από την άποψη της ασφάλειας, και εξαιρετικά αφαιρετική για τα παιδιά που φοιτούν στο νηπιαγωγείο, παρόλο που αποτελεί σημαντικό κομμάτι της καθημερινής ζωής (υγιεινή, μαγειρική, διατροφή, προστασία περιβάλλοντος) και παρόλο που τα νήπια εκφράζουν σχετικούς προβληματισμούς, όπως π. χ. ερωτήματα για τα σκουριασμένα αντικείμενα ή την κομποστοποίηση.

Επίσης, οι έρευνες και οι μελέτες, που αφορούν τις ιδέες, τις δυσκολίες των παιδιών, τις διδακτικές προτάσεις, πολλές φορές συνδεδεμένες με τις ΤΠΕ (μοντελοποίηση, εκπαιδευτικά λογισμικά), σχετικά με έννοιες της χημείας, αφορούν κυρίως τα παιδιά των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου και της δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Bulte, Westbroek, De Jong & Pilot, 2006; De Jong &

Taber, 2007; Dreschler, 2007; Hatzinikita & Koulaïdis, 1998; Σμυρναίου, Κόμης, Δημητρακοπούλου, 2008).

Βέβαια, υπάρχουν στο διαδίκτυο ιστοσελίδες, που προτείνουν πειράματα χημείας για μικρά παιδιά, τα οποία και είναι γεγονός ότι αποτελούν εστίες εξαιρετικού ενδιαφέροντος για τα νήπια, όταν υλοποιούνται στις τάξεις των νηπιαγωγείων. Όμως, είναι ελάχιστες οι τεκμηριωμένες μελέτες και έρευνες, διεθνώς, που να συνδέουν την επιστήμη της χημείας με τη διδακτική πρακτική στην προσχολική εκπαίδευση και να αποτελούν εκπαιδευτικό εργαλείο για τον/την νηπιαγωγό.

Από την αναδίφηση των υφιστάμενων μελετών, έστω κι αν πρόκειται για μαθητές του δημοτικού σχολείου, προκύπτει ότι αφενός οι κύριοι στόχοι της ενασχόλησης με τη χημεία αποτελούν η ευχαρίστηση των παιδιών, η υιοθέτηση επιστημονικών τρόπων σκέψης (παρατήρηση, ερωτήματα, υποθέσεις, πείραμα, επαλήθευση, καταγραφή, συμπέρασμα) και ότι αφετέρου παρατηρείται συχνά το φαινόμενο ακόμη και οι μεγαλύτεροι ηλικιακά μαθητές, να δυσκολεύονται να συσχετίσουν τα επιστημονικά δεδομένα της χημείας με φαινόμενα και υλικά της καθημερινής ζωής (Hatzinikita & Koulaïdis, 1998; Stavridou & Solomonidou, 2000).

Ειδικότερα, σχετικά με τα οξέα και τις βάσεις, οι μαθητές πολλές φορές θεωρούν ότι όσο μεγαλύτερη ποσότητα του δείκτη χρησιμοποιήσουν, τόσο πιο έντονο θα είναι το χρώμα που θα προκύψει, ενώ δυσκολεύονται να καταλήξουν σε γενικεύσεις-συμπεράσματα, παρά την επαναλαμβανόμενη υλοποίηση πειραμάτων (Andritsakis, Psaromiligkos, Petropoulou, O., & Retalis, S. (n.d.); Hand & Treagust, 1988; Σμυρναίου, Κόμης, Δημητρακοπούλου, 2008, Steiner, 1984).

Παράλληλα, η ταξινόμηση αποτελεί μια μαθηματική έννοια για την οποία τα νήπια επιδεικνύουν φυσικό ενδιαφέρον (NCTM, 2000: 37), αφού τους δίνει τη δυνατότητα να προβούν στην κατανόηση των σχέσεων, να προωθήσουν τη λογική σκέψη, να συγκρίνουν και να εφαρμόζουν κανόνες, να διαμορφώνουν νοητικά μοντέλα για την οργάνωση της καθημερινότητας. Έτσι, το Νηπιαγωγείο καλείται να συνδράμει, ώστε τα παιδιά προσχολικής και πρωτοσχολικής ηλικίας να συστηματοποιήσουν τις προηγούμενες εμπειρίες τους και να χρησιμοποιούν κριτήρια, επιχειρηματολογώντας για κάθε τους ταξινόμηση (Καφούση & Σκουμπουρδή, 2008; Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001).

Επομένως, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιούμε τη ‘γλώσσα’ των μαθηματικών, προκειμένου να υλοποιήσουμε δραστηριότητες, που αφορούν πειράματα χημείας, μέσα σε ένα διαθεματικό πλαίσιο προσέγγισης της γνώσης (Charlesworth, 2016).

## **ΣΧΕΔΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : ΤΑ ΟΞΕΑ ΚΑΙ ΟΙ ΒΑΣΕΙΣ**

Η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκε στο 2ο Νηπιαγωγείο Κρεμαστής Ρόδου με δυναμικότητα 16 παιδιών (8 αγόρια και 8 κορίτσια) και είχε διάρκεια 2 εβδομάδες (Μάιος 2018). Οι δραστηριότητες περιελάμβαναν δημιουργία δείκτη από απλά υλικά, κατηγοριοποιήσεις-ταξινομήσεις, συζητήσεις, ερωτήματα, παρατηρήσεις, πειραματισμούς, διατύπωση υποθέσεων και πειραματικό έλεγχο αυτών.

Χρησιμοποιήθηκε η διαθεματική και διερευνητική προσέγγιση, ενώ δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην ασφάλεια των παιδιών, αναφορικά με την επιλογή των υλικών.

Αφορμή για τη συγκεκριμένη θεματική προσέγγιση αποτέλεσε αφενός το ενδιαφέρον των νηπιαγωγών για την επιστήμη της χημείας και μάλιστα των πειραμάτων στο νηπιαγωγείο και αφετέρου το ενδιαφέρον που επέδειξαν τα παιδιά, όταν λίγους μήνες πριν, ο πατέρας ενός νηπίου (χημικός στο επάγγελμα) τους έφτιαξε την 'οδοντόκρεμα του ελέφαντα', προκαλώντας ενθουσιασμό στην τάξη. Παράλληλα, η προετοιμασία του προγράμματος από τις νηπιαγωγούς απαιτήσε τόσο τη θεωρητική μελέτη, όσο και την επικοινωνία με ειδικούς.

Οι στόχοι που τέθηκαν ήταν: α) τα νήπια να μάθουν πώς φτιάχνεται ένας φυσικός δείκτης (indicator) β) να μπορούν να ταξινομούν υλικά της καθημερινότητας σε δυο κατηγορίες (βάσεις-οξέα), ανάλογα με το χρώμα του υλικού (pH scale), που προέκυπτε από την επαφή με το δείκτη.

Ως αφορμή για διαβάσαμε το βιβλίο «Ο βασιλιάς Σαλίγκαρος και η μάγισσα Ξιδού». Μέσα από το παραμύθι ξεπήδησε μια κούκλα κουκλοθεάτρου-μάγισσα κρατώντας ένα μπουκάλι ξύδι και άρχισε να συζητά με τα παιδιά. Έτσι, έθεσε ερωτήσεις σχετικά με το τι ήξεραν τα παιδιά για το ξύδι και τις μάγισσες και στο τέλος τα προσκάλεσε στο σπίτι της, για να τη βοηθήσουν να ετοιμάσει τα μαγικά της φίλτρα. Εκεί τους έδειξε ένα ράφι με χρωματιστά χαρτόνια στη σειρά, (pH scale), που ήταν αριθμημένα από το 0-14. Το ράφι χωριζόταν σε δυο τμήματα: ΟΞΕΑ & ΒΑΣΕΙΣ. Ήταν το μέρος που θα ταξινομούσαν τα φίλτρα, όταν θα τα έφτιαχναν.

Στη συνέχεια, η μάγισσα έβγαλε από το μαγικό της σακούλι ένα κόκκινο λάχανο, το έκοψε σε μεγάλα κομμάτια και τα έδωσε στα παιδιά για να τα κόψουν σε μικρότερα. Έδωσε οδηγία να τα τοποθετήσουν σε μια κατσαρόλα και όλοι μαζί πήγαν στην κουζίνα, όπου η νηπιαγωγός το έβρασε για 15 λεπτά. Στη συνέχεια, το άφησαν να κρυώσει και μετά το σούρωσαν σε ένα πλαστικό μπουλ. Ήταν ένας Λαχανοδείκτης, που ήταν σημαντικός για να φτιαχτούν τα φίλτρα.

Έπειτα, σε διαφανή πλαστικά ποτήρια, ανά ομάδα, δόθηκαν οικεία προϊόντα για τα παιδιά (χυμός λεμονιού και πορτοκαλιού, υγρό πιάτων, σόδα, αμμωνία, χυμός ντομάτας, καφές, μπανάνα), τα οποία και τα νήπια ανακάτεψαν με λίγο νερό. Έριξαν με ένα κουταλάκι (και με την πιπέτα) λίγο από το Λαχανοδείκτη και παρατήρησαν ότι αλλάζει το χρώμα. Επανάλαβαν τη διαδικασία και αυτήν τη φορά κατέγραφαν το χρώμα που προέκυπτε σε φύλλο εργασίας με βάση την κλίμακα pH (πίνακας αναφοράς το ράφι) (εικόνες 1, 2, 3).

### Εικόνες 1, 2, 3: Κατασκευή και χρήση 'Λαχανοδείκτη'



Στη συνέχεια, ταξινομήσαν τα μαγικά φίλτρα στο ράφι (οξέα/βάσεις), αφού τα έκλεισαν σε πλαστικά μπουκαλάκια πάνω στα οποία κόλλησαν εικόνα του αρχικού υλικού. Κατέγραψαν και σε πίνακες τα αποτελέσματα της κατασκευής των φίλτρων τους.

Στο τέλος η μάγισσα ζήτησε από τα παιδιά να ζωγραφίσουν όλη τη διαδικασία κατασκευής των φίλτρων και να συζητήσουν στην ολομέλεια. Παράλληλα, τους έδωσε πλαστελίνες, για να κατασκευάσουν το δικό τους πίνακα pH, ώστε να εργάζονται ατομικά, όποτε επιθυμούν. Επίσης, τους έδωσε πίνακες με εικόνες καθημερινών προϊόντων και το pH τους (ακέραιος αριθμός), ώστε να τα ταξινομήσουν ως οξύ ή βάση (πίνακας αναφοράς το ράφι της μάγισσας), ενώ με πεχαμετρικό χαρτί μέτρησαν το pH σε οικεία προϊόντα, όπως οδοντόκρεμα, υγρό σαπούνι, γάλα κ.α. (εικόνες 4, 5).

**Εικόνες 4, 5:** Ταξινόμηση οξέων και βάσεων και δημιουργία πίνακα pH



### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

Σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος οι μαθητές επέδειξαν ζωνρό ενδιαφέρον, συνεργάστηκαν, εξέφρασαν απόψεις, διασκέδασαν και ενθαρρύνθηκαν τόσο στην πρόβλεψη των αποτελεσμάτων, όσο και στην επιχειρηματολογία (εξήγηση κατάταξης των φίλτρων). Γενικότερα, όλοι οι στόχοι της διδασκαλίας υλοποιήθηκαν.

Επιπροσθέτως, αξίζει να σημειωθεί ότι, οι δραστηριότητες ήταν οργανωμένες και μελετημένες ίσως, σε ένα βαθμό, και κατευθυνόμενες από τον εκπαιδευτικό, κάτι όμως που δεν απέτρεψε την περαιτέρω διερεύνηση και ενασχόληση των μαθητών.

Τα ερωτήματα που προέκυπταν συνεχώς έθεταν τους εκπαιδευτικούς σε εγρήγορση και σε αναζήτηση πρόσθετης επιστημονικής βοήθειας, συμβάλλοντας έτσι αφενός στη διεύρυνση του γνωστικού τους ορίζοντα και αφετέρου στη διαμόρφωση διαθεματικής διδασκαλίας.

### **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά το διευθυντή του Χημείου του κράτους στο παράρτημα της Ρόδου (Χημική Υπηρεσία Αιγαίου) Δρ κ. Μάτση Βασιλείο, καθώς και τον καθηγητή χημείας του Λυκείου Κρεμαστής κ. Μαγαλιό Βάιο για τη πολύτιμη βοήθεια και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Andritsakis, P., Psaromiligkos, Y., Petropoulou, O., & Retalis, S. (n.d.). *Acids, Bases, Salts: All acids are harmful-or are they? Sails Inquiry and Assessment Units:*

- Volume One, pp. 11-27. Ανακτήθηκε 25 Αυγούστου 2018 από [http://www.sails-project.eu/sites/default/files/units/SAILS-unit\\_Acids-bases-salts.pdf](http://www.sails-project.eu/sites/default/files/units/SAILS-unit_Acids-bases-salts.pdf)
- Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., De Jong, O., & Pilot, A. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education Using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 1063-1086.
- Charlesworth, R. (2016). *Math and Science for young children*. USA: Cengage Learning.
- De Jong, O., & Taber, K. S. (2007). Teaching and Learning the Many Faces of Chemistry. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 631-652). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- ΔΕΠΠΣ, (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Σπουδών, Προγραμμάτων Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο*, Φ.Ε.Κ. τεύχος Β', αρ. φύλλου 304/13-03-03, Αθήνα: ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. <http://www.pi-schools.gr/programs/depps>
- Drechsler, M. (2007). *Models in chemistry education: A study of teaching and learning acids and bases in Swedish upper secondary schools*. Karlstad University, Karlstad.
- Eshach, H., & Fried, M. (2005). Should science be taught in early childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14, 315–336.
- Hatzinikita, V. & Koulaïdis, V. (1998). Représentations des élèves de l'école primaire sur les changements des systèmes physico-chimiques: système de classification. *Didaskalia*, 12, 93- 114.
- Hand, B. M. & Treagust, D. F. (1988). Application of a conceptual conflict teaching strategy to enhance student learning of acids and bases: a two year study. *Research in Science Education*, 18, 53-63.
- Καρούση, Σ. & Σκουμπουρδή, Χ. (2008). *Τα μαθηματικά των παιδιών 4-6 ετών. Αριθμοί και Χώρος*. Αθήνα: Πατάκης.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (2001). *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Ραβάνης, Κ. (1999). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Σμυρναίου, Ζ., Κόμης, Β., & Δημητρακοπούλου, Α. (2008). Μελέτη των συλλογισμών των μαθητών ΣΤ' Δημοτικού σχολείου με χρήση βίντεο, πειραματικής διαδικασίας και εκπαιδευτικού λογισμικού: Η περίπτωση των οξέων και των βάσεων. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 1 (1), 9-32.
- Stavridou, H. & Solomonidou, Ch. (2000). Représentations et conceptions des élèves grecs par rapport au concept d'équilibre chimique. *Didaskalia*, 16, 107-134.
- Steiner, R. (1984). Chemistry for the kindergarten classroom. *Chemistry for Kids*, 61 (11), 1013-1014.

# Ανάπτυξη και αξιολόγηση δεξιοτήτων κριτικής σκέψης για την καλύτερη κατανόηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών, μέσα από την παρατήρηση και περιγραφή έργου τέχνης. Το πρόγραμμα Artful Thinking

Χαράλαμπος Μπαμπαρούτσος

[hababar04@gmail.com](mailto:hababar04@gmail.com)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Οι ραγδαίες κοινωνικές και οικονομικές αλλαγές, που βιώνουμε στις μέρες μας, επηρεάζουν άμεσα και την εκπαίδευση, μετατοπίζοντας το ενδιαφέρον από τη μετάδοση γνώσεων στην ανάπτυξη των οριζόντιων ικανοτήτων των μαθητών. Ως εκ τούτου, αναδεικνύεται η σημασία της κριτικής σκέψης, η οποία είναι εγκάρσια ικανότητα που διαπερνά και συντελεί στην ανάπτυξη όλων των οριζόντιων ικανοτήτων, αποτελεί καίριο σημείο για τη δια βίου μάθηση και η ανάπτυξή της είναι απαραίτητη προκειμένου να μπορέσει το άτομο να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της σύγχρονης πραγματικότητας. Στο σύγχρονο σχολείο αποτυπώνεται η αναγκαιότητα ανανέωσης και εμπλουτισμού των μεθόδων και των εργαλείων διδασκαλίας στα διάφορα γνωστικά αντικείμενα και ειδικότερα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, προκειμένου οι μαθητές να διασαφηνίζουν και να κατανοούν καλύτερα τις έννοιες και φαινόμενα και να τα προσεγγίζουν καλλιεργώντας τη δημιουργική και κριτική σκέψη.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** κριτική σκέψη, φυσικές επιστήμες, έργο τέχνης, Artful Thinking

## ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΚΡΙΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

Η κριτική σκέψη είναι μια έννοια η οποία έχει επιδεχθεί πλήθος ορισμών. Συχνά αναλύεται σε επιμέρους δεξιότητες οι οποίες πρέπει να αναπτυχθούν, προκειμένου να τεθούν οι βάσεις ώστε το άτομο να είναι σε θέση να εξάγει συμπεράσματα, να κάνει προβλέψεις και να λαμβάνει αποφάσεις βασισμένο σε δεδομένα, να εξετάζει τις παραδοχές των άλλων αλλά και τις δικές του, να μην περιορίζουν τη δράση του προκαταλήψεις και στερεοτυπικές απόψεις (Dewey, 1910· Glaser, 1941· Ennis, 1993, 2011· Paul, 1990, 1997, 2008). Η κριτική σκέψη, επίσης, αναφέρεται και στη μεταγνώση, δηλαδή στην εξέταση του τρόπου σκέψης, στη συνειδητοποίηση της πορείας σκέψης, στη συνειδητοποίηση της μεταβολής του τρόπου σκέψης, στην επίγνωση των αντιλήψεων

(Kegan, 1994). Τέλος, το κριτικά σκεπτόμενο άτομο χρειάζεται να έχει και τη διάθεση να σκεφτεί κριτικά, να δείχνει ανοχή στην αβεβαιότητα, να είναι γι' αυτό στάση και έξη η κριτική εξέταση των πραγμάτων, ώστε σε συνδυασμό με το γνωστικό του απόθεμα να επεξεργάζεται δεδομένα και να επιλύει προβληματικές καταστάσεις (Elder, 2007· Perkins, 1989).

Κρίσιμη περίοδος για την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης είναι η παιδική και εφηβική ηλικία, επομένως είναι καίριος ο ρόλος του σχολείου, και στην περίπτωση μας του Δημοτικού Σχολείου, στην ανάπτυξή της. Χρειάζεται να τεθεί στο επίκεντρο η σκέψη και να πάρει τη θέση της απομνημόνευσης και της πληροφόρησης. Η κατανόηση και η μεταφορά της γνώσης, οι λογικοί συλλογισμοί, η ενεργός εμπλοκή των μαθητών, η αξιοποίηση των εμπειριών και των ιδεών τους είναι συνθήκες και προϋποθέσεις ανάπτυξης της κριτικής σκέψης.

## **Η ΤΕΧΝΗ ΣΤΗΝ ΚΡΙΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ**

Ο Dewey, από το 1934 είχε επισημάνει τη σημασία και τη συμβολή της τέχνης στη διεύρυνση της άμεσης εμπειρίας και της σκέψης, τονίζοντας πως «κανενός είδους διανοητική εμπειρία δεν μπορεί να είναι ολοκληρωμένη, εκτός εάν έχει αισθητική ποιότητα». Η κατανόηση των νοημάτων ενός έργου τέχνης προϋποθέτει την ενεργοποίηση των διανοητικών και των πνευματικών μας δυνάμεων και συντελεί στη διεύρυνση της άμεσης εμπειρίας. Η φαντασία είναι η μοναδική διέξοδος μέσω της οποίας οι παλιές αντιλήψεις μας συναντώνται και αλληλεπιδρούν με τις νέες, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο νόημα στις εμπειρίες που βιώνουμε στο παρόν. Επομένως, η αισθητική εμπειρία ουσιαστικά προκαλεί και διευρύνει τη σκέψη μας. Επίσης, στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε τα νοήματα που «κρύβονται» στα έργα τέχνης και τελικά να δώσουμε την προσωπική μας ερμηνεία, χρειάζεται να ενεργοποιήσουμε τόσο τις διανοητικές όσο και τις πνευματικές μας δυνάμεις.

Η ένταξη έργων τέχνης στη διδασκαλία, είτε ως αντικείμενο εξέτασης, είτε ως διδακτικό εργαλείο, προσφέρει ποικίλα οφέλη στους μαθητές και συμβάλλει στην ολόπλευρη ανάπτυξη του μαθητή, καθώς χρησιμοποιεί και ενεργοποιεί διαφορετικά συμβολικά σχήματα, ενισχύει τους πολλαπλούς τύπους της νοημοσύνης και διευρύνει το φάσμα των ικανοτήτων των μαθητών (Gardner, 1983).

Επίσης, όταν οι μαθητές καλούνται να αναλύσουν και να κατανοήσουν το νόημα των διαφόρων έργων τέχνης, παύουν να βασίζονται αμιγώς στη χρήση της λογικής τους, εγείρονται ποικίλα συναισθήματα στους μαθητές και έτσι ενισχύεται η κατανόηση. Παρατηρώντας ένα έργο τέχνης, οι μαθητές εστιάζουν σε ένα συγκεκριμένο γεγονός το οποίο αποτελεί έναυσμα για περαιτέρω ανάλυση, εμβάθυνση, διατύπωση υποθέσεων, αιτιολόγηση των απόψεων, ανταλλαγή ιδεών. Τα έργα τέχνης αποτελούν ένα πρόσφορο μέσο για την ανάπτυξη ενός καλύτερου και περισσότερο στοχαστικού τρόπου σκέψης, αρκεί να καταφέρουμε να τα παρατηρήσουμε και να τα επεξεργαστούμε σε βάθος. Τέλος, ένα έργο τέχνης αποτελεί για τον παρατηρητή πηγή ανάδυσης συναισθημάτων τα οποία συνήθως εξωτερικεύει και μοιράζεται με τους υπόλοιπους παρατηρητές, γεγονός που συμβάλλει στην ανάπτυξη της αυτεπίγνωσης των συναισθημάτων του, τους ωθεί να

επαναξιολογήσουν τις ίδιες τις ιδέες τους, να ανακαλύψουν πτυχές του εαυτού τους που ενδεχομένως δεν είχαν συνειδητοποιήσει και ταυτόχρονα να καταλήξουν σε νέα συμπεράσματα (Perkins, 1994). Με αυτόν τον τρόπο, προάγεται και αναπτύσσεται τόσο η κριτική τους σκέψη, όσο και η ενσυναίσθησή τους.

## **Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΑΣΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΗΣ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΚΑΛΥΤΕΡΗΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΕΝΝΟΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

Η παρούσα μελέτη χρησιμοποιεί την εικαστική τέχνη ως μέθοδο/εργαλείο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και προτείνει ένα διδακτικό μοντέλο για εφαρμογή στη σχολική τάξη σύμφωνα με στο πρόγραμμα Artful Thinking του Harvard Project Zero (Κόκκος, 2011). Η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες γίνεται μέσα από αυθεντικές, επιστημονικές δραστηριότητες με αυξημένη αλληλεπίδραση (Tobin & Roth, 2007). Αλληλεπίδραση και επικοινωνία επίσης χρειάζεται τόσο μεταξύ των μαθητών, όσο και μεταξύ αυτών και των εκπαιδευτικών. Αυτή η αλληλεπίδραση αποτελεί την κοινωνική συνιστώσα στην οικοδόμηση της γνώσης σύμφωνα με τη θεωρία του Vygotsky, ο οποίος υποστηρίζει επιπλέον και την πολιτισμική διάσταση της γνώσης, δηλαδή οι ανώτερες λειτουργίες του ατόμου προέρχονται από την κοινωνική ζωή, συμπληρώνοντας τον προσωπικό εποικοδομισμό του Piaget. Σύμφωνα με το κοινωνικό-εποικοδομητικό-αλληλεπιδραστικό μοντέλο μάθησης του Vygotsky ο μαθητής αναπτύσσει «νέα κατανόηση και νέο νόημα», αποκτά γνωστική συγκρότηση με μεσολαβητή και υποστηρικτή το δάσκαλο, επικοινωνώντας με τους άλλους μαθητές σε ένα αλληλεπιδραστικό και πλούσιο περιβάλλον μάθησης με οργανωμένες διδακτικές καταστάσεις (Σταυρίδου, 2000). Κατά την παρατήρηση, ανάλυση και ερμηνεία έργων τέχνης εκφράζονται οι μαθητές συχνά αναπτύσσοντας μια αλληλεπιδραστική σχέση ανάμεσά τους, αφού η εξωτερίκευση της σκέψης και των συναισθημάτων του ενός μπορεί να αποτελεί έναυσμα ή συμπληρωματική διαδικασία για τον άλλο. Η αξιοποίηση έργων Τέχνης συγκαταλέγεται στο πλαίσιο των οργανωμένων διδακτικών καταστάσεων και δραστηριοτήτων. Η συστηματική παρατήρηση και επεξεργασία έργων τέχνης, που συνιστά την αισθητική εμπειρία αποτελεί εργαλείο για την ενεργοποίηση της στοχαστικής διεργασίας του μαθητή και συμβάλλει στην ολιστική ανάπτυξη των δυνατοτήτων του (Μέγα, 2011). Η στοχαστική διεργασία περιλαμβάνει την κριτική και δημιουργική σκέψη, οι οποίες μπορούν να ενεργοποιηθούν με την αξιοποίηση έργων τέχνης ακολουθώντας διάφορα μοντέλα παρατήρησης και ανάλυσής τους, όπως στο πρόγραμμα Artful Thinking του Harvard Project Zero το μοντέλο της μετασχηματίζουσας μάθησης μέσα από την αισθητική εμπειρία. Η καλλιέργεια δεξιοτήτων κριτικής σκέψης συνδέεται άμεσα με την καλλιέργεια μεταγνωστικών δεξιοτήτων. Η μεταγνώση ή αλλιώς «σκέψη για τη δική σου σκέψη» αφορά στη γνώση, που έχει το άτομο για τις διαδικασίες σκέψης δηλαδή για τις γνωστικές διεργασίες, δυνατότητες και διαδικασίες ρύθμισης της συμπεριφοράς (αυτορρύθμιση). Τα έργα τέχνης μας βοηθούν να προσεγγίζουμε δικά μας προσωπικά ζητήματα σκεπτόμενοι με τον ίδιο ή με παρόμοιο τρόπο, όπως με αυτόν τον τρόπο με τον οποίο τα παρατηρούμε και τα αναλύουμε (Μέγα, 2011). Με τη μεταγνώση



εξασφαλίζονται προϋποθέσεις για τη βαθιά κατανόηση της γνώσης και την αυτονομία στη σχολική και δια βίου μάθηση. Ο μαθητής αναστοχάζεται κριτικά πάνω στο περιβάλλον του και τη λειτουργία του μέσα σε αυτό. Από όλα τα παραπάνω μπορούμε να διατυπώσουμε το συμπέρασμα ότι χρειαζόμαστε μια μέθοδο παρατήρησης, ανάλυσης και ερμηνείας των έργων τέχνης, ενσωματώνοντας στοχαστικές διεργασίες στην καθημερινή σχολική πρακτική, που θα ενισχύσει την αυτοδυναμία της σκέψης των μαθητών. Μια τέτοια μέθοδος είναι αυτή της «μετασχηματίζουσας μάθησης μέσα από την αισθητική εμπειρία». Συγκεκριμένα τα έργα τέχνης προσφέρονται με κατάλληλες αφορμές για παρατήρηση, ανάλυση και ερμηνεία. Ο απώτερος στόχος είναι να πραγματοποιηθεί μετασχηματισμός σε μια ή περισσότερες νοητικές συνήθειες των εκπαιδευομένων γύρω από ένα κοινωνικό θέμα, μια επιστημονική θεωρία, ένα φυσικό φαινόμενο κ.λπ. (Κόκκος, 2011). Μέσα από την αισθητική εμπειρία διευκολύνεται η συγκινησιακή και διαισθητική αντίληψη των καταστάσεων και ενισχύεται με αυτό τον τρόπο ο κριτικός στοχασμός πάνω στις πεποιθήσεις σύμφωνα με την άποψη του Mezirow. Επίσης ο Dewey (1934[1980]) θεωρεί ότι η αισθητική εμπειρία είναι πολύ σημαντική για τη μάθηση και θα πρέπει να εμπεριέχεται σε κάθε εκπαιδευτική διαδικασία. Επιπροσθέτως ο Perkins (1994) με το μοντέλο του υπογραμμίζει τη σημασία ενθάρρυνσης των εκπαιδευομένων να αντλήσουν το δικό τους νόημα από το έργο με τη βοήθεια των εκπαιδευτών (Κόκκος, 2011). Οι μαθητές μπορούν να εξοικειωθούν με την εφαρμογή της μεθόδου στα διάφορα γνωστικά αντικείμενα ενεργοποιώντας τον κριτικό στοχασμό και να οδηγηθούν σε μετασχηματισμό των παραδοχών τους, όπως για παράδειγμα σχετικά με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών.

### **ARTFUL THINKING - PROJECT ZERO**

Το Project Zero του πανεπιστημίου του Harvard είναι ένα σύνολο ερευνών σχετικών με την εκπαίδευση, το οποίο ξεκίνησε το 1967. Οι έρευνες αφορούν τις διαδικασίες μάθησης των παιδιών, των ενηλίκων και των οργανισμών. Έχουν σχέση με τη φύση της νοημοσύνης, της κατανόησης, της σκέψης, της δημιουργικότητας, και άλλων πτυχών της ανθρώπινης μάθησης.

Το Artful Thinking είναι ένα από τα πολλά προγράμματα που έχουν προκύψει ως αποτέλεσμα αυτών των ερευνών. Θέτει στο επίκεντρο την αξιοποίηση έργων τέχνης στη διδασκαλία, με σκοπό την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών. Το πρόγραμμα εστιάζει στη βιωματική προσέγγιση και αξιοποίηση της τέχνης και όχι στη δημιουργία της. Οι δύο ευρύτεροι στόχοι του είναι:

1. να βοηθήσει τους εκπαιδευτές-εκπαιδευτικούς να συνδέουν έργα τέχνης με τα θέματα που εξετάζουν στην τάξη, και
  2. να βοηθήσει τους εκπαιδευτές-εκπαιδευτικούς να χρησιμοποιήσουν την τέχνη ως μέσο ανάπτυξης των στοχαστικών ικανοτήτων και της στοχαστικής διάθεσης των μαθητών.
- Πυρήνας του προγράμματος είναι η χρήση ρουτινών σκέψης και η καταγραφή της σκέψης ώστε να γίνει ορατή στους μαθητές. Οι ρουτίνες σκέψης είναι απλές δομές, για παράδειγμα ένας αριθμός ερωτήσεων ή μία αλληλουχία βημάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλα τα γνωστικά αντικείμενα. Χρησιμοποιούνται

επαναλαμβανόμενα στην τάξη κι έτσι γίνονται μέρος της κουλτούρας της τάξης και ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές μαθαίνουν και δομούν τη σκέψη τους. Ως παράδειγμα παρατίθενται ορισμένες ρουτίνες σκέψης παρακάτω:

- Τι σε κάνει να το λες αυτό; → αιτιολογημένη ερμηνεία
- Σκέφτομαι-Προβληματίζομαι-Ανακαλύπτω → βαθύτερη έρευνα
- Σκέφτομαι-Συνδέω-Μοιράζομαι → ενεργός αιτιολόγηση και εξήγηση
- Βλέπω-Σκέφτομαι-Αναρωτιέμαι → διερεύνηση έργων τέχνης κι άλλων που έλκουν το ενδιαφέρον μας
- Ο κύκλος των απόψεων → διερεύνηση διαφορετικών απόψεων
- Πριν πιστέυα... Τώρα πιστεύω → πώς και γιατί άλλαξε η αντίληψή μας;

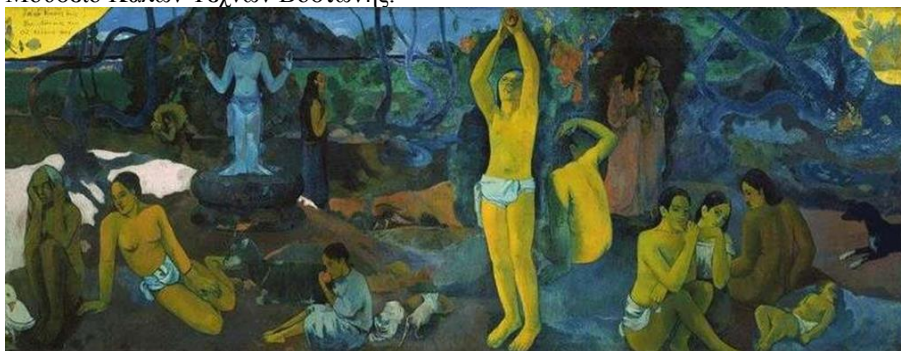
Όπως περιγράφεται στο πρόγραμμα Artful Thinking του Harvard Project Zero, η επεξεργασία των έργων τέχνης γίνεται μέσα από ρουτίνες, και συνδυασμούς ρουτινών, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε έξι ευρύτερες κατηγορίες, που παράλληλα αποτελούν και τα διαφορετικά στάδια της επεξεργασίας (όπως τα βασικά χρώματα στην παλέτα ενός ζωγράφου-Artful Thinking Palette). Οι κατηγορίες είναι οι ακόλουθες: Δικαιολόγηση, Διερεύνηση διαφορετικών οπτικών, Διερεύνηση πολυπλοκότητας, Σύγκριση και σύνδεση, Παρατήρηση και περιγραφή, Απορία και εξερεύνηση. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντική είναι η οπτικοποίηση της σκέψης των μαθητών, Μία δεύτερη βασική διαδικασία του Visible Thinking είναι η οπτικοποίηση. Ο εκπαιδευτικός καταγράφει τις ιδέες των μαθητών και τη συλλογιστική τους πορεία και μετά το τέλος της διαδικασίας τις εξετάζει ώστε να εντοπίσει τα μοτίβα, τον τρόπο σκέψης των μαθητών, τι τους κινεί το ενδιαφέρον. Η καταγραφή των ιδεών μπορεί να γίνει και από τους ίδιους τους μαθητές. Η οπτικοποίηση συντελεί στη συνειδητοποίηση της συλλογιστικής διαδικασίας από τον ίδιο τον μαθητή, το σύνολο της τάξης και τον εκπαιδευτή-εκπαιδευτικό, ο οποίος μέσα από αυτή τη διαδικασία είναι σε θέση να αναλύσει, να ερμηνεύσει και να αξιολογήσει τον τρόπο σκέψης των μαθητών.

## **ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

Η διδασκαλία έχει θέμα την παρατήρηση και περιγραφή ενός έργου τέχνης. Σκοπός της διδασκαλίας είναι οι μαθητές αρχικά να παρατηρήσουν, να επεξεργαστούν και να

αναλύσουν ένα έργο τέχνης, μέσα από καθοδηγούμενες δραστηριότητες και στη συνέχεια να το περιγράψουν. Το έργο τέχνης, που αξιοποιήσαμε, είναι ένας πίνακας ζωγραφικής του Πωλ Γκογκέν (βλ. Παράρτημα) με τίτλο: «Από πού ερχόμαστε, ποιοί είμαστε, πού πάμε». Η επιλογή και αξιοποίηση αυτού του έργου τέχνης έγινε με κριτήριο ότι το νόημά του και τα «ερωτήματα» που θέτει ο ίδιος ο καλλιτέχνης συνδέονται με τα ερωτήματα, των οποίων τις απαντήσεις αναζητούν οι επιστήμονες του CERN και αποτελούν τον σκοπό της Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων. Τα ερωτήματα του Gauguin στη γλώσσα της Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων μπορούν να διαμορφωθούν όπως τα παρακάτω: Από τι αποτελείται η ύλη; Ποια είναι η προέλευση της μάζας; Από τι αποτελείται το Σύμπαν; Τι είναι η σκοτεινή ύλη που το κατακλύζει; Πώς εξελίσσεται το Σύμπαν; Γιατί το Σύμπαν είναι τόσο μεγάλο χωρικά και ηλικιακά; Υπάρχουν επιπλέον διαστάσεις στο Σύμπαν; Πώς οργανώθηκε η ύλη αυτή και πώς αυτοοργανώθηκε στους ζωντανούς οργανισμούς; Τα στοιχεία Σύγχρονης Φυσικής διδάσκονται οι μαθητές σε σειρά μαθημάτων σε συνδυασμό με τον πίνακα του Πωλ Γκογκέν. Ο πίνακας αυτός χρησιμοποιείται κυρίως για τη δημιουργία αναπαραστάσεων, αναλογιών και μοντέλων σε έννοιες, φαινόμενα και θεωρίες που δεν μπορούν να γίνουν κατανοητά με τη χρήση Μαθηματικών σε επίπεδο Λυκείου. Επίσης το έργο αυτό χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση και αντιμετώπιση εναλλακτικών απόψεων των μαθητών, π.χ. οι μαθητές θεωρούν ότι εκτονώνεται η πυκνή και θερμή ύλη, ενώ εκτονώνεται το Σύμπαν.

«Από πού ερχόμαστε – Ποιοί είμαστε - Πού πάμε» (1897-1898), του Πωλ Γκογκέν, Μουσείο Καλών Τεχνών Βοστώνης.



Δεξιότητες κριτικής σκέψης που καλλιεργούνται.

| ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ   |                                    | ΕΠΙΠΕΔΑ ΜΑΘΗΣΗΣ                   |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>   |                                    | <b>ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗ ΜΑΘΗΣΗ</b>        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Παρατήρηση</li> <li>✓ Αναγνώριση</li> <li>✓ Ανάκληση</li> </ul>   |                                    | ↓<br><i>Πληρότητα πληροφοριών</i> |
| <b>ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>  | <b>ΑΛΛΗΛΟΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ</b> | <b>ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ</b>          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Σύγκριση</li> </ul>   |                                    | ↓<br><i>Δημιουργία εννοιών</i>    |
| <b>ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>  | <b>ΕΝΔΟΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ</b>    | <b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ</b>           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ανάλυση Δομικών Στοιχείων Συνόλου</li> <li>✓ Διάκριση των Σχέσεων</li> <li>✓ Διάκριση Μοτίβων</li> <li>✓ Διευκρίνιση</li> </ul>                                     |                                    | ↓<br><i>Διατύπωση γενικεύσεων</i> |
| <b>ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ</b>  |                                    | <b>ΠΡΑΞΙΑΚΗ ΜΑΘΗΣΗ</b>            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Επεξήγηση</li> <li>✓ Πρόβλεψη</li> <li>✓ Υπόθεση</li> <li>✓ Συμπερασμός</li> <li>✓ Διοργάνωση της γνώσης</li> <li>✓ Αντιμεταχώρηση</li> <li>✓ Αξιολόγηση</li> </ul> |                                    | ↓<br><i>Επίλυση προβλημάτων</i>   |

## ΠΟΡΕΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

*Εισαγωγή στο διδακτικό αντικείμενο*

Στους μαθητές γνωστοποιείται ο σκοπός του μαθήματος και περιγράφονται αδρομερώς οι διαδικασίες που θα ακολουθηθούν.

### Πρώτο στάδιο: Διερεύνηση της ανάγκης για κριτικό στοχασμό

Σε αυτό το στάδιο ο εκπαιδευτικός συντονίζει μια συζήτηση με τους μαθητές με σκοπό να ανιχνεύσει τις γνώσεις τους αλλά κυρίως τις απόψεις τους, σχετικά με: την υλική μας υπόσταση και αυτή του Σύμπαντος, την Αρχή της Δημιουργίας και της Εξέλιξης του

Σύμπαντος, την οργάνωση της ύλης και τη δημιουργία ζωής, το «πού πηγαίνουμε». Η συζήτηση αυτή γίνεται με μια σειρά ερωτήσεων προς τους μαθητές. Συγκεκριμένα πριν από την παρατήρηση και ανάλυση του πίνακα, προκειμένου οι μαθητές να είναι προσανατολισμένοι στη διάρκεια επεξεργασίας του, αλλά και για να ανιχνεύσουμε εναλλακτικές απόψεις σχετικά με το θέμα

### **Δεύτερο και τρίτο στάδιο: Έκφραση και επιλογή απόψεων των μαθητών, οι οποίες θα εξεταστούν**

Στο δεύτερο και στο τρίτο στάδιο καταγράφηκαν οι απόψεις των μαθητών και συζητήθηκαν σύντομα σε μικρές ομάδες και μετά στην ολομέλεια. Έτσι διαμορφώθηκε μια πρόταση για κριτική επεξεργασία, που συνοψίζεται στον τρόπο δημιουργίας του Σύμπαντος και τη σύνδεσή του με τη δημιουργία και εξέλιξη της ζωής στη Γη.

### **Τέταρτο στάδιο: Επιλογή του έργου τέχνης**

Σε αυτό το στάδιο έγινε η επιλογή του εικαστικού έργου τέχνης του Γκωγκέν με τίτλο: «Από πού ερχόμαστε – Ποιοι είμαστε – Πού πάμε» (1897-1898, Μουσείο Καλών Τεχνών Βοστώνης), έχοντας ως κριτήριο ότι τα νοήματά του σχετίζονται με τις απόψεις που έχουν τεθεί για επεξεργασία. Στην επιλογή του έργου δεν ζητήθηκε η συμμετοχή των μαθητών, επειδή θέλαμε να ανακαλύψουν οι ίδιοι οι μαθητές από μόνοι τους αυτά τα ερωτήματα μέσα από την παρατήρηση και την ερμηνεία του συγκεκριμένου έργου. Αναφερθήκαμε στα ιστορικά στοιχεία του έργου του Γκωγκέν, ο οποίος έφυγε για την Ταϊτή το 1891 αναζητώντας μια πιο απλή και στοιχειώδη κοινωνία από αυτήν της πατρίδας του της Γαλλίας.

### **Πέμπτο στάδιο: Κριτικός στοχασμός μέσω της αισθητικής εμπειρίας**

#### *Επεξεργασία έργου τέχνης*

Αρχικά, παρουσιάζεται ο πίνακας στους μαθητές και τούς δίνεται χρόνος για παρατήρηση. Το έργο εξετάζεται προσεκτικά, βαθμιαία και αργά χωρίς ακόμη να ερμηνεύεται.

#### *A) Παιχνίδι επεξήγησης – Artful Thinking*

Στη συνέχεια, οι μαθητές περιγράφουν τον πίνακα, οικοδομώντας ο ένας στις απόψεις του άλλου με τον εξής τρόπο: ένας μαθητής επιλέγει να περιγράψει ένα σημείο του πίνακα και οι επόμενοι μαθητές προσθέτουν μία λεπτομέρεια που δεν έχει αναφερθεί, ώσπου να περιγραφεί πλήρως το συγκεκριμένο σημείο. Αυτό επαναλαμβάνεται για όλο τον πίνακα. Σε αυτό το στάδιο, οι μαθητές μόνο περιγράφουν και δεν ερμηνεύουν αυτό που βλέπουν. Γίνεται από τους μαθητές εντοπισμός κάποιων κεντρικών ερωτημάτων, όπως: Τι σημαίνει η ανύψωση των χεριών της κεντρικής νεαρής φιγούρας; Ποιος είναι ο συμβολισμός του μπλε ειδώλιου; Γιατί υπάρχουν τρεις κύριες ομάδες μορφών;

Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές παρατηρούν σε βάθος τον πίνακα, συλλέγουν τις απαραίτητες πληροφορίες και προετοιμάζονται για τη βαθύτερη ανάλυση και επεξεργασία του.

#### *B) Χρώματα, σχήματα, γραμμές – Artful Thinking*

Έπειτα, γίνεται παρατήρηση των δομικών και τεχνικών στοιχείων του έργου, δηλαδή των χρωμάτων, των σχημάτων και των γραμμών. Οι μαθητές καθοδηγούνται ώστε να παρατηρήσουν και να αναλύσουν τα δομικά τεχνικά στοιχεία του πίνακα και να κάνουν συγκρίσεις αναζητώντας ερμηνείες στις επιλογές του καλλιτέχνη.

### *Γ) Αιτιολογημένη ερμηνεία - Artful Thinking*

Κατόπιν, οι μαθητές εκφράζουν την άποψή τους σχετικά με ό,τι συμβαίνει στον πίνακα, γίνεται προσπάθεια ερμηνείας τους και ανίχνευσης των συμβολισμών και την αιτιολογούν, απαντώντας στις εξής ερωτήσεις: Τι συμβαίνει; Τι βλέπεις και το λες αυτό; Απαντώντας στις παραπάνω ερωτήσεις, ο μαθητής παρατηρούν και αναλύουν τα δομικά στοιχεία του έργου, εντοπίζουν σχέσεις και μοτίβα ανάμεσα στα στοιχεία του πίνακα, συγκρίνουν, υποθέτουν, επεξηγούν και καταλήγουν σε συμπεράσματα. Οι μαθητές διατυπώνουν τα παρακάτω ερωτήματα:

Τι κρατάει στα χέρια της η κεντρική φιγούρα; Τι συζητούν οι τρεις φιγούρες δεξιά; Με ποιο τρόπο συνδέεται το μπλε ειδώλιο με τις ανθρώπινες μορφές; Γιατί η ηλικιωμένη κρατάει με τα χέρια της το πρόσωπό της;

Και στις τρεις δραστηριότητες, ενεργοποιούνται και εμπλέκονται δεξιότητες κριτικής σκέψης και των τεσσάρων επιπέδων μάθησης. Οι μαθητές συλλέγουν πληροφορίες παρατηρώντας, αναγνωρίζοντας στοιχεία και ανακαλώντας εμπειρίες τους τις οποίες συνδέουν με το αντικείμενο που παρατηρούν, διατυπώνουν γενικεύσεις αναλύοντας τα δομικά στοιχεία του έργου, εντοπίζοντας μοτίβα και σχέσεις ανάμεσα στα στοιχεία του και επεξηγούν, υποθέτουν, καταλήγουν σε συμπεράσματα, μπαίνουν στη θέση των εικονιζόμενων προσώπων στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν το έργο. Οι ιδέες των μαθητών καταγράφονται ώστε να γίνουν ορατές στην ολομέλεια, να διευκολυνθεί η διαδικασία οικοδόμησης και εξέτασης του έργου και οι μαθητές να συνειδητοποιήσουν τη συλλογιστική τους πορεία, να οδηγηθούν δηλαδή σε ένα είδος μεταγνωστικής επίγνωσης.

#### *Οργάνωση ιδεών*

Ανασκόπηση της διεργασίας

Οι μαθητές αναστοχάζονται έχοντας υπόψη την εμπειρία των προηγούμενων φάσεων και υποβοηθούμενοι από εμάς οδηγούνται από τα Ερωτήματα του Γκωγκέν στα ερωτήματα της Φυσικής των Στοιχειωδών Σωματιδίων, όπως: Από τι αποτελείται η ύλη; Από πού προήλθε το άτομο, το μόριο; Ποια είναι η προέλευση της μάζας; Τι είναι η σκοτεινή ύλη που κατακλύζει το Σύμπαν; Πώς εξελίσσεται το Σύμπαν; Γιατί το Σύμπαν είναι τόσο μεγάλο χωρικά και ηλικιακά;

**Στο έκτο στάδιο γίνεται η επαναξιολόγηση των παραδοχών, που προέκυψαν από το πέμπτο στάδιο και οι οποίες συγκρίνονται με τις αρχικές παραδοχές.**

Μετά από την ανάλυση και τις συζητήσεις που κάναμε, θέτουμε στους μαθητές τα ερωτήματα: «Ποιες από τις παραδοχές σας θα διατηρούσατε»; «Ποιες ενδεχομένως θα εμπλουτίζατε ή θα αλλάζατε»; Οι παραδοχές αυτές σχετίζονται με την ύπαρξη άλλων διαστάσεων πέρα από την ανθρώπινη κατάσταση, τη σύσταση και ηλικία του Σύμπαντος, την ύλη, που κατακλύζει το Σύμπαν, την οργάνωση της ύλης (του Σύμπαντος) και την αυτοοργάνωσή της στους ζώντες οργανισμούς, τους νόμους, που καθορίζουν τη ζωή και την εξέλιξή της.

Έτσι μετά από την παρατήρηση, ανάλυση και ερμηνεία του πίνακα θέσαμε τα ίδια βασικά ερωτήματα στους μαθητές, προκειμένου να διαπιστώσουμε εάν βοήθησε η διδακτική διαδικασία, που εφαρμόσαμε στην κατανόηση των εννοιών και φαινομένων της θεωρίας

των Στοιχειωδών Σωματιδίων και τη σύνδεσή τους με τη δημιουργία, την εξέλιξη του Σύμπαντος και της ζωής στον πλανήτη μας, καθώς επίσης και αν υπήρξε μετατόπιση των αρχικών τους παραδοχών.

## **ΤΕΛΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ**

Στο τέλος ζητήσαμε από τους μαθητές να προχωρήσουν ακόμη περισσότερο εκφράζοντας τις σκέψεις και τα συναισθήματά τους μετά από όλη αυτή τη διαδικασία. Οι μαθητές αναγνωρίζουν την επίδραση της συγκεκριμένης διαδικασίας στην καλύτερη οργάνωση της σκέψης τους, στην αύξηση του ενδιαφέροντός τους για τα ζητήματα των Φυσικών Επιστημών και τη σύνδεσή τους με την Τέχνη, στην ενθάρρυνση εξωτερίκευσης βαθύτερων υπαρξιακών προβληματισμών τους, καθώς επίσης και την ενδυνάμωση του στοχασμού τους. Αναγνωρίζουν ακόμη την κοινωνική προσφορά της τέχνης και της Επιστήμης.

Μια μαθήτρια σχολιάζει: «Μέσα από την παρατήρηση και την ανάλυση του έργου οργανώνεται πιο καλά η σκέψη μας και τα ερωτήματά μας σχετικά με τη Ζωή, το Άγνωστο, την πορεία του Χρόνου. Είχε πολύ ενδιαφέρον που ενεργοποιήθηκε η φαντασία μας τόσο στην Επιστήμη όσο και στην Τέχνη.»

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η κριτική σκέψη δεν αποτελεί διακριτό διδακτικό αντικείμενο και χρειάζεται να διαχέεται στην καθημερινή πρακτική και στις εκπαιδευτικές διαδικασίες της τάξης. Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών και η κινητοποίησή τους είναι απαραίτητα στοιχεία στην πορεία ανάπτυξης και καλλιέργειας της κριτικής σκέψης και της κριτικής εξέτασης των πραγμάτων. Οι δεξιότητες κριτικής σκέψης μπορούν εύκολα να ενταχθούν στη διδακτική πορεία και να συνυφανθούν με το διδακτικό αντικείμενο. Παράλληλα, η ανάπτυξη των δεξιοτήτων ενισχύεται και διευκολύνεται μέσα από τις κατάλληλες ερωτήσεις και δραστηριότητες. Η οπτικοποίηση συμβάλλει στην οικοδόμηση της γνώσης και στη συνειδητοποίηση της συλλογιστικής πορείας των μαθητών. Τέλος, η χρήση της τέχνης εμπλέκει πολλαπλούς τύπους νοημοσύνης, πέρα από τη γλωσσική, ενισχύει την έκφραση συναισθημάτων και συνδέει τη φαντασία με τις εμπειρίες των μαθητών, εμπλουτίζοντας το αεικονιστικό τους απόθεμα. Στην περίπτωσή μας, το έργο τέχνης λειτουργεί ταυτόχρονα ως αντικείμενο κριτικής επεξεργασίας και ως μέσο για την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Μέσα από τη διεξοδική του ανάλυση, οι μαθητές το προσεγγίζουν πολύπλευρα, ενεργοποιούν και αναπτύσσουν γνωστικές δεξιότητες κριτικής σκέψης. Ανακεφαλαιώνοντας, η Τέχνη στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να αποτελέσει για τους εκπαιδευτικούς εργαλείο καλλιέργειας και ανάπτυξης οριζόντιων δεξιοτήτων των μαθητών/ριών, όπως:

1. ενεργοποίησης του στοχασμού δηλαδή της δημιουργικής και κριτικής σκέψης,
2. αύξησης της συστηματικής παρατηρητικότητας και της διερευνητικής προσέγγισης και κατανόησης της γνώσης,
3. καλλιέργειας κριτικής στάσης και κατά συνέπεια μεταγνωστικών δεξιοτήτων,
4. διαθεματικής προσέγγισης και

5. προώθησης της διαφοροποιημένης διδασκαλίας.

Η στοχαστική ενεργοποίηση μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την παρατήρηση έργων τέχνης - όχι μόνο εικαστικών -, όταν ο παρατηρητής υιοθετεί μια μεθοδολογία, που περιλαμβάνει τρεις βασικές συνιστώσες: δράσεις, ερωτήσεις, διδακτικές ενέργειες (Μέγα, 2011).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Dewey, J. (1910). *How We Think*. Boston: D.C. Heath and Co., Publishers.

Dewey, J. (1934). *Art as Experience*, New York, Capricorn Books.

Elder, L. (2007). *Our conception of critical thinking*, διαθέσιμο στο <http://www.criticalthinking.org/starting/index.cfm#2425> (προσπελάστηκε στις 20/10/2014)

Ennis, R. H. (1993). *Critical thinking assessment*. *Theory into Practice*, 32 (3), 179-186.

Ennis, R. H. (2011) *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*, διαθέσιμο στο [http://faculty.education.illinois.edu/rhennis/documents/TheNatureofCriticalThinking\\_51711\\_000.pdf](http://faculty.education.illinois.edu/rhennis/documents/TheNatureofCriticalThinking_51711_000.pdf) (προσπελάστηκε στις 20/10/2014)

Gardner, H. (1983). *Frames of Mind*. New York: Basic Book Inc.

Glaser, Edward M. (1941), *An experiment in the development of critical thinking*, AMS Press, New York

Kegan, R. (1994). *In Over our Heads: The Mental Demands of Modern Life*. Harvard University Press.

Κόκκος, Α. και συνεργάτες, (2011). Εκπαίδευση μέσα από τις Τέχνες, εκδόσεις Μεταίχμιο.

Μέγα, Γ. (2011). Η Τέχνη στο Σχολικό Σύστημα ως Στοχαστική Διεργασία. Στο: Α. Κόκκος και συνεργάτες. Εκπαίδευση μέσα από τις τέχνες, (σελ. 21-67), εκδ Μεταίχμιο. Αθήνα.

Paul, R. (1990) *Critical Thinking: What Every Person Needs to Survive in a Rapidly Changing World*. Center for Critical Thinking and Moral Critique. Sonoma State University

Paul, R., Elder, L. (2008) *The Miniature Guide to Critical Thinking Concepts and Tools*, Foundation for Critical Thinking Press.

Paul, R., Elder, L., Bartell, T. (1997) [California Teacher Preparation for Instruction in Critical Thinking: Research Findings and Policy Recommendations: State of California, California Commission on Teacher Credentialing](#), Sacramento, CA

Perkins, D. and Salomon, G. (1989). Are Cognitive Skills Context-Bound?. *Educational Researcher*, 18(1), pp.16-25.

Perkins, D. (1994). *The Intelligent Eye: Learning to Think by Looking at Art*, Getty Publications



## *Προτάσεις διδασκαλίας για τα Μαθηματικά*

---

# Δυσκολίες μάθησης στα μαθηματικά και την ανάγνωση. Διασταυρούμενες πορείες μάθησης και τεχνικές εκπαίδευσης και διαχείρισης της συμπεριφοράς κατά τη διδασκαλία

Ηλιάννα Γωγάκη<sup>1</sup> και Βασιλική Ιωαννίδη<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Υπ. Διδάκτωρ ΤΕΠΑΕΣ, iliannag@yahoo.gr

<sup>2</sup> Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Καθηγήτρια-Σύμβουλος Ειδικής Αγωγής, vasiliki@ac.eap.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες διαφοροποιούνται σε σημαντικό βαθμό για κάθε μαθητή ανά γνωστικό αντικείμενο και ανά εκπαιδευτική βαθμίδα, έχοντας ένα κοινό διακριτικό γνώρισμα: αφορούν τομείς στο χειρισμό των μαθηματικών υπολογισμών και στην παραγωγή γραπτού λόγου. Στην παρούσα αναρτημένη ανακοίνωση δίνεται έμφαση σε κοινές τεχνικές εκπαίδευσης και διαχείρισης της συμπεριφοράς ως διασταυρούμενη πορεία μάθησης στα μαθηματικά και την ανάγνωση.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *δυσκολίες μάθησης, ανάγνωση, μαθηματικά, τεχνικές εκπαίδευσης, διδασκαλία, διαχείριση συμπεριφοράς*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μαθητές με δυσκολίες μάθησης οδηγούνται συχνά σε αδιέξοδο στην εκπαιδευτική πράξη. Οι γνώσεις τους είναι αποσπασματικές και δεν έχουν στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων και επεξεργασίας της σχολικής ύλης, με αποτέλεσμα ο κίνδυνος της σχολικής περιθωριοποίησης να είναι ορατός.

## ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΣΗ

Γενικά, οι δυσκολίες μάθησης αποτελούν μια κατάσταση, η οποία υφίσταται και εμφανίζεται στο άτομο καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Είναι πολύ πιθανόν πολλά άτομα με δυσκολίες μάθησης να εμφανίζουν χαμηλή αυτοεκτίμηση, να θέτουν χαμηλούς στόχους, να έρχονται αντιμέτωπα με την υποεπίδοση και την υποαπασχόληση, να μην έχουν αρκετούς φίλους και ενδέχεται αργότερα να αντιμετωπίσουν προβλήματα με το νόμο εξ αιτίας

παραβατικής συμπεριφοράς (Τζιβνίκου, 2015). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με βιβλιογραφικά στοιχεία (Παντελιάδου, Πατσιοδήμου, 2007/ Παντελιάδου, Αντωνίου, 2008/ Τρίγκα-Μερτίκα, 2010):

- Τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες διαφοροποιούνται σε σημαντικό βαθμό για κάθε μαθητή ανά γνωστικό αντικείμενο και ανά εκπαιδευτική βαθμίδα. Ωστόσο, φέρουν ένα κοινό διακριτικό γνώρισμα, αφορούν τομείς στο χειρισμό του γραπτού λόγου (ανάγνωση, γραφή) και στους μαθηματικούς υπολογισμούς.
- Ειδικά, προβλήματα των μαθητών με *μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά σχετίζονται με ελλείμματα*: Οπτικής αντίληψης, π.χ. δεν ολοκληρώνει τις ασκήσεις μιας σελίδας, διαβάζει λάθος πολυψήφιους αριθμούς, δεν διακρίνει σωστά τα νομίσματα, δυσκολεύεται στην ερμηνεία και το χειρισμό μαθηματικών συμβόλων, στη διάκριση σχημάτων και μεγεθών, στην κατασκευή και ερμηνεία γραφημάτων, δυσκολεύεται να γράψει κλασματικούς αριθμούς κ.λπ. Ακουστικής, π.χ. δυσκολεύεται στις προφορικές ασκήσεις, στην επίλυση προφορικών προβλημάτων, συγχέει όρους που μοιάζουν φωνολογικά. Λεπτής κινητικότητας, π.χ. γράφει πολύ αργά, δεν μπορεί να προσαρμόσει το μέγεθος των ψηφίων στο διαθέσιμο χώρο. Μνήμης, π.χ. δεν μπορεί να συγκρατήσει εύκολα νέα μαθηματικά δεδομένα, δυσκολεύεται στην επίλυση προβλημάτων και ασκήσεων με πολλά στάδια, δυσκολεύεται να λείει την ώρα. Λόγου, π.χ. παρουσιάζει δυσχέρειες στην κατανόηση μαθηματικών όρων, στη χρήση λόγου με μαθηματικούς όρους. Αφαιρετικού συλλογισμού, π.χ. δυσκολεύεται στην κατανόηση μαθηματικών συμβόλων, στην επίλυση προφορικών προβλημάτων, στη σύγκριση μεγεθών και ποσοτήτων, στη μετατροπή γλωσσικών ή αριθμητικών πληροφοριών σε εξισώσεις. Ωστόσο, είναι γεγονός ότι τα όποια ελλείμματα μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά δεν επηρεάζεται μόνο από γνωστικούς παράγοντες αλλά και από τις παρεχόμενες εμπειρίες μάθησης από τους εκπαιδευτικούς.
- Αντίστοιχα, όσον αφορά στις *δυσκολίες αναγνωστικής αποκωδικοποίησης*, δηλαδή στη διαδικασία αναγνώρισης και χειρισμού του αλφαριθμητικού κώδικα, τα συχνότερα προβλήματα χαρακτηρίζονται από ελλιπή φωνολογική επεξεργασία και ιδίως δυσκολία χειρισμού φωνημάτων, π.χ. ανάλυση, αφαίρεση και παραγωγή ομοιοκαταληξίας, αποκωδικοποίηση που βασίζεται στη γράμμα προς γράμμα επεξεργασία, πολλά λάθη αντικαταστάσεων, παραλείψεων και αντιμεταθέσεων γραμμάτων, δυσκολίες στην αποκωδικοποίηση λέξεων με συμφωνικά συμπλέγματα, περιορισμένο οπτικό λεξιλόγιο, αντικαταστάσεις λέξεων από άλλες που μπορεί να μη σχετίζονται ούτε εννοιολογικά ούτε μορφολογικά με το περίγραμμα της λέξης κ.λπ. Η δυσκολία αναγνωστικής αποκωδικοποίησης επηρεάζει την ευχέρεια ανάγνωσης και, συνεπώς, την εξαγωγή νοήματος του κειμένου, με αποτέλεσμα τη γενικευμένη αναγνωστική δυσκολία και την αδυναμία αναγνωστικής κατανόησης. Συνολικά, φέρουν ως χαρακτηριστικό: (α) *Έλλειμμα σε επίπεδο ευχέρειας και αποκωδικοποίησης αναφορικά με την αναγνωστική αποκωδικοποίηση*, π.χ. διαβάζει αργά και δυσκολεύεται, δυσκολεύεται στο χειρισμό φωνημάτων, κάνει συχνά

αντιμεταθέσεις, αντικαταστάσεις, παραλείψεις, προσθέσεις γραμμάτων και συλλαβών, δεν μπορεί εύκολα να αποκωδικοποιήσει συμπλέγματα, δίψηφα και συνδυασμούς, αντικαθιστά παρόμοιες φωνητικά λέξεις, κάνει λάθη στην αποκωδικοποίηση άγνωστων λέξεων κ.λπ. (β) *Έλλειμμα στην αναγνωστική κατανόηση*, π.χ. δυσκολεύεται στην κατανόηση πληροφοριών που παρουσιάζονται με αμεσότητα και σαφήνεια στο κείμενο, δυσκολεύεται στην εξαγωγή συμπεράσματος, δεν μπορεί να διακρίνει τη σημαντική από την ασήμαντη πληροφορία, δυσκολεύεται στην οργάνωση πληροφοριών του κειμένου, δεν χρησιμοποιεί αποτελεσματικές στρατηγικές στην κατανόηση, δεν ξεχωρίζει την κεντρική ιδέα, αδυνατεί να σχηματίζει προβλέψεις και υποθέσεις σχετικά με το περιεχόμενο και δεν μπορεί να συσχετίσει τη νέα γνώση με την υπάρχουσα κ.λπ.

- Συνολικά, οι σχολικές δυσκολίες αφορούν προβλήματα στη *μάθηση*, την *επίδοση* και τη *συμπεριφορά* με πολυπαραγοντική ερμηνεία μέσα από γνωστικές, συναισθηματικές, ιατρικές και ψυχοκοινωνικές διαστάσεις και αμφίδρομη σχέση βιολογικών και περιβαλλοντικών αφετηριών.
- Τέλος, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός λαμβάνει υπόψη τις εμπλεκόμενες δράσεις που είναι σε συνάρτηση με το εκπαιδευτικό υλικό. Επίσης, σχετικά με τον μαθητή λαμβάνονται υπόψη οι μαθησιακές ιδιαιτερότητές του, καθώς και η ψυχολογική δομή των σχέσεών του με το οικογενειακό και ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον. Στη βάση αυτή, ο εκπαιδευτικός καλείται να επιστήμονας, εμψυχωτής και παιδαγωγός, με πρωτοβουλίες και συμμετοχή μέσω λήψης αποφάσεων σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο κόσμο σε επίπεδο συνθηκών, γνώσεων και επιστημονικών προσεγγίσεων (Σκουμπουρδή, Καλαβάσης, 2007).

## **ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ**

Σύμφωνα με τον Heward (2011), η αριθμητική λογική και οι υπολογισμοί θέτουν συχνά προβλήματα σε μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες. Ως εκ τούτου, στο πλαίσιο του σχολείου ενδεικτικές στρατηγικές υποστήριξης μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες έχουν ως εξής (Πολυχρόνη, 2007) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά σε μαθητές με ελλείμματα στη γραπτή έκφραση και υποεπίδοση στα μαθηματικά: *σχεδιαγραμματική ανασκόπηση του προηγούμενου μαθήματος, καταγραφή στον πίνακα των σημαντικότερων λέξεων του μαθήματος, χρήση πολυαισθητηριακών μεθόδων, επανάληψη πληροφοριών και οδηγιών, διόρθωση με βάση το περιεχόμενο και όχι τα λάθη, περισσότερος χρόνος για αντιγραφή από τον πίνακα, περισσότερος χρόνος για την οργάνωση ιδεών πριν την ελεύθερη γραφή, χρήση καθαρών φύλλων εργασίας, με εμφανή τη σηματοδότηση συγκεκριμένων πληροφοριών και τη διάκριση των σημαντικότερων σημείων. Συγχρόνως, σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μπορούμε να δώσουμε έμφαση σε στρατηγικές μάθησης και μελέτης, τεχνικές επίλυσης προβλημάτων οργάνωσης, μνημονικά βοηθήματα, ώστε οι μαθητές να βοηθούνται στην ανάγνωση ενός κειμένου, στη συγκράτηση πληροφοριών κατά την ανάγνωση και στη γραφή σημειώσεων κατά την παράδοση.*

Επίσης, μέσω προγραμμάτων με γνωστικό προσανατολισμό ενθαρρύνονται και προάγονται μαθησιακές δραστηριότητες και εμπειρίες, που βοηθούν στην ανάπτυξη ικανοτήτων σκέψης, αντιμετωπίζοντας το παιδί ως ενεργητικό μαθητή. Τέτοια προγράμματα είναι κατά μείζονα λόγο αποτελεσματικά σε παιδιά που βρίσκονται σε επικινδυνότητα για σχολικές δυσκολίες, καθώς η πρόωπη παρέμβαση επιταχύνει τη γνωστική και κοινωνική ανάπτυξη παιδιών με αναπτυξιακές διαταραχές και, επιπλέον, συντελεί στην αποφυγή δευτερογενών προβλημάτων που συνοδεύουν την αρχική δυσκολία (Νάνου, Αναγνωστοπούλου, 2001, σ. 311).

Σύμφωνα με μια ολιστική παρέμβαση, είναι αναγκαία μέτρα, όπως (Κουρκούτας, 2014): Να πραγματοποιηθεί αναζήτηση των αιτιών μέσα από το σύμπτωμα και να γίνει προσπάθεια αντιμετώπισης και τροποποίησης της συμπεριφοράς. Να πραγματοποιηθεί σχεδιασμός της ψυχοκοινωνικής & ακαδημαϊκής παρέμβασης με βάση την αιτιολογία, τις ανάγκες και τις δυνατότητες σε όλους τους τομείς του παιδιού αλλά και της οικογένειας. Η παρέμβαση να πραγματοποιείται μέσα από μια σταθερή και θετική διαπροσωπική σχέση. Να σχεδιάζεται και να παρέχεται, αν είναι αναγκαίο, εξατομικευμένο πρόγραμμα ακαδημαϊκής και ψυχοκοινωνικής υποστήριξης. Να προσφέρεται οικογενειακή υποστήριξη μέσα από τη συμβουλευτική. Σημαντική είναι η αποδοχή του δασκάλου όπως και η στάση του, καθώς μέσα από τη στάση και την αποδοχή του ή μη, επηρεάζονται τα συναισθήματα και οι στάσεις των υπόλοιπων παιδιών. Πρέπει να αξιοποιούνται οι κατάλληλες τεχνικές από τους εκπαιδευτικούς, ώστε να υπάρχει κλίμα αποδοχής, επικοινωνίας και σωστής αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε όλα τα παιδιά με δυσκολίες μάθησης ή μη. Είναι σκόπιμο η προσέγγιση του παιδιού να πραγματοποιείται με λεπτότητα, ευαισθησία και διακριτικότητα. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται στο ρόλο των γνωστικών και μεταγνωστικών στρατηγικών για να καταστεί η όποια παρέμβαση αποτελεσματική. Αναγκαία θεωρείται η διδασκαλία αποτελεσματικών στρατηγικών μάθησης και μελέτης, μέσω των οποίων οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες θα υποστηριχθούν ουσιαστικά με σκοπό να ελαχιστοποιηθούν οι αδυναμίες τους (Γκάκης, Καμπυλαύκα & Πολυχρόνη, 2016).

Όσον αφορά στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες στον τομέα της αναγνωστικής ικανότητας, η έκθεση του National Reading Panel (2000), αναφέρει ως αποτελεσματικότερες μεθόδους παρέμβασης: (α) την παραγωγή ερωτήσεων που διατυπώνονται από τους ίδιους τους μαθητές σε σχέση με το περιεχόμενο του κειμένου που διαβάζουν, και (β) η απάντηση σε ερωτήσεις που διατυπώνονται από τον εκπαιδευτικό με την προϋπόθεση της άμεσης ανατροφοδότησης. Επίσης, μια σημαντική τεχνική είναι: (α) η αξιοποίηση γνωστικών και σημασιολογικών οργανωτών (π.χ. διαγράμματα, νοηματικοί χάρτες), καθώς και (β) η γραφική αναπαράσταση των πληροφοριών τις καθιστά πιο εύληπτες για το μαθητή. Ολοκληρώνοντας, μια ακόμη σημαντική τεχνική αποτελεί η παραγωγή περιλήψεων, μέσω της οποίας ο μαθητής καλείται να εντοπίσει την κεντρική ιδέα του κειμένου, να διακρίνει τις βασικές πληροφορίες και να αναδιατυπώσει το κείμενο (Γκάκης, Καμπυλαύκα & Πολυχρόνη, 2016). Επιπροσθέτως, είναι αναγκαία η υποστήριξη των μαθητών και οι τεχνικές παρέμβασης να εστιάζουν στη διδασκαλία στρατηγικών

οργάνωσης της γραφής και της ενίσχυσης των μεταγνωστικών δεξιοτήτων, ενώ καλό θα ήταν να μην παραβλέπεται η σπουδαιότητα της γραμματικής, της σύνταξης, του λεξιλογίου και του περιεχομένου (Graham & Harris, 2005).

Καταλήγοντας, όπως με την ανάγνωση και τη γραφή, η επίδοση των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά δύνανται να βελτιωθεί με σαφή **συστηματική διδασκαλία, η οποία παρέχει καθοδηγούμενη και ουσιαστική εξάσκηση με ανατροφοδότηση** (Fahsl, 2007/ L.S.Fuchs & Fuchs, 2003/ Maccini, Mulcahy & Wilson, 2007/ Owen & Fuchs, 2002/ Witzel, Mercer & Miller, 2003 όπ. αναφ. στον Heward, 2011, σ. 155) ως διασταυρούμενη πορεία μάθησης.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Είναι σημαντικό να κατανοήσουν οι εκπαιδευτικοί ότι η διδασκαλία των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες θεωρείται μία αρκετά απαιτητική διαδικασία, κατά την οποία οι ίδιοι καλούνται να λάβουν υπόψη τους όχι μόνον το αντικείμενο που θα διδάξουν, αλλά και το γνωστικό επίπεδο των μαθητή, τα βασικά γνωστικά και συναισθηματικά χαρακτηριστικά των παιδιών αυτών, καθώς και να υπολογίσουν το μνημονικό δυναμικό τους, τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν και σε ποιους τομείς, τη δυνατότητα οργάνωσης και διαχείρισης των διδασκόμενων πληροφοριών, την άποψή τους για τις δυνατότητές τους, τα κίνητρά τους καθώς και τα κοινωνικά χαρακτηριστικά που φέρουν (Μπότσας, 2008).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γκάκης, Κ., Καμπυλαύκα, Χ. & Πολυχρόνη, Φ. (2016). *Υποστήριξη μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες: Στρατηγικές μάθησης και μελέτης*. Ανακτήθηκε 17/8/2018, από:  
[https://www.researchgate.net/publication/309466594\\_Yposterixe\\_matheton\\_me\\_m\\_athesiakes\\_dyskolies\\_Strategikes\\_matheses\\_kai\\_meletes](https://www.researchgate.net/publication/309466594_Yposterixe_matheton_me_m_athesiakes_dyskolies_Strategikes_matheses_kai_meletes).
- Heward, W. (2011). *Παιδιά με ειδικές ανάγκες. Μία εισαγωγή στην Ειδική Εκπαίδευση*. Δαβάζογλου, Α., Κόκκινος, Κ. (επιστημονική επιμέλεια). Αθήνα: εκδ. Τόπος.
- Graham, S., & Harris, K.R. (2005). *Writing better: Effective strategies for teaching students with learning difficulties*. Baltimore: Brookes.
- Κουρκούτας, Η. (2014). *Σύγχρονα ζητήματα της Ενταξιακής Παιδαγωγικής και της Ψυχοπαιδαγωγικής παιδιών με ιδιαίτερες δυσκολίες*. Ανακτήθηκε 15/8/2018, από: <https://slideplayer.gr/slide/2594254/>.
- Μπότσας, Γ. (2008). Ενίσχυση των γνωστικών και συναισθηματικών χαρακτηριστικών των μαθητών με Μαθησιακές Δυσκολίες, Στο: Σ. Παντελιάδου & Φ. Αντωνίου (Επιμ.), *Διδακτικές Προσεγγίσεις και πρακτικές για μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες* (σσ. 32-34). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γράφημα.
- Νάνου, Α., Αναγνωστοπούλου, Ε. (2001). Πρώιμη παρέμβαση σε παιδιά που βρίσκονται σε επικινδυνότητα για σχολικές δυσκολίες. Στο: Τζουριάδου, Μ. (επιμέλεια). *Πρώιμη παρέμβαση. Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές* (σσ. 308-326). Αθήνα: εκδ. «Προμηθεύς».

- Παντελιάδου, Σ. (2008). *Μαθησιακές Δυσκολίες και Εκπαιδευτική Πράξη. Τι & Γιατί*. Αθήνα: εκδ. Ελληνικά Γράμματα.
- Παντελιάδου, Σ., Αντωνίου, Φ. (επιμέλεια). (2008). *Διδακτικές προσεγγίσεις και πρακτικές για μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής. Θεσσαλονίκη: εκδ. Γράφημα.
- Παντελιάδου, Σ., Πατσιοδήμου, Α. (2007). Προβλήματα στη σχολική μάθηση. Στο: Παντελιάδου, Σ., Μπότσας, Γ. (επιμέλεια), *Μαθησιακές δυσκολίες. Βασικές έννοιες και χαρακτηριστικά* (σσ. 42-52). Θεσσαλονίκη: εκδ. Γράφημα.
- Πολυχρόνη, Φ. (2007). Πρόληψη και παρέμβαση για παιδιά με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες στο πλαίσιο του σχολείου. *Νέα Υγεία*, 56, 8.
- Σκουμπορδή, Χ., Καλαβάσης, Φ. (2007). Σχεδιασμός ένταξης του παιχνιδιού στη μαθηματική εκπαίδευση για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία. Στο: Καλαβάσης, Φ., Κοντάκος, Α. (επιμ.). *Θέματα Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού*, σσ. 137-156, Αθήνα: εκδ. Ατραπός.
- Τζιβινίκου, Σ. (2015). *Μαθησιακές Δυσκολίες- Διδακτικές παρεμβάσεις* (ηλεκτρ. Βιβλ.). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Τρίγκα-Μερτίκα, Ε. (2010). *Μαθησιακές Δυσκολίες. Γενικές και Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες-Δυσλεξία*. Αθήνα: εκδ. Γρηγόρης.

# Μαθηματική Εκπαίδευση-Σχεδιασμός Εκπαιδευτικού Υλικού παιδιών προσχολικής και πρωτοσχολικής ηλικίας με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος ή Νοητική Αναπηρία: Α.Τρο.Π.Π.Ος

Σπυρίδων-Γεώργιος Σούλης<sup>1</sup> και Γαρυφαλιά Χαριτάκη<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν/μιου Ιωαννίνων, [ssoulis@cc.uoi.gr](mailto:ssoulis@cc.uoi.gr)

<sup>2</sup>Μέλος ΣΕΠ Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου, [charitaki.garyfalia@ac.eap.gr](mailto:charitaki.garyfalia@ac.eap.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Οι σύγχρονες προσεγγίσεις της Νοητικής Αναπηρίας συγκεκριμένα, αλλά και των Ειδικών Εκπαιδευτικών Αναγκών εν γένει, καταδεικνύουν μια σαφή προσπάθεια ανάδειξης της σπουδαιότητας των λειτουργικών ακαδημαϊκών δεξιοτήτων (Browder & Snell, 2000), καθώς στο επίκεντρο του προβληματισμού τοποθετείται η προσαρμοστική λειτουργία σε τομείς της καθημερινότητας (DSM-V, 2013). Υπό αυτό το πρίσμα, ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή της Μαθηματικής Εκπαίδευσης των παιδιών που είναι διαγνωσμένα είτε με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος, είτε με Νοητική Αναπηρία. Βασικό σκοπό του παρόντος επιστημονικού κειμένου αποτελεί η παρουσίαση του Ερευνητικού Προγράμματος Α.Τρο.Π.Π.Ος (Αναπτυξιακές Τροχιές Προβλεπτικών Παραμέτρων-Ορόσημων).*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος, Νοητική Αναπηρία, Λογικό-μαθηματική σκέψη, Γνωστικές παράμετροι, Αναπτυξιακές Τροχιές.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο βαθμός συγκρότησης της λογικομαθηματικής γνώσης καθορίζεται από τις δυνατότητες των νοητικών δομών που διαθέτει το παιδί δίχως αναπηρία και αναπτύσσεται μέσω της ενασχόλησης του με αντικείμενα, των συσχετίσεων που δομούνται κατά την ενασχόληση του με αυτά καθώς και των συλλογισμών που προκύπτουν. Το παιδί μεταβαίνοντας από το ένα αναπτυξιακό στάδιο στο άλλο (Piaget) συγκροτεί τη λογικομαθηματική του γνώση μέσω συλλογισμών, οι οποίοι εδράζονται στην αφαιρετική σκέψη και οι οποίοι υποστηρίζουν τη γενικότερη ανάπτυξη των λογικών ικανοτήτων του παιδιού (Δεληκανάκη, 2010). Αρκετοί ερευνητές (Blevins-Knabe, & Musun-Miller, 1996. Ginsburg, & Russell, 1981. Griffin, Case, & Capodilupo, 1995. Holloway et al., 1995.



Jordan, Huttenlocher & Levine, 1992. Saxe, Guberman, & Gearhart, 1987. Starkey, Klein, & Wakeley, 2004), υπογραμμίζουν την ύπαρξη διαφοροποιήσεων στο επίπεδο των μαθηματικών επιδόσεων – λογικομαθηματικής γνώσης ήδη από την ηλικία που τα παιδιά εισάγονται στην τυπική εκπαίδευση, γεγονός το οποίο ωθεί την έρευνα στην αναζήτησή αιτιολογικής βάσης του φαινομένου. Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία (Geary, Hamson, & Hoard 2000. Geary, Hoard, & Hamson, 1999) δεξιότητες όπως η αναγνώριση των συμβόλων των αριθμών και η απარიθμηση αποτελούν προγνωστικές παραμέτρους για την μετέπειτα κατάκτηση της τυπικής μαθηματικής γνώσης.

Η γνωστική επιστήμη προσπάθησε να αναζητήσει την αιτιολογική βάση του φαινομένου σε εγγενή χαρακτηριστικά του παιδιού με πρώτους τους Baddeley και Hitch (1974), οι οποίοι εξέτασαν το ρόλο της εργαζόμενης μνήμης. Αρκετοί ερευνητές διερεύνησαν το ρόλο των επιτελικών λειτουργιών (Espy, McDiarmid, Cwik, Stalets, Hamby, & Senn, 2004. Gathercole & Pickering, 2000. Gathercole, Pickering, Knight, & Stegman, 2004. McLean & Hitch, 1999. Passolunghi & Siegel, 2001) και άλλοι (Bull, Espy, & Wiebe, 2008) τον ρόλο της βραχύχρονης και μακρόχρονης μνήμης.

Η βραχύχρονη μνήμη όπως αναφέρθηκε παραπάνω αποτέλεσε μια από τις πρώτες γνωστικές παραμέτρους προς διερεύνηση. Η βραχύχρονη μνήμη αποτελεί ένα μέρος του μνημονικού συστήματος του ανθρώπου, το οποίο αναπτύσσει μια αναπαράσταση του ερεθίσματος αλλά δεν επιτρέπει τη λεπτομερέστερη αναπαράσταση και ανάλυση που χρειάζεται, αν οι πληροφορίες πρόκειται να χρησιμοποιηθούν με κάποιο τρόπο (Βοσνιάδου, 2001).

Μια άλλη γνωστική παράμετρος η οποία τίθεται στο επίκεντρο του προβληματισμού είναι η μακρόχρονη μνήμη, η οποία σε αντιδιαστολή με τη βραχύχρονη μνήμη έχει εξαιρετικά μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα (Βοσνιάδου, 2001. Medin, & Ross, 1992).

Σημαντική γνωστική παράμετρο αποτελούν και οι επιτελικές λειτουργίες (executive functions). Συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα σύνολο γνωστικών λειτουργιών οι οποίες είναι απαραίτητες για την προσαρμοστική συμπεριφορά, όπως είναι η αυτοοργάνωση, η επίλυση προβλημάτων και η κοινωνική συμπεριφορά (Anderson, 1998). Σύμφωνα με τη συναφή βιβλιογραφία, οι επιτελικές λειτουργίες περιλαμβάνουν δεξιότητες όπως η ικανότητα αναστολής, η νοητική ευελιξία και η εργαζόμενη μνήμη (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter, & Wager, 2000). Δεν είναι λίγοι οι ερευνητές (Brock, Rimm-Kaufman, Nathanson, & Grimm, 2009. Jacobson, Williford, & Pianta, 2011. Rimm-Kaufman, Pianta & Cox, 2000) οι οποίοι υποστηρίζουν ότι υπάρχει συσχέτιση των επιτελικών λειτουργιών με τη σχολική ετοιμότητα, την κοινωνική συμπεριφορά και την ακαδημαϊκή επίδοση γενικά, αλλά και ειδικότερα στις μαθηματικές (Blair & Razza, 2007). Όμως, ενώ στη βιβλιογραφία, τόσο στη διεθνή όσο και στην ελληνόγλωσση, καταγράφεται πλήθος μελετών που παρουσιάζουν συγκριτικές αναπτυξιακές τροχιές των γνωστικών παραμέτρων και της λογικομαθηματικής σκέψης του παιδιού δίχως αναπηρία, απουσιάζουν αντίστοιχες έρευνες για τα παιδιά με αναπηρία.

Το παρόν ερευνητικό πρόγραμμα επικεντρώνεται στη διερεύνηση της συμμεταβολής της βραχύχρονης μνήμης, της εργαζόμενης μνήμης και των επιτελικών λειτουργιών με την λογικομαθηματική σκέψη σε παιδιά προσχολικής και πρωτοσχολικής ηλικίας που

παρουσιάζουν είτε Διαταραχές Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), είτε Νοητική Αναπηρία (Ν.Α.). Ειδικότερα θα κατασκευασθούν συγκριτικές τροχιές ανάπτυξης προκειμένου να αναδειχθεί το ιδιαίτερο μαθησιακό-γνωστικό προφίλ, αναφορικά με τη λογικομαθηματική σκέψη, ατόμων με ΔΑΦ είτε ατόμων με Ν.Α. σε σύγκριση με άτομα που παρουσιάζουν τυπική ανάπτυξη. Πρόκειται για μια διαχρονική μελέτη, στην οποία θα συμμετέχουν δύο διαφορετικές πειραματικές ομάδες: α) παιδιά με ΔΑΦ και β) παιδιά με Ν.Α. Την ομάδα ελέγχου θα αποτελέσουν παιδιά με τυπική ανάπτυξη.

Συνοψίζοντας, η αποτύπωση της συμμεταβολής των γνωστικών συνιστωσών (βραχύχρονη μνήμη, εργαζόμενη μνήμη και επιτελικές λειτουργίες) με την ανάπτυξη των μαθηματικών δεξιοτήτων στα παιδιά προσχολικής και πρωτοσχολικής ηλικίας με ΔΑΦ ή ΝΑ, μέσω της παρούσας ερευνητικής πρότασης, θα επιτρέψει τη διαμόρφωση ανάλογων εκπαιδευτικών στρατηγικών, ώστε να καθίστανται τα παιδιά αυτά πιο λειτουργικά.

## **Μεθοδολογία Έρευνας**

### **Μέθοδος**

Κεντρικό ζητούμενο των ποσοτικών ερευνών αποτελεί η διατύπωση κανόνων μέσω της πλήρους διερεύνησης ενός φαινομένου. Για τις ανάγκες της προτεινόμενης έρευνας κρίνεται ως η πλέον κατάλληλη η ποσοτική μέθοδος.

### **Ερευνητική Στρατηγική**

Στο πλαίσιο της προτεινόμενης έρευνας κύριο ζητούμενο είναι η μελέτη της αναπτυξιακής πορείας της λογικο-μαθηματικής σκέψης και η συσχέτισή της με την ανάπτυξη των γνωστικών δεξιοτήτων (βραχύχρονη μνήμη, εργαζόμενη μνήμη και επιτελικές λειτουργίες) παιδιών προσχολικής και πρωτοσχολικής ηλικίας με ΔΑΦ ή ΝΑ, επελέγη η ερευνητική στρατηγική της διαχρονικής έρευνας για την υλοποίησή της. Συγκεκριμένα, η προτεινόμενη έρευνα αποτελεί μικρής κλίμακας διαχρονική έρευνα. Αρχικά, κατά τους δύο πρώτους μήνες, θα υλοποιηθεί ο πλήρης σχεδιασμός της έρευνας και ο εντοπισμός των συμμετεχόντων των 2 πειραματικών ομάδων και της ομάδας ελέγχου. Η αρχική συλλογή των δεδομένων σχετικά με τις προαναφερθείσες γνωστικές περιοχές θα έχει ως αφηρησία τον 3<sup>ο</sup> μήνα (ηλικία παιδιών 04:00/έτη:μήνες), η δεύτερη μέτρηση θα υλοποιηθεί τον 6<sup>ο</sup> μήνα και κάθε επόμενη μέτρηση θα υλοποιείται σε διάστημα 6 μηνών. Η τελευταία συλλογή δεδομένων θα διενεργηθεί κατά τον και 30<sup>ο</sup> μήνα (ηλικία παιδιών 06:06/έτη:μήνες).

### **Δειγματοληψία – Συμμετέχοντες**

Το δείγμα της παρούσας έρευνας θα αποτελείται από δύο διαφορετικές πειραματικές ομάδες: α) παιδιά με ΔΑΦ και β) παιδιά με Ν.Α. Την ομάδα ελέγχου θα αποτελέσουν παιδιά με τυπική ανάπτυξη. Για τις ανάγκες της προτεινόμενης έρευνας θα γίνει χρήση δειγματοληψίας κατά στρώματα για την επιλογή των παιδιών της ομάδας ελέγχου των παιδιών τυπικής ανάπτυξης μέσης χρονολογικής ηλικίας 04:00 (έτη:μήνες) (N1=50). Για την επιλογή των συμμετεχόντων των δύο άλλων πειραματικών ομάδων (παιδιά με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος και με Νοητική Αναπηρία) θα χρησιμοποιηθεί

δειγματοληψία σκοπιμότητας (N2=50 και N3=50). Σε όλες τις ομάδες θα επιχειρηθεί να υπάρχει ίσο-κατανομημένος αριθμός των συμμετεχόντων ανά φύλο.

### **Ερευνητικά Εργαλεία**

Κατά την έναρξη και την ολοκλήρωση της προτεινόμενης έρευνας, θα χορηγηθεί σε όλους τους συμμετέχοντες της έρευνας το Detroit Test of Learning Aptitude (DTLA:P-3) για την εκτίμηση της επάρκειας με βάση την προσέγγιση των αποκτημένων ικανοτήτων. Μέσω της χορήγησης του παρόντος ερευνητικού εργαλείου, επιδιώκεται να πραγματοποιηθεί η αρχική και τελική αξιολόγηση του νοητικού δυναμικού όλων των συμμετεχόντων της έρευνας. Για την εκτίμηση του επιπέδου της λογικομαθηματικής σκέψης, θα χορηγηθεί σε όλους τους συμμετέχοντες της έρευνας η Κλίμακα λογικομαθηματικής σκέψης - LogMath (Δεληκανάκη & Σταύρου, 2010).

Ενώ, για την εκτίμηση των γνωστικών δεξιοτήτων (βραχύχρονη μνήμη, εργαζόμενη μνήμη και επιτελικές λειτουργίες) θα χρησιμοποιηθούν οι ελληνικές προσαρμογές των παρακάτω κριτηρίων: Tower of London (Korkman, Kirk, & Kemp, 1998. Shallice, 1982), The Shape School (Espy, 1997. Espy, Bull, Martin, & Stroup, 2006), Hotel Test (Manly, Hawkins, Evans, Woldt, & Robertson, 2002) & Digit span (Alloway, 2007. Gathercole, Brown, & Pickering, 2003).

### **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and Statistical Manual for Mental Disorders* (4<sup>th</sup> ed.). Washington, D.C.: American Psychiatric Association.
- Anderson, V. (1998). Assessing Executive Functions in Children: Biological, Psychological, and Developmental Considerations. *Assessment of Attention and Executive Function*, 8(3), 319-349. doi:10.1080/713755568
- Alloway, T. P. (2007). Working memory, reading, and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 20-36.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- Brock, L. L., Rimm-Kaufman, S. E., Nathanson, L., & Grimm, K. J. (2009). The contributions of "hot" and "cool" executive function to children's academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, 24(3), 337-349. doi:10.1016/j.ecresq.2009.06.001
- Δεληκανάκη, Ν., & Σταύρου, Α. (2010). Κλίμακα Λογικό-μαθηματικής Σκέψης (LogMath). Αθήνα: Άνθρωπος.
- Espy, K.A. (1997). The Shape School: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13, 495-499.
- Espy, K.A., Bull, R., Martin, J., & Stroup, W. (2006). Measuring the development of executive control with the Shape School. *Psychological Assessment*, 18, 373-381.

- Espy, K.A., McDiarmid, M.M., Cwik, M.F., Stalets, M.M., Hamby, A., & Senn, T.E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematical skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 465–486.
- Gathercole, S. E., Brown, L., & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of National Curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology*, 20, 109-122.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70, 177-194.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegman, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from National Curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology*, 18, 1-16.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213-239.
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236-263.
- Jacobson, L., Williford, A. P., & Pianta, R. C. (2011). The role of executive function in children's competent adjustment to middle school. *Child neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 17(3), 255-80. doi: 10.1080/09297049.2010.535654
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (1998). A developmental neuropsychological assessment. Psychological Corporation. Chicago: NEPSY.
- Manly, T., Hawkins, K., Evans, J., Woldt, K., & Robertson, I.H. (2002). Rehabilitation of executive function: Facilitation of effective goal management on complex tasks using periodic auditory alerts *Neuropsychologia*, 40, 271-281.
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240-260.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44-57.

# Προσεγγίζοντας διδακτικά τη γνωστική περιοχή της Επίλυσης Προβλήματος στην Ε΄ τάξη με βάση το νέο διδακτικό πακέτο των Μαθηματικών (2018)

Άννα Πολυζώη<sup>1</sup> και Σοφία Κώτσου<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 2<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Αρχαγγέλου Ρόδου, anna\_pol.rhodes@hotmail.com

<sup>2</sup> Δημοτικό Σχολείο Μασάρων Ρόδου, KSofia2008@gmail.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια διδακτική προσέγγιση βασισμένη στο αναθεωρημένο διδακτικό πακέτο των Μαθηματικών της Ε΄ τάξης και εστιασμένη στη γνωστική περιοχή της Επίλυσης Προβλήματος. Πρωταρχικός στόχος αυτής της προσέγγισης είναι τα Μαθηματικά να αποκτήσουν νόημα για τους μαθητές μέσα από την ουσιαστική εμπλοκή τους στην κατασκευή της γνώσης.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Μαθηματικά Ε΄ τάξης, επίλυση προβλήματος, εποικοδομητισμός, μαθητοκεντρισμός, ΤΠΕ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι το νέο διδακτικό πακέτο των Μαθηματικών (2018) και η διδακτική προσέγγιση που παρατίθεται εστιάζει στην Επίλυση Προβλήματος, η οποία αποτελεί και την ουσία των Μαθηματικών αφού είναι ο μόνος δρόμος για να μάθει κανείς Μαθηματικά (Καραγεώργος, 2000:135). Έτσι, λοιπόν, γίνεται μια προσπάθεια πέρα από την παράθεση των θεωριών που αποτελούν την αφετηρία μας να μεταβούμε στην πράξη δίνοντας κάποιες ενδεικτικές διδακτικές πρακτικές, που στοχεύουν να συμβάλλουν θετικά στη διδασκαλία των Μαθηματικών με τρόπο που θα έχει νόημα για τους μαθητές, που θα ξεφεύγει απ' τη «δημιουργία καλών υπολογιστών πράξεων» και θα ανοίγει δρόμους για μια ουσιαστική εμπλοκή με διττό στόχο: την κατανόηση των μαθηματικών εννοιών μέσα από οικεία περιβάλλοντα προβληματισμού και την επόμενη καλλιέργεια της δεξιότητας επίλυσης προβλημάτων.

## ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η επίλυση προβλήματος αποτελεί ένα διδακτικό μοντέλο που διατρέχει όλο το εύρος της διδακτικής ύλης των μαθηματικών όλων των τάξεων και βαθμίδων της εκπαίδευσης.

Επιχειρώντας έναν σύντομο ορισμό, θα λέγαμε πως σχετίζεται άμεσα με τον κονστρουκτιβισμό και ο κορμός της περιλαμβάνει τέσσερα καίρια στάδια: α) την κατανόηση του προβλήματος, β) τη δημιουργία σχεδίου δράσης, γ) τη διεξαγωγή της επίλυσης προβλήματος και δ) την επανεξέταση της προβληματικής κατάστασης (Κυριαζής, Ψυχάρης, Κορρές, 2012: 54-55).

Όσον αφορά στο πρώτο στάδιο σύμφωνα με τον Gyorgy Polya, επιδιώκεται η αναγνώριση της φύσης του προβλήματος, των δεδομένων και των ζητούμενων. Ακολούθως, κατά το σχέδιο δράσης, οι μαθητές καλούνται να αξιοποιήσουν στρατηγικές, όπως η απλοποίηση ή η αναπαράσταση του προβλήματος, η ανάκληση στη μνήμη ανάλογων προβληματικών καταστάσεων, η χρήση αλγορίθμων κ.ά.. Κατά τη διεξαγωγή της επίλυσης του προβλήματος, εφαρμόζεται το επιλεγμένο σχέδιο βήμα προς βήμα. Στην τελευταία φάση, ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τον μαθητή να ακολουθήσει μια πορεία μεταγνωστική, αναφορικά με τη διαδικασία που ακολούθησε (Polya, 1998: 33-49).

### **1.1. Η σημασία της επίλυσης προβλήματος**

*Ο σπουδαιότερος λόγος που μαθαίνουμε μαθηματικά είναι για να λύνουμε προβλήματα, αλλά και ο μοναδικός ίσως δρόμος για να μάθουμε μαθηματικά είναι λύνοντας προβλήματα* (Καραγεώργος, 2000: 135).

Βασικός σκοπός της σύγχρονης εκπαίδευσης είναι να εφοδιάζει τους μαθητές και αυριανούς πολίτες, με την ικανότητα επίλυσης προβληματικών καταστάσεων, ανάγοντας, έτσι, την επίλυση προβλήματος, σε ουσιαστικό στοιχείο επιτυχίας των Αναλυτικών Προγραμμάτων. Επομένως, είναι επιτακτική η μετατόπιση του ενδιαφέροντος από τις στείρες υπολογιστικές διαδικασίες σε στοχευμένες δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων.

### **1.2. Η επιλογή προβλημάτων στη διδακτική πράξη**

Τα προβλήματα που αξιοποιούμε στη διδακτική πράξη είναι αναγκαίο να πληρούν την έννοια της πολλαπλότητας ως προς την προσέγγιση επίλυσης (Μαμόνα-Downs & Παπαδόπουλος, 2017: 8) να βασίζονται στα ενδιαφέροντά των μαθητών και να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο «ρεαλιστικά», ώστε να συνδέεται η γνώση με την καθημερινότητα των παιδιών αποκτώντας κατ' αυτόν τον τρόπο νόημα (Κολέζα, 2009: 111-112). Στην ουσία κάνουμε λόγο για «ανοικτά» προβλήματα, τα οποία βάσει ερευνών συμβάλλουν στην εμπλοκή των μαθητών σε μια παραγωγική διερεύνηση ενθαρρύνοντας τους λύτες να αναζητούν σχέσεις που ισχύουν και μοτίβα, να κάνουν γενικεύσεις, να παίρνουν συνειδητές αποφάσεις (Καραγεώργος, 2000: 214). Στο νέο σχολικό εγχειρίδιο των Μαθηματικών (2018) υπάρχουν ανοικτά προβλήματα τα οποία όμως συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία της διερεύνησης στο τέλος κάθε κεφαλαίου του τετραδίου εργασιών, έχοντας τον ρόλο προαιρετικής δραστηριότητας.

### **1.3. Ο ρόλος του δασκάλου στη διδακτική προσέγγιση των Μαθηματικών**

Το σχολείο ως μικρογραφία μιας κοινωνίας που συνεχώς εξελίσσεται, προϋποθέτει την εξέλιξη του ρόλου του εκπαιδευτικού. Έτσι, μεταβαίνουμε από τους φορείς «σοφίας», της

αποκαλούμενης «αυθεντίας» σε μια ριζικά διαφοροποιημένη κατάσταση, που θέλει τον δάσκαλο εμπνευστή του νεαρού μαθητή, καθοδηγητή ως προς την ανακάλυψη και «κατασκευή» της νέας γνώσης και πληροφορίας, συνεργάτη και συντονιστή στη διδακτικομαθησιακή διαδικασία (Καραγεώργος, 2000:38). Πρόσθετο χαρακτηριστικό του εκπαιδευτικού στην προσέγγιση των Μαθηματικών είναι να είναι ανοικτός στην πρόκληση των διερευνητικών προβλημάτων και να αφιερώνει χρόνο, χωρίς άγχος. Διδακτικές πρακτικές που θα μπορούσε να εφαρμόσει ο δάσκαλος στην τάξη βάσει των αρχών των κατασκευαστικών θεωριών είναι:

- την ενεργό εμπλοκή των νεαρών μαθητών στη διερεύνηση προβληματικών καταστάσεων,
- τη δημιουργία προβληματικών καταστάσεων από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό,
- την κοινωνική κατασκευή της γνώσης και
- τη συνεργατική ατμόσφαιρα μάθησης (Κυριαζής κ.ά., 2012: 31-32).

### **ΕΠΟΠΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ, ΑΝΟΙΧΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΠΕ**

Οι διδακτικές προσεγγίσεις που ακολουθούν δίνουν πρόσθετες ιδέες για τον χειρισμό των διερευνητικών προβλημάτων στην πράξη, αλλά και την προσέγγιση των ήδη υπάρχουσών ανοικτών προβλημάτων που συμπεριλαμβάνονται στο νέο βιβλίο. Στις διδακτικές προτάσεις χρησιμοποιήθηκαν πλούσιο εποπτικό υλικό και νέες τεχνολογίες (εφεξής ΤΠΕ). Αναφορικά με το εποπτικό υλικό, αυτό περιλαμβάνει υλικά οικεία στα παιδιά, που μπορεί να είναι από μία κόλλα Α4, μέχρι την κατασκευή ενός πλασματικού μαγαζιού στην τάξη. Ο συλλογισμός στον οποίο βασίζονται, είναι πως μέσα από το πιο απλό υλικό μπορεί να γίνει πραγματικότητα η ουσιαστική εμπλοκή των μαθητών στην διερευνητική διαδικασία των μαθηματικών, με τρόπο παιγνιώδη. Για παράδειγμα μπορεί ο εκπαιδευτικός να προσεγγίσει τη μαθηματική έννοια του κλάσματος με ένα ανοικτό πρόβλημα τύπου «Πόσες φορές χωράει το  $\frac{1}{4}$  στο  $\frac{1}{2}$ » αξιοποιώντας το δίπλωμα μιας κόλλας Α4. Προτείνεται, λοιπόν, ο σχεδιασμός από τον εκπαιδευτικό τέτοιων προβληματικών πλαισίων που θα πληρούν τις προϋποθέσεις που έχουν αναφερθεί δίνοντας έτσι στα παιδιά τη δυνατότητα να εργαστούν και να «κάνουν» Μαθηματικά (Μαμώνα-Downs & Παπαδόπουλος, 2017). Υλικό μπορούν να βρουν οι ενδιαφερόμενοι στη βιβλιογραφία της εργασίας, αλλά και σε μαθηματικούς διαγωνισμούς.

Αναφορικά με την αξιοποίηση των ΤΠΕ στη σχολική πραγματικότητα είναι φυσικό επακόλουθο των εξελίξεων που λαμβάνουν χώρα στην κοινωνία που ζούμε (Κυριαζής, κ.ά., 2012: 60). Οι ΤΠΕ, που προτείνονται στον πίνακα που ακολουθεί, προσεγγίζονται με κριτικό και δημιουργικό τρόπο βάσει των ΑΠΣ (Κρον & Σοφός, 2007: 48-55). Είναι απαραίτητο, ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιεί τα ψηφιακά εργαλεία ως διανοητικούς συνεργάτες και μέσα διδασκαλίας του μαθητή στη μαθησιακή διαδικασία (Κορρές, 2007).

### **ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ-ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ**

Εν συνεχεία, παρατίθενται συγκεκριμένες και ενδεικτικές διδακτικές προτάσεις με βάση τη θεματολογία της κάθε ενότητας του νέου διδακτικού πακέτου των Μαθηματικών

(2018) στα πλαίσια της Επίλυσης Προβλήματος. Η συντομία καταγραφής είναι απαραίτητη προκειμένου να τηρηθούν οι οδηγίες συγγραφής εργασιών του συνεδρίου.

**Πίνακας 1:** Διδακτικές προσεγγίσεις

| ΕΝΟΤΗΤΑ   | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ  |
|---|--|
| <b>1. Επίλυση Προβλήματος και Φυσικοί Αριθμοί</b>           | <p>Εικαστική δημιουργία καταγραφής στρατηγικών επίλυσης μετά τα δύο πρώτα επαναληπτικά κεφάλαια του βιβλίου, η οποία θα αξιολογείται καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς, για αναθεώρηση, συμπλήρωση κτλ.. Εμείς δημιουργήσαμε έναν χάρτινο πύραυλο δύο μέτρων και σε κάθε πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε, επιλέγουμε μία στρατηγική απ' τις ήδη αναγραφόμενες ή δημιουργούμε νέες και τις καταγράφουμε. Δημιουργία επιτραπέζιων παιχνιδιών για τη διαχείριση των φυσικών αριθμών. Κατασκευή «μαγαζιού» (π.χ. μανάβικο ή τράπεζα), στο οποίο θα εκτελούνται συναλλαγές. Αξιοποίηση ρεαλιστικών καταστάσεων (π.χ. κυλικείο, ταμείο τάξης, οργάνωση εκδρομής), για την εξοικείωση με τους φυσικούς αριθμούς.</p> |
| <b>2. Οι τέσσερις πράξεις και τα κριτήρια διαιρετότητας</b> | <p>Αξιοποίηση ψηφιακού υλικού από την εκπαιδευτική τηλεόραση και το Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο (περιλαμβάνονται διαδραστικές παρουσιάσεις). Χρήση λογισμικού απ' το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Παρουσίαση εναλλακτικών τρόπων πολ/σμου (π.χ. κινέζικος πολ/σμος).</p>  |
| <b>3. Κλάσματα</b>  | <p>Αξιοποίηση για την κατανόηση των κλασματικών εννοιών και μετατροπών α) οικείου για τα παιδιά υλικού (π.χ. ένα κουτί με μια χάρτινη πίτσα, η κόλλα Α4), β) της ώρας (<math>15' = 1/4</math> της ώρας), γ) παιχνιδιών (π.χ. ρίψη βολής στο προαύλιο).</p>   |
| <b>4. Στατιστική</b>  | <p>Διεξαγωγή πραγματικών ερευνών για προσφιλή στα παιδιά θέματα. Εύρεση του δικού τους Μ.Ο. σχετικό με θέματα βαθμολογίας, διατροφής, κατανάλωσης νερού κ.ά.. Εδώ θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν και περιβαλλοντικά προβλήματα της περιοχής λόγω χάρη σε σχέση με την κατανάλωση ρεύματος ή να χρησιμοποιηθούν οι λογαριασμοί της ΔΕΗ σε σχέση με το κοστολόγιο. Έτσι, οι μαθητές να υπολογίζουν τον Μ.Ο. και να κατανοούν στην πράξη τη σημασία του.</p>  |
| <b>5. Δεκαδικοί αριθμοί και ποσοστά</b>                     | <p>Εύρεση από τα παιδιά των γενικών κανόνων μετατροπών. Διατύπωση προβλημάτων απ' τα παιδιά και επίλυσή τους σε ομάδες με εναλλακτικούς τρόπους έκφρασης «του μέρους» (π.χ.</p>  |



|  |   |
|--|---|
|  | με δεκαδικό αριθμό, με κλάσμα κ.τ.λ.). Χρήσιμο σε αυτό το συννεφόμελο.  |
|  | Επίσκεψη σε μαγαζί που έχει εκπτώσεις και επίλυση επί τόπου προβλημάτων εύρεσης τελικής τιμής.  |
| <b>6.Αρνητικοί αριθμοί και μοτίβα</b>    | Αξιοποίηση πινάκων ζωγραφικής διάσημων ζωγράφων που εμπεριέχουν γεωμετρικά σχήματα και μοτίβα (π.χ. του Kandinsky, Picaso, Klimt κ.ά.).   |
| <b>7.Γεωμετρία</b>                       | Πειράματα με θέμα την θερμότητα για την κατανόηση των αρνητικών αριθμών.<br>Χρήση του λογισμικού για διαδραστικό πίνακα οreenboard για τη κατανόηση των γωνιών μέσα και πάλι από διερευνητικές καταστάσεις και σχεδιάσή τους.   |
| <b>8.Μονάδες μέτρησης και μετατροπές</b> | Πραγματικές μετρήσεις αντικειμένων (π.χ. περίμετρος προαύλιου, μήκος θρανίου).<br>Χρήσιμο να παροτρύνουμε τα παιδιά μέσω προβλημάτων να βρουν τρόπους να κάνουν μετρήσεις με και χωρίς μέτρο.<br>Κατασκευή λ.χ. χαρταετού κ.ά.. |

---

## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Βρυώνης Κ., Δουκάκης Σπ., Καρακώστα Β., Μπαραλής Γ. & Σταύρου Ι. (2018). *Μαθηματικά Ε΄ Δημοτικού*, Βιβλίο Μαθητή, Α΄ και Β΄ τεύχος. Αθήνα: ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- Βρυώνης Κ., Δουκάκης Σπ., Καρακώστα Β., Μπαραλής Γ. & Σταύρου Ι. (2018). *Μαθηματικά Ε΄ Δημοτικού*, Τετράδιο Εργασιών, Α΄ και Β΄ τεύχος. Αθήνα: ΙΤΥΕ Διόφαντος.
- Driver R, Squires A., Rushworth P.& Wood- Robinson V. (2000). *Οικο- δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Μια παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των μαθητών*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Καραγεώργος Α.Δ. (2000). *Το πρόβλημα και η επίλυσή του. Μια διδακτική προσέγγιση*, Αθήνα: Σαββάλας.
- Κολέζα Ε. (2009). *Θεωρία και πράξη στη διδασκαλία των μαθηματικών*, Αθήνα: Τόπος.
- Κορρές Κ. (2007). *Μια διδακτική προσέγγιση των μαθημάτων θετικών επιστημών με τη βοήθεια νέων τεχνολογιών*. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Στατιστικής και Ασφαλιστικής Επιστήμης. Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Kron W. F. & Σοφός Α. (2007). *Διδακτική των Μέσων, Νέα Μέσα στο πλαίσιο των Διδακτικών και Μαθησιακών Διαδικασιών*, Αθήνα: Gutenberg.
- Κυριαζής Α., Ψυχάρης Σ. & Κορρές Κ. (2012). *Η διδασκαλία και η μάθηση των θετικών επιστημών με τη βοήθεια του υπολογιστή*, Αθήνα: Παπαζήση.
- Μαμωνά-Downs Γ. & Παπαδόπουλος Ι. (2017), *Επίλυση Προβλήματος στα Μαθηματικά. Η πορεία της σκέψης κατά την αναζήτηση της λύσης*. Κρήτη: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας.
- Polya G. (1998). *Πώς να το λύσω*, Αθήνα: Καρδαμίτσα.

# Διεπιστημονική και διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας των συναρτήσεων στα Μαθηματικά με την χρήση εικονικών εργαστηρίων

Παναγιώτα Αργύρη

Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πρότυπο Γενικό Λύκειο Ευαγγελικής  
Σχολής Σμύρνης, [argiry@gmail.com](mailto:argiry@gmail.com)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η σύνδεση των συναρτήσεων με πραγματικές καταστάσεις, όπου οι μαθητές θα εμπλέκονται διερευνητικά, αλλά και η διεπιεπιστημονική σύνδεση των εφαρμογών των συναρτήσεων στα γνωστικά πεδία των Θετικών Επιστημών αποτελεί πρόκληση στην διδασκαλία των Μαθηματικών. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τέτοια παραδείγματα καινοτόμων διδακτικών προσεγγίσεων στη μαθηματική μοντελοποίηση, τα οποία αξιοποιούν τις δυνατότητες του περιβάλλοντος διερευνητικής μάθησης του ευρωπαϊκού έργου Next Lab (<http://nextlab.golabz.eu/>) και των διδακτικών πόρων του Ευρωπαϊκού έργου Platon (<http://www.platon-project.eu/>).*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** μαθηματικά, ευρωπαϊκό έργο Next Lab, ευρωπαϊκό έργο Platon, διερευνητική μάθηση, διεπιστημονικότητα

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Ευρωπαϊκό έργο Next Lab (ως συνέχεια του έργου Go-Lab) αποτελεί ένα ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό περιβάλλον που υποστηρίζει και ενισχύει τη χρήση επιστημονικών διατάξεων και εικονικών πειραμάτων (on line labs) (<http://www.golabz.eu/labs>) στην εκπαιδευτική διαδικασία τα οποία παρέχονται από γνωστά ερευνητικά κέντρα, επιστημονικούς οργανισμούς και πανεπιστήμια. Επιπρόσθετα το έργο έχει ενσωματώσει μικρές εφαρμογές λογισμικού (widgets web-based) όπου ομαδοποιούνται, σύμφωνα με τις λειτουργίες και τους σκοπούς τους και χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν συγκεκριμένες δραστηριότητες πειραματισμού και μάθησης.

Το Ευρωπαϊκό έργο Platon μέσω καλά διαρθρωμένων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, υποστηρίζει τους εκπαιδευτικούς στην ενσωμάτωση των on line εργαστηρίων και των εφαρμογών για σχέδια διδασκαλίας για τις θετικές επιστήμες που ακολουθούν την διερευνητική μάθηση. Επιπρόσθετα προωθεί την διεπιστημονική

προσέγγιση στη μάθηση με βάση τις «Μεγάλες Ιδέες» της Επιστήμης, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως «ομπρέλες», κάτω από τις οποίες μπορεί να συγκεντρωθεί υλικό για διάφορες έννοιες, προκειμένου να αναπτυχθεί μία κοινή έννοια/ένα κοινό θέμα που διέπει το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών των θετικών επιστημών.

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται η αξιοποίηση των ψηφιακών εργαλείων και των διδακτικών πόρων των δύο έργων για δραστηριότητες, οι οποίες αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα διεπιστημονικής προσέγγισης και έχουν ως βασικό στόχο την κατανόηση και την άρση των δυσκολιών των μαθητών με τη μαθηματική μοντελοποίηση, καθώς έχει διαπιστωθεί ότι αδυνατούν να συνδυάσουν τις διαφορετικές αναπαραστάσεις της συνάρτησης (γραφική παράσταση, αλγεβρική σχέση) (Sajka, M., 2003).

## **ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

### **Διερευνητική Μάθηση**

Η διερευνητική προσέγγιση της μάθησης (Inquiry Based Science Education, IBSE) είναι μια παιδαγωγική στρατηγική βασισμένη στη φυσική περιέργεια του μαθητή ως βασική δύναμη που ωθεί στην κατανόηση της γνώσης. Οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά στην παραγωγή της γνώσης μέσω ερωτήσεων, υποθέσεων, πειραμάτων, παρατηρήσεων και αναλύσεων παρά μέσω της μετωπικής διδασκαλίας και έκθεσης της γνώσης από τους εκπαιδευτικούς και της στείρας απομνημόνευσης (Σωτηρίου κ.ά, 2012).

### **Διεπιστημονική Προσέγγιση**

Το θέμα της *διεπιστημονικής (interdisciplinary) συνεργασίας*, στο πλαίσιο μιας *διαθεματικής (cross-curricular)* οργάνωσης του ΠΣ βρίσκεται στο προσκήνιο των εκπαιδευτικών μεταρρυθμίσεων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό (Αλαχιώτης, 2003 : Αργυροπούλου, 1998; Ματσαγγούρας, 2002; Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2002α). Την τελευταία δεκαετία επιχειρήθηκαν θεμελιώδεις αλλαγές στην υποχρεωτική εκπαίδευση με τα νέα Προγράμματα Σπουδών (ΔΕΠΠΣ). Κυρίαρχο στοιχείο των καινοτομιών που εισάγουν τα νέα Προγράμματα (που δημοσιεύτηκαν το 2002) αποτελεί η έννοια της “διαθεματικότητας”, η οποία εμφανίζεται ως ένα σημείο καμπής ανάμεσα στις “παραδοσιακές” και τις “μοντέρνες” αντιλήψεις για τη μάθηση και διδασκαλία.

Ο «Διακλαδικός Χάρτης των Ιδεών της Επιστήμης» (<http://platon.ea.gr/content/3d-interdisciplinary-map-science-ideas>) που παρέχεται από το ευρωπαϊκό έργο Platon λειτουργεί ως οργανωτικό σχήμα για έννοιες και αρχές που επιτρέπει στους μαθητές να εντοπίζουν τις σχέσεις μεταξύ των γνωστικών αντικειμένων (βιολογία, φυσική, χημεία) Επιπρόσθετα, το Go-Lab έχει οργανώσει τα διαδικτυακά του εργαστήρια και τους ΧΔΜ σύμφωνα με τις «Μεγάλες Ιδέες» της επιστήμης (<http://www.golabz.eu/big-ideas>), παράλληλα με μια σειρά άλλων πιο συμβατικών μεταδεδομένων (π.χ. σχολική φάση, επιστημονικό θέμα, ηλικία των μαθητών, κλπ.).

### Σύνδεση των επιστημονικών γνώσεων με τον πραγματικό κόσμο

Στους στόχους του Προγράμματος Σπουδών για τα Μαθηματικά στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι ο μαθητής θα πρέπει α) να αναλύει, να ερμηνεύει και να επεμβαίνει στο κοινωνικό του περιβάλλον, χρησιμοποιώντας ως εργαλείο τα μαθηματικά και β) να αναλύει και ερμηνεύει τον τρόπο που χρησιμοποιούνται τα μαθηματικά για τη λήψη αποφάσεων στο κοινωνικό περιβάλλον (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο στο πλαίσιο υλοποίησης της Πράξης «ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ, Σχολείο 21ου αιώνα – Νέο πρόγραμμα σπουδών»).

## ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

### Κρατήρες ουράνιων σωμάτων στην επιφάνεια της Γης

Οι μαθητές αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο καθώς καλούνται να διατυπώσουν υποθέσεις για τις παράμετρος ή τις μεταβλητές που θα πρέπει να λάβουμε υποψιν κατά τη διερεύνηση της πτώσης ουράνιου σώματος (κομήτη ή αστεροειδούς) στην επιφάνεια της γης. Στους συλλογισμούς τους λαμβάνουν υπόψη και τα χαρακτηριστικά του σώματος που προσκρούει, τα χαρακτηριστικά της τροχιάς, αλλά και τα χαρακτηριστικά της περιοχής πρόσκρουσης. Οι υποθέσεις τους εισάγονται σε εννοιολογικό χάρτη (<http://www.golabz.eu/content/go-lab-concept-mapper>) και μέσα από τις συνδέσεις οι μαθητές εξοικονώνονται με την κατηγοροποίηση των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών κατά την μελέτη του φαινομένου που θα μοντελοποιηθεί.

Το εικονικό εργαστήριο <http://education.down2earth.eu> αποτελεί το βασικό εργαλείο για τη μελέτη/διερεύνηση των παραμέτρων της πτώσης του ουράνιου σώματος (ταχύτητα, πυκνότητα υλικού, γωνία τροχιάς, διάμετρος) με τις αντίστοιχες συνέπειες που προκαλούνται στη γη. Συγκεκριμένα οι μαθητές καταγράφουν τα δεδομένα (εικόνα 1: εφαρμογή <http://www.golabz.eu/apps/data-viewer>) που προκύπτουν από την μεταβολή των χαρακτηριστικών του κρατήρα πρόσκρουσης (πλάτος, βάθος, όγκος) σε σχέση με την μεταβολή των παραμέτρων (διάμετρος, γωνία πρόσκρουσης, ταχύτητα, υλικό πρόσκρουσης).



Εικόνα 1 : Πίνακας τιμών για την μεταβολή της ανεξάρτητης μεταβλητής της ταχύτητας σε σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή του βάθους του κρατήρα και αποτύπωση των μεταβολών στην αντίστοιχη γραφική παράσταση.

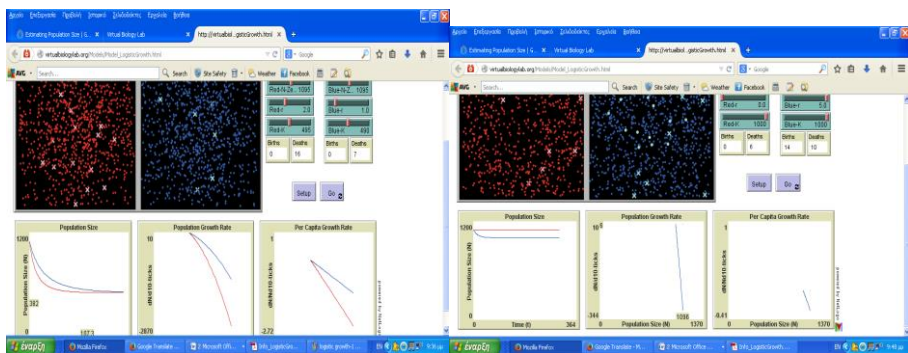
Στη φάση αυτή εισάγεται προς διερεύνηση και το φυσικό μέγεθος της κινητικής ενέργειας που εξαρτάται από την ταχύτητα του ουράνιου σώματος και οι μαθητές

εργάζονται διεπιστημονικά για την σύνδεση των συναρτήσεων με την φυσική και την αστρονομία. Η διεπιστημονικότητα των Μαθηματικών με την Φυσική και την Αστρονομία συμπληρώνεται και από την μελέτη των επιπτώσεων πτώσης σε πραγματικές καταστάσεις, καθώς η πτώση του ουράνιου σώματος προσομοιώνεται και στον χάρτη Google Map με διαφορετικές επιλογές ηπείρων και περιοχών.

### Λογιστικό Μαθηματικό Μοντέλο : Ανάλυση Δραστηριοτήτων

Οι μαθητές αναλαμβάνουν να διερευνήσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την δυνατότητα αύξησης του μεγέθους ενός πληθυσμού το μικρόκοσμο (βακτήρια) και στους ανθρώπινους οργανισμούς με την βοήθεια του εικονικού εργαστηρίου (εικόνα 2 :

[http://virtualbiologylab.org/Models/Model\\_LogisticGrowth.html](http://virtualbiologylab.org/Models/Model_LogisticGrowth.html)



Εικόνα 2: Εικονικό εργαστήριο λογιστικού μαθηματικού μοντέλου

Η διερεύνηση των υποθέσεων για την σχέση του ρυθμού ανάπτυξης και του μεγέθους του πληθυσμού ή την επίδραση της ικανότητας αναπαραγωγής και του αρχικού μεγέθους ή του ρυθμού ανάπτυξης του πληθυσμού σε σχέση με την ικανότητα αναπαραγωγής υποστηρίζεται από τις εφαρμογές της διαμόρφωσης των ερευνητικών ερωτημάτων (<https://www.golabz.eu/app/question-scratchpad>), της καταγραφής των παρατηρήσεων (<https://www.golabz.eu/app/observation-tool>) και του σχεδιασμού των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων για την εξαγωγή συμπερασμάτων (<https://www.golabz.eu/app/function-plotter>).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αξιοποίηση τέτοιου είδους δραστηριοτήτων στην σχολική τάξη των Μαθηματικών έχει αξιολογηθεί σε εμπειρικό επίπεδο με ποιοτικές και ποσοτικές μεθόδους και καταγράφονται πολύ θετικές στάσεις από τους μαθητές σε συνδυασμό με την απόκτηση γνώσεων. Επιπρόσθετα έχει διαπιστωθεί: α) Καλλιέργεια κινήτρων για τη μάθηση των θετικών επιστημών β) την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος για ενασχόληση με επιστημονικά θέματα, γ) καλλιέργεια κριτικής σκέψης, δ) ενσωμάτωση καινοτόμων στρατηγικών, όπως η ενεργητική μάθηση, όπου οι μαθητές ενθαρρύνονται να αναλάβουν τη δική τους ευθύνη για τη μάθησή τους, να αναπτύξουν τη δική τους σημασία και να

κατασκευάσουν τη δική τους γνώση. Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων του έργου Next Lab και Platon στην διδασκαλία των Μαθηματικών βελτιώνει τις διδακτικές προσεγγίσεις και εισάγει νέες μορφές και ευκαιρίες στη μάθηση. Δημιουργείται ένα ανοιχτό μαθησιακό περιβάλλον κατά το οποίο οι μαθητές "κάνουν οι ίδιοι μαθηματικά", καθώς συνεργάζονται μεταξύ τους μέσα στο περιβάλλον διερευνητικής μάθησης, διερευνούν και πειραματίζονται για την ανακάλυψη της νέας γνώσης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Sajka, M. (2003). *A secondary school student's understanding for the concept of function – a case study*. Educational Studies in Mathematics, 53, 229-254.
- Αλαχιώτης, Σ. (2002δ). *Για ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό σύστημα*. Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, Νο 7, 7-18, Αθήνα, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Αλαχιώτης, Σ. (2003). *Για ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό σύστημα: Η διαθεματικότητα και η Ευέλικτη Ζώνη αλλάζουν την Παιδεία και Αναβαθμίζουν την Ποιότητα της Εκπαίδευσης*. Οδηγίες Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.
- Διαθέσιμο [www.pi-schools.gr/download/programs/depps/s\\_alax\\_diathematikotita.pdf](http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/s_alax_diathematikotita.pdf)
- Αργύρη Π., (2013) *Η αξιοποίηση των μαθηματικών εκπαιδευτικών λογισμικών στη διδασκαλία των συναρτήσεων*, 3ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία» Ελληνική Επιστημονική Ένωση Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση (ΕΤΠΕ).
- Αργύρη Π. (2013). *Η παιδαγωγική αξιοποίηση των μαθηματικών εκπαιδευτικών λογισμικών*. Πανελλήνιο Συνέδριο της Επιστημονικής Ένωσης Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας για τη Διάδοση των Τ.Π.Ε. στην εκπαίδευση «Η εκπαίδευση στην εποχή των Τ.Π.Ε.», Αθήνα.
- Αργύρη Π. (2013). *Οι «Μεγάλες Ιδέες» της Επιστήμης στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών των θετικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης*. Πρακτικά 17ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Η Φυσική συναντά την Κοινωνία», Τόμος 1, Διδακτική της Φυσικής, 42-52. Ένωση Ελλήνων Φυσικών.
- Αργυροπούλου, Χ. (1998). *Τα Μαθηματικά στην Εκπαίδευση με το 2000 ante portas*. Πρακτικά 15ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Μαθηματικής Παιδείας: 'Τα Μαθηματικά στις Νέες Εκπαιδευτικές Συνθήκες', 24-40. Χίος: Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). *Διεπιστημονικότητα, διαθεματικότητα, και ενιαιοποίηση στα νέα Προγράμματα Σπουδών: Τρόποι οργάνωσης της σχολικής γνώσης*. Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, τ. 7, 19-36.
- Σωτηρίου, Σ., Ξανθουδάκη, Μ., Calcagnini, S., Ζερβάς, Π., Sampson, D. G., Bogner, F. X. (2012). *Pathway: Διερευνητικές διαδρομές στη διδασκαλία των επιστημών – Οδηγός καθηγητή*. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ανάκτηση 25 Μαΐου 2016, από [http://pathway.ea.gr/sites/default/files/d4.3\\_GREEK.pdf](http://pathway.ea.gr/sites/default/files/d4.3_GREEK.pdf).
- Υ.Π.Δ.Μ.Θ. (Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων) (2010). *Το Νέο Σχολείο-Πρώτα ο μαθητής*. Αθήνα: Υ.Π.Δ.Μ.Θ. Ανάκτηση 10 Ιανουαρίου 2011, από [http://www.yperth.gr/docs/neo\\_sxoleio\\_brochure\\_100305.pdf](http://www.yperth.gr/docs/neo_sxoleio_brochure_100305.pdf).
- Υ.Π.Δ.Μ.Θ. (Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων) (2011). *Πρόταση για το Νέο Λύκειο*. Αθήνα: Υ.Π.Δ.Μ.Θ. Ανάκτηση 30 Δεκεμβρίου 2011, από [http://paspif.gr/wp-content/uploads/2011/07/neo\\_lykeio.pdf](http://paspif.gr/wp-content/uploads/2011/07/neo_lykeio.pdf)

# Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για τη χρήση και την ένταξη των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Μαθηματικών

**Ιωάννης Καραγιάννης<sup>1</sup> και Τριανταφυλλιά Τσομαρέλη<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Σχολικός Σύμβουλος Μαθηματικών, Γ. Μαύρου 2, Ρόδος, karagiiv01@yahoo.gr

<sup>2</sup>Καθηγήτρια Αγγλικών Δ.Ε, 3<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Ρόδου, rtsomareli@yahoo.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία αυτή συνιστά μια πρώτη ερευνητική προσέγγιση των αντιλήψεων των καθηγητών των Μαθηματικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όσον αφορά στη χρήση και στην ένταξη των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην διδακτική πράξη.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Μαθηματικά, εκπαιδευτικοί, ΤΠΕ, αντιλήψεις.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια στην εκπαίδευση έχουν εισαχθεί, με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς, η Τεχνολογία της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.) Α΄ και Β΄ επιπέδου. Οι αντιλήψεις των καθηγητών των μαθηματικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τον ρόλο των ΤΠΕ στη διδακτική διαδικασία καθορίζει, σε κάποιο βαθμό, και την αποδοχή ή μη του καινούργιου στη διδακτική πράξη (Θωμαΐδης, 1984).

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Στις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα η καθιερωμένη μέθοδος διδασκαλίας ήταν να «παρουσιάζεται ένας κανόνας από τον καθηγητή των μαθηματικών, να δίνονται κάποια παραδείγματα και τέλος να προσφέρονται προβλήματα για λύση» (Jones, 1967).

Στη συνέχεια, περίπου στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα η διδακτική διαδικασία άρχισε να καθιερώνει μοντέλα και θεωρίες βασισμένες στην ιδέα των χωριστών διανοητικών λειτουργιών (Faculty Psychology). Αυτή ήταν η κυρίαρχη ψυχολογική θεωρία της εποχής, που έλεγε ότι οι διανοητικές ικανότητες μπορούν να βελτιωθούν με τη συνεχή εξάσκηση και καλλιέργεια που προσφέρουν ορισμένα μαθήματα, ανάμεσα τους τα μαθηματικά (Spector, P.E., 1992). Η θεωρία αυτή αναθεωρήθηκε και σήμερα θεωρείται, από

επιστημονικής άποψης, «το πιο μεγάλο σφάλμα στην ανθρώπινη σκέψη γιατί, όπως έχει διαπιστωθεί, δεν υπάρχουν ανώτερα μαθήματα που είναι καταλληλότερα από άλλα για να αναπτύξουν το μυαλό» (Strom, 1969).

Οι σκοποί της διδασκαλίας των μαθηματικών άρχισαν σιγά-σιγά να αναθεωρούνται και οι μέθοδοι διδασκαλίας να απομακρύνονται από την αποστήθιση και τη μηχανική εργασία και να δίνουν τη θέση τους στην ανεξάρτητη σκέψη και την ενεργητική συμμετοχή (Τουμάσης, 1994).

Έτσι στο μάθημα των μαθηματικών το εκπαιδευτικό λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στον καθηγητή να το χρησιμοποιήσει στη διδακτική του προσέγγιση. Τα εκπαιδευτικά λογισμικά στην εκπαίδευση έχουν πια μια ξεχωριστή θέση και για το λόγο αυτό όλο και περισσότεροι εκπαιδευτικοί ενδιαφέρονται να επιμορφωθούν και να μάθουν τον τρόπο με τον οποίο θα ενσωματώσουν στη διδασκαλία τους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές (Ernest, 1991).

Η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία του μαθήματος των μαθηματικών ενεργοποιεί τον καθηγητή των μαθηματικών και αυτός με τη σειρά του ενεργοποιεί το ενδιαφέρον των μαθητών του, εμπλεκόμενοι σε μία διαδικασία μάθησης (Καλαβάσης, 2001). Έτσι ο καθηγητής των μαθηματικών δεν είναι πλέον ο πομπός που αναμεταδίδει γνώσεις, τις οποίες θα επαναλάβει άκριτα ο μαθητής, αλλά γίνεται συνεργάτης και διοργανωτής της διαδικασίας της μάθησης (Μαυρογιώργος, 1996).

Οι ραγδαίες εξελίξεις στον χώρο των εκπαιδευτικών λογισμικών και η σύνδεσή τους με εφαρμογές στην εκπαιδευτική και μαθησιακή διαδικασία, έχουν αναδείξει ένα νέο διεπιστημονικό πεδίο (Κολιάδης 1997; Εξαρχάκος, 1988).

Συγκεκριμένα ο ρόλος των ΤΠΕ στο χώρο της εκπαίδευσης επικεντρώνεται στην αναζήτηση νέων εργαλείων και μεθόδων για την επικοινωνία ανθρώπου και μηχανής, στη δημιουργία και χρήση σύγχρονων εργαλείων λογισμικού και στη δυνατότητα πρόσβασης σε ποικίλες ψηφιακές υπηρεσίες (Μακράκης, 2000; Φιλίππου και Χρίστου, 2001).

## **ΣΚΟΠΟΣ-ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Ο κύριος σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να διερευνήσει τις αντιλήψεις των καθηγητών των Μαθηματικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Ρόδου σχετικά με τη χρήση και την ένταξη των ΤΠΕ στη διδασκαλία των μαθηματικών. Επιμέρους στόχοι της ήταν:

(Α) Να διερευνηθούν οι αντιλήψεις των καθηγητών για τη χρήση και την ένταξη των ΤΠΕ στη διδασκαλία του μαθήματος.

(Β) Να διερευνηθεί η πιθανή ύπαρξη διαφορών των αντιλήψεων τους ως προς τις ανεξάρτητες μεταβλητές του φύλου, των ετών διδασκαλίας, των μεταπτυχιακών σπουδών, της επιμόρφωσής τους και τον τύπο του σχολείου που διδάσκουν (Γυμνάσιο, Γενικό Λύκειο ή ΕΠΑΛ).

Για την υλοποίηση των παραπάνω στόχων τέθηκε το ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα:

«Σε ποιο βαθμό οι καθηγητές των μαθηματικών αποδέχονται και εντάσσουν τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους; Υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των καθηγητών



των μαθηματικών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ως προς την αποδοχή και την εμπλοκή των ΤΠΕ στη διδασκαλία των μαθηματικών σε σχέση με τα έτη εκπαιδευτικής υπηρεσίας, με το φύλο, με την επιμόρφωση, με τις περαιτέρω σπουδές και με τον τύπο του σχολείου που διδάσκουν;».

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Η έρευνα αυτή είναι ποσοτικού τύπου και αποτελεί έρευνα επισκόπησης πεδίου. Οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν είναι: (α) Της Περιγραφικής Στατιστικής (Δαφέρμος, 2005; Agresti, 2002), όπως ο υπολογισμός απόλυτων και σχετικών συχνοτήτων, δεικτών κεντρικής τάσης, δεικτών διασποράς και συντελεστών συσχέτισης.

(β) Της Πολυδιάστατης Ανάλυσης Δεδομένων (Παπαδημητρίου 2007), όπως η ανάλυση σε κύριες συνιστώσες, η ανάλυση θεμάτων και η ανάλυση αξιοπιστίας.

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα με διαβαθμισμένες απαντήσεις (τύπου Likert) θεωρήθηκαν ως εν δυνάμει αριθμητικού και ισο-διαστημικού τύπου, ώστε να αποκτήσουν φυσική ερμηνεία οι αντίστοιχοι δείκτες κεντρικής τάσης και διασποράς (Cobb, Yackel, 1997). Ειδικότερα για τις συγκρίσεις μέσω όρων εφαρμόστηκαν, κατά περίπτωση, οι έλεγχοι *t*-test σε συνδυασμό με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (LSD) και ο έλεγχος-κριτήριο του Duncan για τις πολλαπλές συγκρίσεις μέσω όρων σε ανεξάρτητα δείγματα (Norusis, 1992).

## **ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ-ΔΕΙΓΜΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Με κριτήριο τους στόχους της έρευνας και με σκοπό την επίτευξη τους, καταλληλότερο μεθοδολογικό εργαλείο κρίθηκε αυτό του γραπτού ερωτηματολογίου που χρησιμοποιείται κυρίως για «έρευνες πεδίου ή επισκόπησης» (Παρασκευόπουλος, 1993) στις οποίες εντάσσεται και η παρούσα ερευνητική προσπάθεια.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε σύνολο 118 καθηγητών μαθηματικών που κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2016-2017 υπηρετούσαν σε Γυμνάσια, Γενικά Λύκεια και Επαγγελματικά Λύκεια της νήσου Ρόδου.

Μετά την συγκέντρωση των ερωτηματολογίων ακολούθησε η απαρίθμηση, η κωδικοποίηση των απαντήσεων των Υποκειμένων και στη συνέχεια η στατιστική τους επεξεργασία με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Statistical Package for Social Science (SPSS).

Στο ερωτηματολόγιο περιλαμβάνονται οι ερωτήσεις με αύξοντα αριθμό 1 έως 11 και αφορούν στη χρήση και την ένταξη των ΤΠΕ στη διδασκαλία των μαθηματικών.

Οι ερωτήσεις Q1-Q4 αφορούν στο φύλλο, στα έτη υπηρεσίας, στις μεταπτυχιακές σπουδές και στον τύπο σχολείου που υπηρετούν. Οι ερωτήσεις Q5-Q7 είναι τύπου Likert με 1=Καθόλου και 5=Απολύτως, όπως και οι ερωτήσεις Q12 και Q13 με 1=Χαμηλό και 5=Αριστο, οι ερωτήσεις Q8 και Q9 είναι κλειστού τύπου και δέχονται απαντήσεις Ναι – Όχι και τέλος οι ερωτήσεις Q10 και Q11 είναι πολλαπλών επιλογών.

Η εκτίμηση της αξιοπιστίας εξετάστηκε με βάση τον συντελεστή εσωτερικής συνέπειας alpha ( $\alpha=0,75$ ) του Cronbach (Nunnally, 1988). Για την εγκυρότητα

ενοσιολογικής κατασκευής ακολουθήθηκε η εφαρμογή της ανάλυσης σε κύριες συνιστώσες στο σύνολο των ερωτημάτων-items (Mehta, C & Patel, R, 1996).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Ο πίνακας 1 δείχνει τις απαντήσεις των καθηγητών μαθηματικών στις ερωτήσεις 5, 6 και 7 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 1:** Κατανομή Απαντήσεων των Εκπαιδευτικών στα Ερωτήματα (Q5-Q6-Q7)

|    |           | 1       | 2     | 3      | 4     | 5        |
|----|-----------|---------|-------|--------|-------|----------|
|    |           | Καθόλου | Λίγο  | Αρκετά | Πολύ  | Απολύτως |
| Q5 | Συχνότητα | 3       | 8     | 31     | 42    | 20       |
|    | %         | 2,9%    | 7,7%  | 29,8%  | 40,4% | 19,2%    |
| Q6 | Συχνότητα | 3       | 12    | 29     | 42    | 18       |
|    | %         | 2,9%    | 11,5% | 27,9%  | 40,4% | 17,3%    |
| Q7 | Συχνότητα | 21      | 22    | 33     | 23    | 5        |
|    | %         | 20,2%   | 21,2% | 31,7%  | 22,1% | 4,8%     |

Ερώτηση Q5: «αν πιστεύουν ότι οι Νέες Τεχνολογίες αργά ή γρήγορα θα χρησιμοποιούνται και από όσους μέχρι σήμερα δεν τις χρησιμοποιούσαν».

Ερώτηση Q6: «αν οι Νέες Τεχνολογίες μπορούν να δημιουργήσουν τις προϋποθέσεις για μάθηση με ανακάλυψη».

Ερώτηση Q7: «αν πιστεύουν ότι η χρήση των Νέων Τεχνολογιών θα είναι χρονοβόρα και θα στερήσει χρόνο από άλλες διδακτικές δραστηριότητες».

Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στην ερώτηση (Q8) «αν έχουν πιστοποιηθεί στις Νέες Τεχνολογίες επιπέδου ΤΠΕ Α» προέκυψε ότι οι 83 (79,8%) έχουν πιστοποιηθεί ενώ οι 21 (20,2%) δεν έχουν πιστοποιηθεί.

Επίσης, στην ερώτηση (Q9) «αν χρησιμοποιούν ήδη τις ΤΠΕ στην διδασκαλία τους», προέκυψε ότι οι 37 (35,6%) τις χρησιμοποιούν ενώ οι 67 (64,4%) δεν τις χρησιμοποιούν.

Από αυτούς που χρησιμοποιούν στη διδασκαλία τους τις ΤΠΕ και στην ερώτηση (Q10) «ποια προγράμματα κυρίως χρησιμοποιούν», οι 28 (45%) δήλωσαν το διαδίκτυο, οι 15 (24,6%) τις εφαρμογές παρουσιάσεων, οι 14 (23%) κάποια εκπαιδευτικά λογισμικά μαθηματικών, οι 2 (3,3%) εφαρμογές λογιστικών φύλλων και οι άλλοι 2 (3,3%) κάτι άλλο.

Στην ερώτηση (Q11) «για ποιο λόγο δεν χρησιμοποιούν οι καθηγητές μαθηματικών τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους», οι 50 (74,6% επί του συνόλου των εκπαιδευτικών) δήλωσε την έλλειψη επιμόρφωσης, οι 41 (61,2%) μη διαθεσιμότητα χρόνου, οι 23 (34,3%) την έλλειψη αυτοπεποίθησης για την χρήση τους, οι 6 (9%) την έλλειψη κατάλληλης τεχνολογικής υποδομής και οι 4 (6%) επικαλέστηκαν άλλο λόγο.

Στον πίνακα 4 φαίνεται η επίδραση των ετών εκπαιδευτικής υπηρεσίας στη χρήση και την ένταξη των Νέων Τεχνολογιών στη διδακτική διαδικασία.

**Πίνακας 4:** «Επίδραση» της εκπαιδευτικής υπηρεσίας στον βαθμό χρήσης και ένταξης των Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία των μαθηματικών.

| Έτη Εκπαιδευτικής Υπηρεσίας |                            | ΜΟ      | ΤΑ   | N   |
|-----------------------------|----------------------------|---------|------|-----|
| C1                          | Μέχρι 10                   | 51,0 a  | 26,8 | 39  |
|                             | 11-20                      | 42,0 ab | 27,3 | 34  |
|                             | 21-30                      | 29,4 b  | 27,4 | 25  |
|                             | >30                        | 31,8 ab | 27,5 | 6   |
|                             | Σύνολο                     | 41,7    | 28,1 | 104 |
| ANOVA                       | $F(3, 100)=3,502, p=0,018$ |         |      |     |

\*ΜΟ: Μέσος Όρος, ΤΑ: Τυπική Απόκλιση. Οι μέσοι όροι που ακολουθούνται από διαφορετικό γράμμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, σε επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=0,05$ , σύμφωνα με τα αποτελέσματα του ελέγχου *Duncan*.

Οι εκπαιδευτικοί που έχουν μεταπτυχιακές σπουδές εκφράζουν στατιστικά σημαντικά θετικότερη άποψη ως προς τον βαθμό χρήσης και ένταξης των Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία των μαθηματικών, σε σύγκριση με τους εκπαιδευτικούς που δεν έχουν περαιτέρω σπουδές.

Οι εκπαιδευτικοί που έχουν πιστοποιηθεί στις ΤΠΕ εκφράζουν στατιστικά σημαντικά θετικότερη άποψη ως προς τον βαθμό χρήσης και ένταξης των Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία των μαθηματικών σε σύγκριση με τους εκπαιδευτικούς που δεν έχουν πιστοποιηθεί.

Ως προς τον βαθμό χρήσης και ένταξης των ΤΠΕ στη διδασκαλία των μαθηματικών οι τρεις κατηγορίες εκπαιδευτικών δεν διαφοροποιούνται στατιστικά σημαντικά.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα ευρήματα της έρευνας μας, διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι από τους συγκεκριμένους καθηγητές έχουν ενημερωθεί και πιστοποιηθεί στις ΤΠΕ. Σε ό,τι αφορά στο ζήτημα της ένταξης των ΤΠΕ στη διδασκαλία των μαθηματικών, οι περισσότεροι καθηγητές δεν τις χρησιμοποιούν γενικά στην καθημερινή τους διδασκαλία, αλλά εκτιμούν ότι αυτό είναι πολύ πιθανόν να γίνει στο μέλλον.

Γενικά οι καθηγητές των μαθηματικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διάκεινται ευνοϊκά απέναντι στην επιμόρφωση τους στις ΤΠΕ Α' και Β' επιπέδου και οι περισσότεροι το αισθάνονται ως επιτακτική ανάγκη. Η διάθεση και η ανάγκη για επιμόρφωση προκύπτει, είτε φανερά είτε σε μία λανθάνουσα κατάσταση, σε όλες σχεδόν τις απαντήσεις τους.

Τέλος, διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις τους, που αφορούν στα έτη εκπαιδευτικής υπηρεσίας, στην επιμόρφωση και στις περαιτέρω σπουδές, ενώ δεν διαπιστώθηκαν διαφοροποιήσεις ως προς το φύλο τους και τον τύπο του σχολείου που υπηρετούν.

Είναι προφανές ότι τα όποια ευρήματα προέκυψαν από την έρευνα αυτή αποτελούν μόνο μία πρώτη προσέγγιση στο ερευνητικό ερώτημα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Agresti, A., 2002, *Categorical Data Analysis*. New Jersey, John Willey & Sons, Inc.
- Cobb, P., Yackel, E., 1996, *Constructivist, emergent and sociocultural perspectives in the context of developmental research*. *Journal of Educational Psychology*, 31, 175-190.
- Δαφέρμος, Β., 2005, *Κοινωνική Στατιστική με το SPSS*, Θεσσαλονίκη, Ζήτη.
- Ernest, P., 1991, *The Philosophy of Mathematics Education*, The Falmer Press.
- Εξαρχάκος, Θ., 1988, *Διδακτική των μαθηματικών*, Αθήνα, Ελληνικά Γράμματα.
- Jones, P., 1967, *The history of Mathematical education*. *American Mathematical Monthly*, 74, 38-55.
- Θωμαΐδης, Γ., 1984, *Αξιωματική μέθοδος διδασκαλίας και ιστορική πραγματικότητα, Μαθηματική Επιθεώρηση*, 26, 96-98.
- Καλαβάρης, Φ., 2001, *Μαθηματικός Αναλφαβητισμός. Η προσπάθεια μαθηματικής συγκρότησης όλου του πληθυσμού και ανάπτυξης ικανοτήτων από κάθε μαθητή-πολίτη*, 18<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας, σ. 39.
- Κολιάδης, Ε., 1997, *Θεωρίες Μάθησης και Εκπαιδευτική Πράξη. Μέρος Β'*, Αθήνα, Ιδίου.
- Μακράκης, Β., 2000, *Υπερμέσα στην εκπαίδευση*, Αθήνα, Μεταίχμιο.
- Μαυρογιώργος, Γ., 1996, *Σχέδιο Πρότασης για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 89, 19-21.
- Mehta, C. & Patel, R., 1996, *SPSS Exact Tests 7.0 for Windows*, Chicago, SPSS Inc.
- Norusis, M., 1992, *SPSS Profesional Statistics 6.1*. Chicago, SPSS Inc.
- Nunnally, J.C., 1998, *Psychometric Theory*. McGraw-Hill, Englewood Cliffs, NJ.
- Παπαδημητρίου, Γ., 2007, *Η Ανάλυση Δεδομένων: Παραγοντική Ανάλυση Αντιστοιχιών, Ιεραρχική Ταξινόμηση και Άλλες Μέθοδοι*, Αθήνα, Τυπωθήτω- Γιώργος Δαρδανός.
- Παρασκευόπουλος, Ι., 1993, *Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας (τ.1 και 2)*, Αθήνα, Ιδίου.
- Spector, P.E., 1992, *Summated Rating Scale Construction: An Introduction.*, Newbury Park. U.S.A: Sage Publications Inc
- Strom, R., 1969, *Psychology for the classroom*, Englewood Cliffs. Prentice-Hall.
- Τουμάσης, Μπ., 1994, *Σύγχρονη Διδακτική των Μαθηματικών*, Αθήνα: Gutenberg.
- Φιλίππου, Γ., & Χρίστου, Κ., 2001, *Κείμενα Παιδείας. Συναισθηματικοί παράγοντες και μάθηση των Μαθηματικών*, Αθήνα, Ατραπός.

# Προσομοίωση πειράματος με Κινητή Τεχνολογία

Αριστείδης Τίρκας<sup>1</sup> και Ρίτα Παναούρα<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Πανεπιστήμιο Frederick, aris.tirkas6@gmail.com

<sup>2</sup>Πανεπιστήμιο Frederick, pre.pm@frederick.ac.cy

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Στην παρούσα διδακτική πρόταση γίνεται εισήγηση αξιοποίησης της σύγχρονης κινητής τεχνολογίας, για την κατανόηση εννοιών Στατιστικής και Πιθανοτήτων στην Α΄ Γυμνασίου. Συγκεκριμένα προτείνονται εφαρμογίδια (android apps) και υπολογιστικά φύλλα (spreadsheet) για τη δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων αφενός και την εικονική προσομοίωση πειράματος τύχης αφετέρου. Το συγκεκριμένο διδακτικό πλαίσιο αναμένεται ότι οδηγεί τους μαθητές στη δημιουργία μαθηματικών μοντέλων, αναπτύσσοντας τις δεξιότητες προγραμματισμού και μοντελοποίησης.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** κινητή τεχνολογία, προσομοίωση πειράματος τύχης

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενεργοποίηση των μηχανισμών του μαθητή με την αξιοποίηση των κατάλληλων μέσων και εργαλείων απασχολεί τη μαθηματική παιδεία διαχρονικά, εφόσον η μεγιστοποίηση της ενεργοποίησης συνδέεται με τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων. Η κινητή τεχνολογία (mobile) μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές στην κατανόηση υπολογιστικών μεθόδων (Lan, Sung, Tan, Lin & Chung, 2010) πρόσθεσης, αφαίρεσης (Zurita & Nussbaun 2007) και πολλαπλασιασμού (Wei, Hung, Lee & Chen, 2011). Με την χρήση της τεχνολογίας οι μαθητές είναι ικανοί γνωστικά να κατασκευάσουν δίκτυα σχέσεων συνδέοντας τα με μαθηματικές έννοιες και διαδικασίες (Crompton & Traxler 2015).

Η αντίληψη κινδύνου και η αξιολόγηση πιθανότητας είναι μαθηματικές έννοιες οι οποίες σχετίζονται με τη μαθηματική σκέψη. Στην Ευρώπη, στις ΗΠΑ και σε χώρες της Νότιας Αμερικής, οι Πιθανότητες και η Στατιστική αποτελούν ένα ιδιαίτερο αντικείμενο στη διδασκαλία των μαθηματικών σε συνδυασμό με την αυξανόμενη σημασία των αριθμητικών δεδομένων στην καθημερινή και την επαγγελματική ζωή και την ανάπτυξη τεχνολογιών που επιτρέπουν την επεξεργασία τους (π.χ. Silvestre & Sanchez, 2017, Eichler & Zapata-Cardona, 2016). Οι Petocz και Reid (2003) δείχνουν τη σημασία για την ανάπτυξη της μάθησης σε περιβάλλοντα που μπορούν να εμπλέξουν

το ενδιαφέρον των μαθητών, να διευρύνουν την κατανόηση των στοχαστικών εννοιών και τον εμπλουτισμό της ζωής τους. Οι Serpe και Frassia (2017) τονίζουν τη σημασία των πιθανοτήτων στο αναλυτικό πρόγραμμα της Ιταλίας. Στην εργασία τους τεκμηριώνεται η ανάγκη για την εισαγωγή σύγχρονης διδακτικής των Πιθανοτήτων, αντί της παραδοσιακής, με αξιοποίηση της τεχνολογίας για εικονική προσομοίωση του προβλήματος. Προτείνεται η χρήση αλγορίθμων με ταυτόχρονη μαθηματικοποίηση του προβλήματος και ο προγραμματισμός σε λογισμικό Matcos. Η εικονική προσομοίωση ολοκληρώνεται με τη βοήθεια γεννήτριας τυχαίων αριθμών.

Οι Silvestre και Sanchez (2017) παρουσιάζουν μια έρευνα στο Μεξικό για τη στοχαστική σκέψη μαθητών Λυκείου (17-18 ετών), στη μελέτη της κατανομής δειγματοληψίας. Οι μαθησιακές δραστηριότητες περιλαμβάνουν τη χρήση προσομοιώσεων και είναι μέρος μιας υποθετικής μαθησιακής τροχιάς η οποία είχε ως στόχο να προωθήσει μια κατανομητική και στοχαστική προοπτική στη δειγματοληψία και συμπερασματολογία. Αντίστοιχα οι Lee, Tran, Nickell και Doerg (2015) συνδυάζουν μια θεωρητική ανάλυση των τρόπων με τον οποίο παρουσιάζονται τα μοντέλα προσομοίωσης, με μια εμπειρική ανάλυση των τρόπων που οι εκπαιδευτικοί παρουσίαζαν τα μοντέλα της διαδικασίας που θεωρούν χρήσιμη για τους μαθητές.

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ**

Κάθε διδακτική πρακτική πρέπει κατά την άποψή μας να συνοδεύεται από το θεωρητικό εκείνο πλαίσιο το οποίο αποτελεί τη βάση της για να έχει στέρεα θεμέλια. Επικεντρωνόμαστε στις πτυχές του στοχαστικού γραμματισμού, στη χρήση διαφορετικών αναπαραστάσεων και στην κινητή τεχνολογία. Οι πτυχές του στοχαστικού γραμματισμού των μαθητών επικεντρώνονται σε τρεις διαφορετικές οπτικές γωνίες, το στοχαστικό περιεχόμενο (C-content), τη στοχαστική διδασκαλία του (T-teaching), και οι μαθητές μαθαίνουν στοχαστικές έννοιες (S-students), (Eichler et al., 2009).

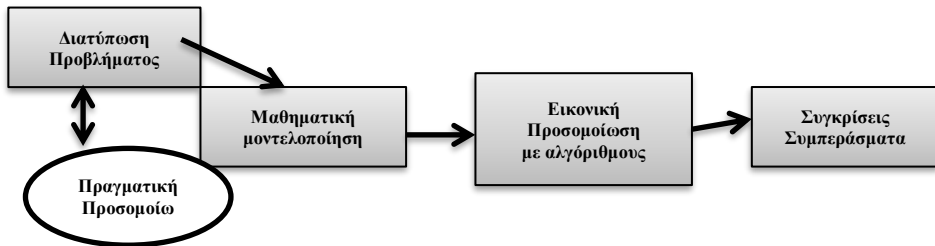
**Αναπαραστάσεις :** Για τη διδασκαλία των Πιθανοτήτων και της Στατιστικής ιδιαίτερο ρόλο διαδραματίζουν οι αναπαραστάσεις, ως μέσο επικοινωνίας στατιστικών ιδεών. Αρκετοί ερευνητές έθεσαν στη συζήτηση το κρίσιμο πρόβλημα της μετάφρασης μεταξύ και εντός των αναπαραστάσεων, και υπογράμμισαν τη σημασία της μετάβασης και διασύνδεση της έννοιας ανάμεσα σε πολλαπλές αναπαραστάσεις (π.χ. Goldin, 1998). Διαφορετικές αναπαραστάσεις που ανάγονται στην ίδια έννοια αλληλοσυμπληρώνονται και συμβάλλουν σε μια συνολική κατανόηση τους (Gagatsis & Shiakalli, 2004).

**Mobile Learning:** Καθιερώθηκε ήδη ως ορολογία στη βιβλιογραφία ως η φυσιολογική εξέλιξη του ICT Learning (ΤΠΕ), με τις κινητές έξυπνες συσκευές, οι συσκευές χειρός (handheld devices) να αντικαθιστούν ή και να συμπληρώνουν τους Η/Υ. Αξιοποιούνται πλήρως οι εκπαιδευτικές ανάγκες στο διαδραστικό μαθησιακό περιβάλλον με τα ηλεκτρονικά βιβλία (e-books), Streaming videos, κοινωνική δικτύωση, cloud computing, animation και εφαρμογίδα έτοιμα για χρήση από τους μαθητές. Σκοπός είναι να προταθεί ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο, προς διευκόλυνση των εκπαιδευτικών να δομήσουν μαθησιακές δραστηριότητες με τις κινητές συσκευές συνδέοντας τα Μαθηματικά εντός και εκτός σχολείου.

**Διδακτική Προσέγγιση:** Το διδακτικό μοντέλο που προτείνεται (Σχήμα 1) αποτελείται από τέσσερις φάσεις. Ξεκινώντας από πραγματικές καταστάσεις ζητείται από τους μαθητές να ερευνήσουν, διεγείροντας την περιέργειά τους και αξιοποιώντας τις εμπειρίες τους. Μετά από μαθηματοποίηση του προβλήματος, παράγονται κανόνες που πρέπει να εφαρμόζονται σε πραγματικές καταστάσεις. Οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές να καταγράψουν την κατάσταση και να ξεκινήσουν πάλι από αυτό που ήδη γνωρίζουν, να προβούν στις κατάλληλες εκτιμήσεις και να καταλάβουν τη σημασία κάποιων φαινομένων, καθώς και τις συνέπειές τους. Συγκεκριμένα, προσομοίωση μέσω του προγραμματισμού tablet αποτελεί μια εποικοδομητική και γνωστική δραστηριότητα, διότι επιτρέπει στον μαθητή να αποκτήσει δεξιότητες, στρατηγικές και τεχνικές για την επίλυση προβλημάτων μέσα από τις έννοιες της μεταβλητής, της διαδικασίας, επανάληψης και επανεμφάνισης.

Οι πτυχές της στοχαστικής διδασκαλίας ενσωματώνονται στο προτεινόμενο διδακτικό μοντέλο με την αξιοποίηση της κινητής τεχνολογίας και των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Η συσχέτιση μεταξύ της ενσωμάτωσης κινητής τεχνολογίας και του μαθησιακού – θεωρητικού πλαισίου θεωρείται απαραίτητη προκειμένου να καθοδηγήσει την έρευνα, πρακτικές εφαρμογές και την εκπαιδευτική πολιτική. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει οι εκπαιδευτικοί να βασιστούν στην αλληλεπίδραση, ενσωμάτωση και ανεξαρτησία μεταξύ των μαθησιακών στόχων, των προοπτικών και δυνατοτήτων που παρέχουν οι φορητές ηλεκτρονικές συσκευές και των μαθησιακών δραστηριοτήτων για τα Μαθηματικά (Crompton & Traxler 2015). Με αυτές τις προϋποθέσεις και με βάση το θεωρητικό πλαίσιο και διδακτικό μοντέλο σχεδιάστηκαν και προτείνονται στη συνέχεια συγκεκριμένες Μαθησιακές Δραστηριότητες.

**Σχήμα 1:** Μοντέλο Διδακτικής διαδικασίας



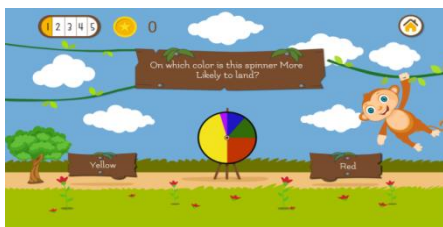
### Δραστηριότητες με χρήση tablet

**Probability for Kids:** Οι μαθητές μέσα από ένα ευχάριστο διαδραστικό παιχνίδι κατακτούν τις βασικές έννοιες των πιθανοτήτων ενός πειράματος. Το μενού αποτελείται από το Let's see (εισαγωγή) όπου μέσα από τον τροχό της τύχης παρουσιάζονται όλες οι βασικές έννοιες των ενδεχομένων ενός πειράματος: το πιο πιθανό, το λιγότερο πιθανό, ίσες πιθανότητες (δίκαιο παιχνίδι), το αδύνατο και το βέβαιο. Στο Learning, με τον τροχό της τύχης, ο μαθητής απαντά στις σχετικές ερωτήσεις παίρνοντας άμεση

ανατροφοδότηση. Στο Exercise συνεχίζει ο μαθητής με τον ίδιου τύπου ερωτήσεις αλλά αυτή τη φορά αναγνωρίζει τα διαφορετικά ενδεχόμενα με τα βαμμένα Πασχαλινά αυγά. Πέρα από άμεση ανατροφοδότηση, υπάρχει χρονικός περιορισμός απάντησης (σε 20'). Το Play στο τέλος είναι ένα παιχνίδι που ξεκλειδώνει αφού ο μαθητής πετύχει 5 από τις 10 ερωτήσεις στις προηγούμενες δραστηριότητες. Ο μαθητής προσπαθεί να απαντήσει μέσα στα 60 δευτέρα όσο περισσότερες ερωτήσεις για να πάρει πιο ψηλό σκορ.

**Probability for Dice:** Εφαρμογίδα προσομοίωσης ρίψης ζαριών. Για περισσότερα από ένα ζάρια τα αποτελέσματα αθροίζονται. Υπάρχει η δυνατότητα μιας ρίψης κάθε φορά (roll) ή συνεχόμενες ρίψεις (start, stop). Η δημιουργία ταυτόχρονα ιστογράμματος συχνοτήτων είναι πολύ σημαντική για τους μαθητές που βλέπουν, κατά την διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, πως διαμορφώνονται οι συχνότητες (κατανομή συχνοτήτων). Με αυτή την εμπειρία μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα τόσο για την αβεβαιότητα στις πρώτες ρίψεις (κάθε ενδεχόμενο είναι πιθανό) όσο και για την ισότητα των πιθανών ενδεχομένων μετά από μεγάλο αριθμό επαναλήψεων.

**Υπολογιστικά φύλλα:** Οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν το **Google sheet** και με την παραγωγή τυχαίων αριθμών (γεννήτρια τυχαίων αριθμών) να προσομοιώσουν το πείραμα. Στην περίπτωση ισοπίθανων ενδεχομένων, όπως ένας ισομερής διαχωρισμένος τροχός της τύχης, οι μαθητές απλά θα χρησιμοποιήσουν την γεννήτρια τυχαίων αριθμών (randbetween 1,5)) και η σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με τη θεωρία οδηγεί τους μαθητές σε γενίκευση και τεκμηρίωση. Αν έχουν να αντιμετωπίσουν πρόβλημα με άνισα πιθανά ενδεχόμενα όπως: Αν έχω τρεις κόκκινες μπάλες δύο μπλε και 5 άσπρες (randbetween(1,10)). Εδώ οι μαθητές θα πρέπει να ομαδοποιήσουν τις 10 μπάλες σε τρεις ομάδες. Με κωδικοποίηση 1-3 Κ-κόκκινες 4,5 Μ-μπλε και 6-10 Α-άσπρες (countif). Η προσέγγιση αυτή δεν δίνει την ακριβή τιμή της πιθανότητας και εδώ οι μαθητές θα πρέπει να ανακαλέσουν κανόνες και έννοιες από την θεωρία των πιθανοτήτων. Ο υπολογισμός της πιθανότητας με τον κανόνα LAPLACE και η επιβεβαίωση (κατά προσέγγιση) μέσα από την προσομοίωση του πειράματος λειτουργούν καταλυτικά ως προς την κατάκτηση της γνώσης.



Οι ενδεικτικές διδακτικές δραστηριότητες οι οποίες προτείνονται στο πλαίσιο αξιοποίησης του συγκεκριμένου διδακτικού μοντέλου, υπογραμμίζουν τη δυνατότητα ενεργοποίησης του ενδιαφέροντος του μαθητή για να υπάρξει αντίστοιχη ενεργοποίηση



του γνωστικού μηχανισμού για βίωση εμπειριών οι οποίες θα αποδώσουν τα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Crompton, H., & Traxler, J. (Eds.). (2015). *Mobile Learning and Mathematics*. Routledge.
- Eichler, A., Ottaviani, M. G., Wozniak, F., Pratt, D., Callaert, H., Papaieronymou, I., & Ruiz, B. (2009) CERME 6–working group 3, 344-347, Lyon, France.
- Eichler, A., & Zapata-Cardona, L. (2016). Empirical research in statistics education. In *Empirical Research in Statistics Education* (pp. 1-37). Springer, Cham.
- Gagatsis, A., & Elia, I. (2004). The Effects of Different Modes of Representation on Mathematical Problem Solving. *International Group for the Psychology of Mathematics Education* 28(2), 447–454, Bergen, Norway.
- Gagatsis, A. and 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.
- Goldin, G. A. (1998). Representational systems, learning, and problem solving in mathematics. *The Journal of Mathematical Behavior*, 17(2), 137-165.
- Lan, Y. J., Sung, Y. T., Tan, N. C., Lin, C. P., & Chang, K. E. (2010). Mobile-device-supported problem-based computational estimation instruction for elementary school students. *Journal of Educational Technology & Society*, 13(3), 55-69.
- Lee, H., Tran, D., Nickell, J., & Doerr, H. (2015, February). Simulation approaches for informal inference: Models to develop understanding. In *CERME 9- Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 707-714), Prague, Czech Republic.
- Petocz, P. E. T. E. R., & Reid, A. (2003). Relationships between students' experience of learning statistics and teaching statistics. *Statistics Education Research Journal*, 2(1), 39-53.
- Serpe, A., & Frassia, M. G. (2017). Technology will solve student's probability misconceptions: integrating simulation, algorithmics and programming. In *Proceedings of CERME 10, Working group 5. Probability and statistics education*, (pp. 873-880), Dublin, Ireland.
- Silvestre, E., & Sanchez, E. High school students' first experiences with the sampling distribution: toward a distributive perspective of sampling and inference. In *Proceedings of CERME 10, Working group 5, Probability and statistics education*, (pp. 881-888), Dublin, Ireland.
- Wei, C. W., & Hung, I. (2011). A joyful classroom learning system with robot learning companion for children to learn mathematics multiplication. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 10(2), 11-23.
- Zurita, G., & Nussbaum, M. (2007). A conceptual framework based on activity theory for mobile CSCL. *British Journal of Educational Technology*, 38(2), 211-235.

## ***Προτάσεις διδασκαλίας για τις Φυσικές Επιστήμες***

---

# Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη: Δράσεις για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Αναστασία Γκουλγκούτη<sup>1</sup>, Αικατερίνη Πλακίτση<sup>2</sup> και  
Πολυξένη Παγγέ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Π.Τ.Ν. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, ngoulgouti@yahoo.gr

<sup>2</sup> Π.Τ.Ν. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kplakits@gmail.com

<sup>3</sup> Π.Τ.Ν. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, jpage@cc.uoi.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στον σχεδιασμό διδακτικού υλικού στο πλαίσιο της Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη με στόχο την Ποιοτική Εκπαίδευση της Ατζέντας 2030 του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών. Ειδικότερα, παρουσιάζονται δράσεις αναφορικά με το πρόβλημα της ηχορύπανσης, το οποίο αποτελεί ένα σύγχρονο περιβαλλοντικό και κοινωνικό πρόβλημα με σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών. Συγκεκριμένα, οι μαθητές Ε' και Στ' τάξεων του Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων συλλέγουν και διαχειρίζονται πληροφορίες για την ηχορύπανση, ενημερώνονται για τις αρνητικές συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων και μελετούν τρόπους για την επίλυση του προβλήματος επεκτείνοντας τη γνώση στο επίπεδο της κοινωνίας.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη, ηχορύπανση, μαθητές Ε' και Στ' τάξεων.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ- ΣΥΝΤΟΜΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η οικολογική κρίση και οι συνέπειες από τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα αποτέλεσαν κεντρικό θέμα Διεθνών Συνδιασκέψεων, στις οποίες τονίστηκε η ανάγκη για αλλαγή του σύγχρονου τρόπου ζωής των ανθρώπων (UNESCO, 2016). Πρόσφατα, με την Ατζέντα 2030 του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών τέθηκαν οι 17 στόχοι για την αειφόρο ανάπτυξη, οι οποίοι αναφέρονται στο περιβάλλον, στην ευημερία, στην ειρήνη, στους ανθρώπους και στις παροχές (UNESCO, 2016).

Αναφορικά με την εκπαίδευση, η Ατζέντα 2030 στοχεύει στην ποιότητα της εκπαίδευσης και την πρόσβαση για όλους τους μαθητές χωρίς διακρίσεις. Η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη (ΕΑΑ) περιλαμβάνει αυτούς τους στόχους και ταυτόχρονα ενσωματώνει το περιβάλλον, την κοινωνία, την οικονομία και την πολιτική, με στόχο την οικολογική βιωσιμότητα και την κοινωνική δικαιοσύνη (Φλογαΐτη & Λιαράκου, 2009). Τα περιβαλλοντικά προβλήματα θεωρούνται κοινωνικά προβλήματα και η ΕΑΑ μπορεί

να προσφέρει στους μαθητές τις κατάλληλες δεξιότητες για την επίλυση τόσο των περιβαλλοντικών όσο και των κοινωνικών προβλημάτων καθώς και την ικανότητα ανάληψης δράσης, την κριτική σκέψη και τις βασικές επικοινωνιακές και διαπροσωπικές ικανότητες (Φλογαίτη & Λιαράκου, 2009). Οι περιβαλλοντικές γνώσεις και οι δεξιότητες που θα αποκτήσει το άτομο, οι στάσεις και οι αξίες του καθώς και η συμπεριφορά του προς το περιβάλλον αφορούν γενικότερα τον Περιβαλλοντικό Γραμματισμό του (North American Association of Environmental Educators, 2010).

Η ηχορύπανση είναι από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες με πολλαπλές συνέπειες στην υγεία του ανθρώπου, όπως απώλεια ακοής, εμφάνιση ψυχολογικών και νευρολογικών διαταραχών αλλά και προβλήματα βίαιης συμπεριφοράς (World Health Organization, 2001). Ειδικότερα στα παιδιά, η ηχορύπανση μπορεί να προκαλέσει δυσκολία συγκέντρωσης, κατανόησης, επικοινωνίας καθώς και τη δημιουργία άγχους (Prasher, 2000). Έρευνες, οι οποίες μελετούν την ηχορύπανση ως ένα σύγχρονο περιβαλλοντικό και κοινωνικό πρόβλημα, είναι περιορισμένες, καθώς μεγαλύτερη έμφαση δόθηκε στον ήχο, στη διάδοσή του και στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών. Σε έρευνα, που πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία, διαπιστώθηκε ότι υπήρχε πολύς θόρυβος στα σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ιδιαίτερα την ώρα των διαλειμάτων (Bulunuz, 2014). Επομένως, είναι σημαντικό να συμπεριληφθεί το πρόβλημα της ηχορύπανσης στην ΕΑΑ, καθιστώντας τους μαθητές ικανούς να διαχειρίζονται θορυβώδεις καταστάσεις και να γνωρίζουν τις αρνητικές συνέπειες στην υγεία τους (Bulunuz, 2014; Χρηστίδου κ.α. 2015). Ο σχεδιασμός αντίστοιχου υλικού κρίνεται αναγκαίος, προκειμένου να υλοποιηθούν ανάλογα προγράμματα.

## **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**

Το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε, βασίζεται στις αρχές της Θεωρίας της Δραστηριότητας, στην οποία η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητές/εκπαιδευτικό, στα εργαλεία, νοητικά ή φυσικά, στους στόχους των δράσεων, στους κανόνες και στα αποτελέσματα διαδραματίζει κεντρικό ρόλο (Plakitsi, 2013; Σταμούλης & Πλακίτση, 2014).

Τα στάδια, στα οποία στηρίζονται οι δράσεις είναι τα εξής (όπως αναφέρεται στο Green, Medina-Jerez & Bryant, 2016):

- Αναγνώριση περιβαλλοντικών, κοινωνικών κ.α. προβλημάτων της περιοχής.
- Επιλογή ενός προβλήματος για μελέτη στην τάξη.
- Συλλογή πληροφοριών για το συγκεκριμένο πρόβλημα από διάφορες πηγές.
- Δημιουργία ενός φακέλου, που θα περιλαμβάνει την ερμηνεία του προβλήματος, εναλλακτικές πολιτικές για το συγκεκριμένο θέμα και ένα σχέδιο δράσης.
- Παρουσίαση της εργασίας στους αρμόδιους φορείς και στην κοινωνία.
- Μεταγνώση

Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι διττός, καθώς περιλαμβάνει και τον ρόλο του ερευνητή, ο οποίος θέτει ερωτήματα και προβληματισμούς στην τάξη, αναλύει την

προβληματική κατάσταση και ταυτόχρονα δημιουργεί κίνητρα, παρατηρεί και συλλέγει δεδομένα που τα αξιοποιεί στην έρευνά του.

Οι δράσεις που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία αποτελούν ένα μέρος από την έρευνα, η οποία είναι σε εξέλιξη, στις οποίες προσεγγίζεται το περιβάλλον, η κοινωνία και οι ανθρώπινες σχέσεις/ αλληλεπιδράσεις μέσα από την ηχορύπανση. Απευθύνονται σε μαθητές Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου, αλλά με την κατάλληλη διαφοροποίηση του επιπέδου δυσκολίας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και σε μικρότερες τάξεις. Οι δράσεις υλοποιήθηκαν από τους μαθητές της Ε' και της Στ' τάξης του 1<sup>ου</sup> Πειραματικού Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων.

### **1<sup>η</sup> Δράση**

#### **Στόχοι**

- Αναγνώριση προβλημάτων της τοπικής κοινωνίας
- Κατηγοριοποίηση των προβλημάτων της τοπικής κοινωνίας
- Αντίληψη της αλληλοπλοκής των προβλημάτων
- Εισαγωγή της έννοιας της αειφορίας σε διάφορες πτυχές της ζωής

Στην πρώτη φάση της δραστηριότητας οι μαθητές αναφέρουν προβλήματα της τοπικής κοινωνίας και ειδικότερα της περιοχής γύρω από το σχολείο και τα κατηγοριοποιούν σε περιβαλλοντικά, κοινωνικά, πολιτικά κ.α. Στη συνέχεια, εισάγεται η έννοια της αειφορίας, η οποία δεν αναφέρεται μόνο στο περιβάλλον αλλά στη συνολική εικόνα του ανθρώπου για τη ζωή. Τέλος, γίνεται επιλογή ενός προβλήματος με συζήτηση ή με ψηφοφορία. Στη δική μας περίπτωση, οι μαθητές επέλεξαν το πρόβλημα της ηχορύπανσης.

**Σχολιασμός:** Η εκπαιδευτικός-ερευνήτρια χρησιμοποιεί ποικίλα διαμεσολαβητικά εργαλεία, όπως το παιχνίδι ρόλων, τη συζήτηση και την ψηφοφορία. Επίσης, ενισχύεται η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητές αλλά και στην εκπαιδευτικό, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι και να υπάρξουν τα αποτελέσματα (εκβάσεις) της δράσης.

### **2η Δράση**

#### **Στόχοι**

- Γνώση και εξοικείωση με τις επιστημονικές μεθόδους συλλογής πληροφοριών (έρευνα πεδίου, συνέντευξη, ερωτηματολόγιο)
- Διαχείριση πληροφορίας
- Ανάπτυξη κριτικής σκέψης

Οι μαθητές γνωρίζουν τις επιστημονικές μεθόδους συλλογής δεδομένων, τις οποίες επιλέγουν και εφαρμόζουν σταδιακά στην έρευνά τους. Αναλυτικότερα, συλλέγουν πληροφορίες από διάφορες πηγές σχετικά με το πρόβλημα της ηχορύπανσης και τις συνέπειες που έχει στην υγεία του ανθρώπου. Στη συνέχεια, γίνεται έρευνα στο πεδίο κάνοντας μετρήσεις του ήχου και παίρνοντας συνεντεύξεις από οδηγούς, πεζούς, κατοίκους της περιοχής και μαθητές του σχολικού συγκροτήματος. Παράλληλα, πραγματοποιείται επίσκεψη στον Δήμο και στο τμήμα της Τροχαίας θέτοντας τα ερωτήματά τους.

**Σχολιασμός:** Η εκπαιδευτικός- ερευνήτρια χρησιμοποιεί ως διαμεσολαβητικά εργαλεία τις μεθόδους συλλογής δεδομένων και τις πηγές, μέσα από τις οποίες οι μαθητές αντλούν πληροφορίες για το πρόβλημα της ηχορύπανσης που μελετούν. Αναφορικά με τη μέθοδο της συνέντευξης, οι μαθητές θέτουν τους κανόνες και τη δομή της (επιλογή ερωτήσεων), οι οποίες διαφοροποιούνται ανάλογα με την κοινωνική ομάδα, που απευθύνονται.

### 3<sup>η</sup> Δράση

#### Στόχοι

- Ανάλυση πληροφοριών
- Επίλυση προβλήματος – εναλλακτικές μεθόδους
- Ερμηνεία προβλήματος
- Συνεργασία
- Συλλογικότητα
- Ανάπτυξη του Περιβαλλοντικού Γραμματισμού

Οι μαθητές διαχειρίζονται τις πληροφορίες που έχουν συλλέξει, χωρίζονται σε ομάδες και ετοιμάζουν μια εργασία με τα αποτελέσματα της έρευνάς τους. Στο τέλος, συγκεντρώνουν όλα τα αποτελέσματα και προσπαθούν να προτείνουν λύσεις για το πρόβλημα της ηχορύπανσης. Την τελική εργασία τους την παρουσιάζουν στους μαθητές του σχολείου, γονείς, εκπαιδευτικούς και στην τοπική κοινωνία.

**Σχολιασμός:** Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητές αλλά και στην εκπαιδευτικό-ερευνήτρια ενισχύεται για την τελική εργασία. Η παρουσίαση της τελικής εργασίας αποτελεί την επέκταση της γνώσης από το επίπεδο της τάξης σε αυτό της κοινωνίας. Η ενασχόληση με το πρόβλημα της ηχορύπανσης έχει ως αποτέλεσμα την απόκτηση γνώσεων για το θέμα, τις συνέπειες στον άνθρωπο και τρόπους επίλυσης του προβλήματος, την ανάπτυξη σεβασμού προς τους ανθρώπους και το περιβάλλον, που αποτελούν κατηγορίες του Περιβαλλοντικού Γραμματισμού.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι δράσεις που παρουσιάστηκαν εντάσσονται στο πλαίσιο της ΕΑΑ με απώτερο σκοπό την επίτευξη του 4<sup>ου</sup> στόχου για τη βελτίωση της ποιότητας στην εκπαίδευση. Η μάθηση για το πρόβλημα της ηχορύπανσης μέσα στο πολιτισμικό πλαίσιο βοήθησε τους μαθητές να αποκτήσουν τον ρόλο του ενεργού πολίτη στην τοπική κοινωνία. Ταυτόχρονα, μελετήθηκε η προβληματική κατάσταση (ηχορύπανση) από τους μαθητές χρησιμοποιώντας επιστημονικές μεθόδους συλλογής δεδομένων, όπως μετρήσεις ήχου, συνεντεύξεις και έρευνα στο πεδίο. Επίσης, οι μαθητές διαχειρίστηκαν εργαλεία, πληροφορίες και καταστάσεις και έκαναν συστηματικές παρατηρήσεις. Σημαντική θεωρείται και η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητές, καθώς συνεργάστηκαν για την τελική εργασία επεκτείνοντας τις γνώσεις τους από το επίπεδο της τάξης στο επίπεδο της κοινωνίας. Τα αποτελέσματα της πρώιμης έρευνας αποδεικνύουν την ύπαρξη υψηλών επιπέδων θορύβου κατά τη διάρκεια της ημέρας στην περιοχή γύρω από το σχολείο οδηγώντας σε αδυναμία συγκέντρωσης στους μαθητές κατά τη διάρκεια του μαθήματος

και σε αύξηση της νευρικότητας, του άγχους και άλλων συναισθημάτων που σχετίζονται με την ηχορύπανση σε οδηγούς, πεζούς, κατοίκους αλλά και σε μαθητές. Επομένως, προγράμματα ΕΑΑ που να αναφέρονται στην ηχορύπανση και στις συνέπειες στην υγεία θεωρούνται αναγκαία, προκειμένου οι μαθητές να γνωρίσουν και να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν τις θορυβώδεις καταστάσεις.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bulunuz, N. (2014). Noise pollution in Turkish elementary schools: evaluation of noise pollution awareness and sensitivity training. *International Journal of Environmental & Science Education*, 9, 215-234.
- Green, C., Medina-Jerez, W., & Bryant, C. (2016). Cultivating environmental citizenship in teacher education. *Teaching Education*, 27(2), 117-135, DOI: 10.1080/10476210.2015.1043121.
- North American Association for Environmental Education (NAEE) (2010). Guidelines for the preparation and professional development of environmental educators. Washington DC: NAAEE.
- Plakitsi, K. (2013). *Activity Theory in Formal and Informal Science Education*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Prasher, D. (2000). A European concerted action on noise pollution health effects reduction - NOPHER. *Noise Health*, 2, 1-3.
- UNESCO (2016). *Education for people and planet. Creating sustainable future for all*. Final Report. Paris: UNESCO.
- World Health Organization (2001). *Occupational and community noise*. Retrieved from [www.who.int/peh/Occupational\\_health/OCHweb/OSHpages/.../noise.pdf](http://www.who.int/peh/Occupational_health/OCHweb/OSHpages/.../noise.pdf)
- Σταμούλης, Ε., & Πλακίτση, Κ. (2014). Η CHAT ως μεθοδολογικό εργαλείο στην έρευνα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, 50-51, 60-84.
- Φλογαΐτη, Ε., & Λιαράκου, Γ. (Επ.). (2009). *Εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη. Από τη θεωρία στην πράξη*. Αρχάνες: ΚΠΕ Αρχανών
- Χρηστίδου, Β., Δημητρίου, Α., Παπαδοπούλου, Μ., Γραμμένος, Σ. & Μπάρκας, Ν. (2015). Μικροί ερευνητές ήχου ένα εκπαιδευτικό σενάριο για την ευαισθητοποίηση στις συνέπειες του θορύβου. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επιμέλεια). *Πρακτικά του 1<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες* (452-471). Ρόδος: ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

# Εκπαιδευτικό υλικό για την προσέγγιση της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό σχολείο: Οι τροποποιήσεις από την πρώτη εφαρμογή στη δεύτερη

**Γιώργος Πέικος<sup>1</sup>, Άννα Σπύρτου<sup>2</sup> και Λεωνίδας Μάνου<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, [gpeikos@uowm.gr](mailto:gpeikos@uowm.gr)

<sup>2</sup> Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, [aspirtou@uowm.gr](mailto:aspirtou@uowm.gr)

<sup>3</sup> Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, [lmanou1@gmail.com](mailto:lmanou1@gmail.com)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στο εκπαιδευτικό υλικό για τη Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία (N-ET) στο Δημοτικό σχολείο από την πρώτη εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού προγράμματος στη δεύτερη. Συνολικά στην πρώτη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν 34 εκπαιδευτικά υλικά ενώ στη δεύτερη 43. Συγκεκριμένα προστέθηκαν 10 εκπαιδευτικά υλικά, τροποποιήθηκαν 18 και αφαιρέθηκε ένα.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία, Διδακτική-Μαθησιακή Ακολουθία, Αλλαγές στο Εκπαιδευτικό Υλικό*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εισαγωγή εννοιών και φαινομένων της N-ET σε όλα τα επίπεδα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης υποστηρίζεται για λόγους εκπαιδευτικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς. Ειδικότερα, η προσέγγιση των κλιμάκων (scale literacy) στα αναλυτικά προγράμματα των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) εστιάζει στη μακροκλίμακα, στη μικροκλίμακα και στην ατομική κλίμακα παραβλέποντας τη ναοκλίμακα. Το χάσμα αυτό μπορεί να ευθύνεται για τις παρανοήσεις των μαθητών που αφορούν την εξήγηση των φαινομένων της ναοκλίμακας (Wiser and Smith, 2008). Επιπλέον, η διδασκαλία της N-ET στο σχολείο μπορεί να συμβάλει στην αύξηση του μειωμένου ενδιαφέροντος των μαθητών για τις ΦΕ καθώς έχουν την ευκαιρία να διερευνήσουν μυστήρια ναο-φαινόμενα μέσα από χειραπτικές δραστηριότητες (Jones et al. 2013). Επιπρόσθετα, οι μαθητές χρειάζεται να αναπτύξουν τον ναογραμματισμό τους ώστε να χειρίζονται ζητήματα της καθημερινότητας σχετικά με τη N-ET, όπως να αναλογίζονται τα οφέλη και τους κινδύνους των προϊόντων της ναοτεχνολογίας (Laherto 2010). Ακόμα, οι μαθητές είναι ανάγκη να πληροφορούνται για τις νέες θέσεις εργασίας στο πεδίο της N-ET, καθώς η



ζήτηση για επιστήμονες και εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό αυξάνεται ταχύτατα (Jones et al. 2013).

Τα πρώτα βήματα για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών υλικών για το περιεχόμενο της N-ET στην Α/θμια και Β/θμια έχουν ήδη ξεκινήσει. Ωστόσο δεν προτείνεται μια ακολουθία διδακτικών-μαθησιακών δραστηριοτήτων που να βασίζεται σε θεωρητικό πλαίσιο για το πώς εξελίσσεται η μάθηση εννοιών και φαινομένων της N-ET στις μικρές ηλικίες. Μια πιθανή αιτιολόγηση είναι ότι τα περισσότερα εκπαιδευτικά υλικά για τη N-ET αφορούν τη μη τυπική εκπαίδευση και αξιολογούνται κυρίως ως προς την επίδρασή τους στις στάσεις και στα ενδιαφέροντα των μαθητών παρά στη μάθηση και την ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους (Ghattas & Carver, 2012).

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας στην οποία επιχειρείται ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος για τη N-ET στο Δημοτικό σχολείο. Σε προγενέστερη έρευνα αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε το εκπαιδευτικό πρόγραμμα (Πέικος, Σπύρτου, & Μάνου, 2017). Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στα εκπαιδευτικά υλικά από την πρώτη στη δεύτερη εφαρμογή.

## **ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΤΗ Ν-ΕΤ**

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα περιλαμβάνει έννοιες οι οποίες θεωρούνται βασικές για το περιεχόμενο: το Μέγεθος, τα Όργανα, τις Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος, την Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία: Εφαρμογές της N-ET και τα Μοντέλα (Σπύρτου κ.ά. 2018). Η διδακτική προσέγγιση των παραπάνω εννοιών βασίζεται στην Διερεύνηση μέσα στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού (Χαλκιά 2012).

Όσον αφορά την έννοια Μέγεθος, ακολουθώντας τη μέθοδο της υποστηρικτικής διδασκαλίας, οι μαθητές ασκούνται στη δεξιότητα της ταξινόμησης καθώς και της σειροθέτησης αντικειμένων, τα οποία αρχικά τους είναι οικεία και έχουν άμεση αισθητηριακή εμπειρία με αυτά, όπως τα αντικείμενα του μακρόκοσμου. Καθώς οι ενότητες εξελίσσονται γίνονται λιγότερο οικεία και μακριά από την άμεση αισθητηριακή τους εμπειρία (μικρόκοσμος, νανόκοσμος). Η ταξινόμηση αντικειμένων στους τρεις κόσμους πραγματοποιείται με το ποιοτικό κριτήριο των Οργάνων που καθιστούν τα αντικείμενα του κάθε κόσμου προσβάσιμα: το γυμνό μάτι για τον μακρόκοσμο, το οπτικό μικροσκόπιο για τον μικρόκοσμο και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο για τον νανόκοσμο. Για τη σειροθέτηση των αντικειμένων ποιοτικό κριτήριο αποτελεί ο συλλογισμός «ποιο αντικείμενο χωράει μέσα στο άλλο» ή «ποιο αντικείμενο αποτελεί μέρος του άλλου» (Delgado, 2009).

Έπειτα διερευνάται η επίδραση του νανόκοσμου στον μακρόκοσμο μέσα από τρία παραδείγματα: την ίωση, τα φίλτρα νανοτεχνολογίας (Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία: Εφαρμογές της N-ET), και το φαινόμενο του λωτού π.χ. υπερ-υδρόφοβα και αυτοκαθαριζόμενα υφάσματα (Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος). Παράλληλα με τη διδασκαλία των παραπάνω εννοιών διδάσκεται ρητά η φύση και ο ρόλος των Μοντέλων. Οι μαθητές εμπλέκονται σε διαδικασίες μοντελοποίησης οι οποίες μπορούν να

συμβάλλουν στην εννοιολογική κατανόηση θεμάτων των φυσικών επιστημών (Vosniadou 2013).

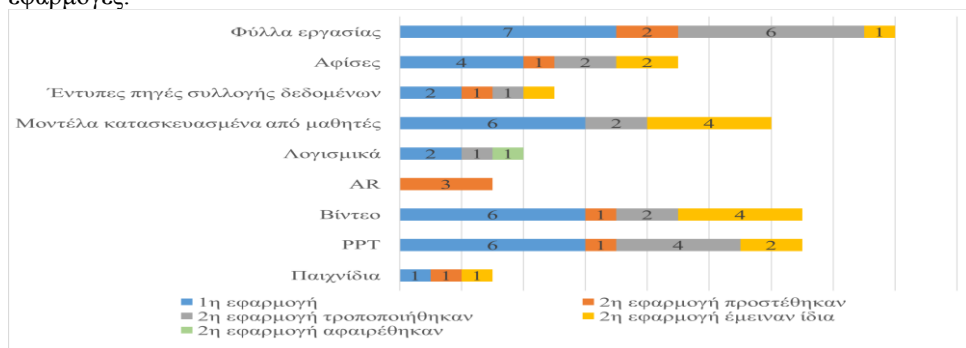
## ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗ Ν-ΕΤ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ

Στη διαδικασία αναθεώρησης του εκπαιδευτικού υλικού συμμετείχαν (α) ο εκπαιδευτικός-ερευνητής και (β) δύο μέλη της ομάδας ερευνητών ΔΦΕ του ΠΤΔΕ Φλώρινας. Κατά τη διάρκεια της πρώτης εφαρμογής του εκπαιδευτικού προγράμματος στην τάξη, ο ερευνητής-εκπαιδευτικός κρατούσε σημειώσεις στις οποίες κατέγραφε για κάθε εκπαιδευτικό υλικό και αντίστοιχη δραστηριότητα εάν υποστήριζαν τη διδακτική-μαθησιακή διαδικασία ή αν υπήρχαν δυσκολίες εφαρμοσιμότητας και κατανόησης από τους μαθητές. Μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής, ο εκπαιδευτικός-ερευνητής ανέλυσε τα δεδομένα των γραπτών σημειώσεων και ακολούθησαν συναντήσεις με όλα τα μέλη της ερευνητικής ομάδας κατά τις οποίες συζητήθηκαν οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθητές. Το αποτέλεσμα αυτών των συναντήσεων οδήγησε σε αλλαγές του εκπαιδευτικού υλικού.

## ΟΙ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Το εκπαιδευτικό υλικό στις δύο εφαρμογές περιλάμβανε: Φύλλα εργασίας, αφίσες, έντυπες πηγές συλλογής δεδομένων, μοντέλα κατασκευασμένα από μαθητές, λογισμικά, βίντεο σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality, AR), συμβατικά βίντεο, παρουσιάσεις PPT, παιχνίδια. Συνολικά στην πρώτη εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν 34 εκπαιδευτικά υλικά ενώ στη δεύτερη 43. Συγκεκριμένα προστέθηκαν 10 εκπαιδευτικά υλικά, τροποποιήθηκαν 18 και αφαιρέθηκε ένα (Γράφημα 1). Φαίνεται ότι σε όλα τα είδη έγιναν τροποποιήσεις ή προστέθηκαν νέα.

**Γράφημα 1.** Οι αλλαγές στο είδος και στον αριθμό των εκπαιδευτικών υλικών στις δύο εφαρμογές.



Παρακάτω περιγράφουμε ενδεικτικά παραδείγματα αλλαγών στα εκπαιδευτικά υλικά που αφορούν τις Αφίσες και τα AR (βίντεο σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας). Στο εκπαιδευτικό υλικό της πρώτης εφαρμογής μόνο μια δραστηριότητα καλούσε ρητά τους μαθητές να αναγνωρίσουν την επίδραση του νανόκοσμου στον μακρόκοσμο (στην περίπτωση της ίωσης), παρόλο που αποτελεί έναν βασικό μαθησιακό στόχο. Για τον λόγο αυτό προσθέσαμε στη δεύτερη εφαρμογή μια ημι-δομημένη διαδραστική αφίσα με τίτλο «Πώς ο νανόκοσμος επηρεάζει τον μακρόκοσμο» (Εικόνα 1).

**Εικόνα 1.** Διαδραστική αφίσα «Πώς ο νανόκοσμος επηρεάζει τον μακρόκοσμο».



Η αφίσα αποτέλεσε μέσο συλλογής πληροφοριών καθώς και χώρο ανάρτησης των μοντέλων που κατασκεύαζαν οι μαθητές για την ίωση, το φαινόμενο του λωτού και τα φίλτρα νανοτεχνολογίας. Όσον αφορά τη συλλογή πληροφοριών, αυτή πραγματοποιήθηκε μέσα από την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας: [studio.hpreveal.com](http://studio.hpreveal.com). Οι μαθητές τοποθετούσαν την κάμερα ενός tablet μπροστά από μια εικόνα της αφίσας και έτσι παρακολουθούσαν στο tablet βίντεο σχετικό με τη συγκεκριμένη εικόνα. Έχουμε δημιουργήσει τρία εκπαιδευτικά υλικά επαυξημένης πραγματικότητας που αντιστοιχούν στις τρεις περιπτώσεις για τη διερεύνηση του πώς ο νανόκοσμος επηρεάζει τον μακρόκοσμο. Για παράδειγμα, όταν οι μαθητές διερευνούσαν το φαινόμενο του λωτού τοποθετούσαν το tablet μπροστά από την εικόνα των φύλλων της ακακίας, τα οποία είναι ορατά στον μακρόκοσμο. Στη συνέχεια στο βίντεο είχαν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν τη νανοδομή μιας υπερ-υδρόφοβης επιφάνειας (Εικόνα 1). Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας προσφέρουν νέες δυνατότητες στην αναπαράσταση αφηρημένων εννοιών (Furio et al. 2013) καθώς δίνουν τη δυνατότητα προβολής μοντέλων του νανόκοσμου πάνω από αντίστοιχα αντικείμενα ή φαινόμενα του μακρόκοσμου.

Οι παραπάνω αλλαγές θεωρούμε ότι θα ενισχύσουν τη διερευνητική διαδικασία μάθησης και κατ' επέκταση τη μάθηση των εννοιών και φαινομένων με τις οποίες σχετίζονται.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Delgado, C. (2009). *Development of a research-based learning progression for middle school through undergraduate students' conceptual understanding of size and scale*. Doctoral dissertation: The University of Michigan.
- Furió, D., González-Gancedo, S., Juan, M. C., Seguí, I., & Rando, N. (2013). Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. traditional game. *Computers & Education*, 64, 1-23.
- Ghattas, N. I., & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 30(3), 271-284.
- Jones, G., Falvo, M., Taylor, A. and Bethany Broadwell. (2007). *Nanoscale science: Activities for Grades 6–12*. USA: NSTA press.
- Laherto, A. (2010). An Analysis of the Educational Significance of Nanoscience and Nanotechnology in Scientific and Technological Literacy. *Science Education International*, 21 (3), 160-175.
- Πέικος, Γ., Μάνου, Α. & Σπύρτου, Α. (2017). Εφαρμογή και Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τη διδασκαλία περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο. *Πρακτικά του 10<sup>ου</sup> Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 802-810) Κρήτη: Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. In D. Psillos, & P. Kariotoglou (Eds). *Iterative design of teaching-learning sequences* (pp. 11-34). Dordrecht: Springer.
- Σπύρτου, Α., Μάνου, Α., Πέικος, Γ. & Παπαδοπούλου, Π. (2018). *Διερευνώντας τα Μυστικά του Νανόκοσμου*. Αθήνα: Gutenberg.
- Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. (2009). *Big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Vosniadou, S. (2013). Model based reasoning and the learning of counter-intuitive science concepts. *Infancia y Aprendizaje*, 36(1), 5-33.
- 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, NY: Routledge
- Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβλήματα, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

# Άνθρακας στην Ευρώπη ή Άνθρακας η Ευρώπη: Ένα εκπαιδευτικό υλικό για την Ενέργεια της Δ΄ Τάξης του Δημοτικού Σχολείου

Ελευθερία Τσιούρη<sup>1</sup> και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ο Π.Δ.Σ. Ιωαννίνων, riatsiouri1@gmail.com

<sup>2</sup> Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kkotsis@uoi.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε με τους μαθητές της Δ΄ Τάξης του 1<sup>ου</sup> Πειραματικού Δημοτικού Σχολείου Ιωαννίνων και σχετίζεται με τον άνθρακα, δηλαδή με τον ορυκτό πλούτο των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο οποίος συνδέεται με την ενέργεια. Οι μαθητές μέσα από ομαδοσυνεργατικά βιωματικές δράσεις υλοποίησαν με την βοήθεια της ψηφιακής αφήγησης τελικά παραγόμενα για την ενημέρωση της ευρύτερης κοινότητας, με τίτλο «Άνθρακας στην Ευρώπη ή Άνθρακας η Ευρώπη.»*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** άνθρακας, ενέργεια, λιγνιτικοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έρευνες έχουν δείξει ότι πολλοί μαθητές του Δημοτικού συνδέουν την ενέργεια με τους ζώντες οργανισμούς ή ανθρώπινες διαδικασίες (Watts, 1983; Driver & Warrington, 1985; Solomon, 1992; Ross, 1993; Trumper, 1993; Goldring & Osborne, 1994; Rule, 2018). Στο Δημοτικό Σχολείο οι πιο δημοφιλείς διδακτικές προσεγγίσεις επικεντρώνονται στις διάφορες μορφές ενέργειας ως μια ενδιάμεση γλώσσα χρήσιμη για την ποιοτική αντιμετώπιση της έννοιας της ενέργειας (Kaper & Goedhart, 2002; Hobson, 2004; Koliopoulos et al., 2009). Μια άλλη προσέγγιση διδασκαλίας της ενέργειας είναι η αξιοποίηση της μεταβολής της ενέργειας από την μια μορφή στην άλλη (Papadouris, Constantinou & Kyratsi, 2008; Golberg, Otero & Robinson, 2010).

Το αντικείμενο του προγράμματος είχε ως αφορμή τη συζήτηση σε παγκόσμιο επίπεδο για τις πηγές ενέργειας, αλλά και η πρώτη ονομασία της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 1951 ως «Ευρωπαϊκή Κοινότητα Άνθρακα και Χάλυβα». Από τα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα που άρχισε η εντατική εκμετάλλευση και καύση των ορυκτών καυσίμων, άρχισε και η εισροή στην ατμόσφαιρα τεράστιων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα. Καίγοντας, λοιπόν, τον άνθρακα διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα αέρια, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, ένα αέριο χρήσιμο για τη φωτοσύνθεση, αλλά υπεύθυνο για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Είναι αυτονόητο, λοιπόν, ότι η μελέτη τέτοιων θεμάτων στην σχολική αίθουσα αποτελεί ζητούμενο.

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Βασικός σκοπός του προγράμματος ήταν οι μαθητές να καλλιεργήσουν στάσεις και δεξιότητες, οι οποίες θα τους βοηθήσουν να αναπτύξουν προσωπική και συλλογική ευθύνη σε θέματα ενέργειας και περιβάλλοντος. Το σχέδιο εργασίας με τίτλο «Άνθρακας στην Ευρώπη ή Άνθρακας η Ευρώπη υλοποιήθηκε στη Δ΄ Τάξη στην Ευέλικτη Ζώνη, αλλά και διαθεματικά σε αντίστοιχες διδακτικές ενότητες της Γλώσσας, των Μαθηματικών, της Μελέτης Περιβάλλοντος και των Εικαστικών. Η χρονική διάρκεια ήταν από τον Ιανουάριο έως τον Ιούνιο του σχολικού έτους. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος project (Frey, 1986), η οποία είναι ένας τρόπος ομαδικής διδασκαλίας με ταυτόχρονη συμμετοχή εκπαιδευτικών και μαθητών που εκπορεύεται από την αποφασιστικότητα, ενώ η ίδια η διδασκαλία σχεδιάζεται, διαμορφώνεται και διεξάγεται με τη συνεισφορά όλων των συμμετεχόντων.

Σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών Μελέτης Περιβάλλοντος για το «Νέο Σχολείο», οι στόχοι που τέθηκαν κινούνται στους τέσσερις άξονες: γνώση και κατανόηση, επικοινωνία, συνεργασία και στάσεις, κριτική σκέψη και διερεύνηση, σύνδεση με την κοινότητα και την καθημερινή ζωή.

Οι δραστηριότητες ακολούθησαν τη βιωματική μάθηση, αφού παραπέμπει σε ανοιχτές διδακτικές διαδικασίες και σε ανοιχτά προγράμματα σπουδών, καινοτόμων δράσεων όπως είναι οι προδιαγραφές του προγράμματος της Ευέλικτης Ζώνης (Δεδούλη (2002). Οι φάσεις παραγωγής της γνώσης που ακολουθήθηκαν για την ανάπτυξη του σχεδίου εργασίας είναι η συλλογή πρωτογενών πληροφοριακών δεδομένων, η επεξεργασία τους, η κωδικοποίηση της γνώσης που προκύπτει από τη διαδικασία της επεξεργασίας, η διαχείριση της παραγόμενης γνώσης και η αξιολόγησή της (Ματσαγγούρας, 2001). Οι 25 μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε πέντε ανομοιογενείς ομάδες, ως προς την επίδοση και το φύλο. Τα μέλη των ομάδων κλήθηκαν να συλλέξουν υλικό για τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε συγκεκριμένα φύλλα εργασίας, αναφορικά με τον ορυκτό τους πλούτο, να το επεξεργαστούν, να ανταλλάξουν ιδέες και να αποφασίσουν πώς θα είναι το τελικό τους κείμενο για την ψηφιακή αφήγηση, αφού το συνθέσουν. Όσον αφορά την αξιολόγηση της δράσης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της παρατήρησης των μαθητών κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων καθώς και η χρήση ερωτηματολογίου. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δράσεις που αφορούσαν: τη χαρτογράφηση εννοιών, τη δημιουργική έκφραση, τη χρήση οπτικοακουστικών μέσων, τη δημιουργία οπτικοακουστικού υλικού, την παρουσίαση δραστηριοτήτων και αξιοποίηση των νέων γνώσεων στο άμεσο και στο ευρύτερο περιβάλλον.

## **ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**

Αναφορικά με τις δραστηριότητες, για την υλοποίησή τους υποβλήθηκαν ερωτήματα, σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν έρευνες από τις ομάδες των μαθητών,

ερμηνεύτηκαν τα δεδομένα, συγκροτήθηκαν εξηγήσεις, ενεπλάκησαν οι μαθητές σε επιχειρηματολογία βασιζόμενη σε στοιχεία και έγινε ανταλλαγή πληροφοριών.

Υλοποιήθηκαν για το πρόγραμμα οι εξής δραστηριότητες:

1<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Οι μαθητές ενημερώθηκαν για την Ευρώπη, τις χώρες της, την Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη - μέλη της, μέσα από σχετικά βιβλία, χάρτες και το διαδίκτυο.

Στόχος: Να γνωρίσουν την Ευρώπη και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Αποτέλεσμα: Οι μαθητές κατανόησαν την έκταση της Ευρώπης και διαχώρισαν την Ε.Ε. και τα κράτη μέλη της.

2<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Χωρίστηκαν σε ομάδες και έπαιζαν παιχνίδια ρόλων, διοργανώνοντας και υλοποιώντας εικονικά ταξίδια στην Ευρώπη.

Στόχος: Να μάθουν να λειτουργούν σε ομάδες και να γνωρίσουν τα κράτη της Ευρώπης.

Αποτέλεσμα: Οι μαθητές άρχισαν να λειτουργούν σε ομάδες και διάλεξε η κάθε ομάδα τα κράτη μέλη τα οποία θα εξέταζε.

3<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Κατασκεύασαν με-σα από καταιγισμό ιδεών εννοιολογικούς χάρτες, αρχικά για την Ευρώπη και στη συνέχεια για τον Άνθρακα.

Στόχος: Να συνδέσουν τα κράτη μέλη της Ε.Ε. με τον ορυκτό τους πλούτο.

Αποτέλεσμα: Οι μαθητές κατανόησαν τον ορυκτό πλούτο (το υπέδαφος) του κάθε κράτους μέλους της Ε.Ε. και συνέλεξαν σχετικά στοιχεία.

4<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Ενημερώθηκαν για τον κύκλο του άνθρακα από βιβλία και το Λεξικό της κοινής νεοελληνικής από την Πύλη της Ελληνικής γλώσσας.

Στόχος: Να κατανοήσουν την τέλεια καύση του άνθρακα.

Αποτέλεσμα: Οι μαθητές κατέκτησαν τη γνώση των εννοιών της τέλει καύσης του άνθρακα και συνέδεσαν τον άνθρακα με την ενέργεια.

5<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Αποτύπωσαν τον κύκλο του άνθρακα σε αφίσα και κατανόησαν τις σχετιζόμενες έννοιες.

Στόχος: Να συνδέσουν τον άνθρακα ως πηγή ενέργειας και να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα από την καύση του.

Αποτέλεσμα: Οι μαθητές διαχώρισαν την τέλεια από την ατελή καύση του άνθρακα και κατανόησαν της σχετικές έννοιες. Κατανόησαν, επίσης, τι γίνεται με την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κατά την τέλεια καύση.

6<sup>η</sup> Δραστηριότητα: Δημιούργησαν κολάζ με πληροφορίες για τον άνθρακα και το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από την καύση του & συνέδεσαν το φαινόμενο αυτό με τη λειτουργία των λιγνιτικών θερμοηλεκτρικών εργοστασίων.

**Στόχος:** Να κατανοήσουν την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα από καθημερινές τους δραστηριότητες.

**Αποτέλεσμα:** Οι μαθητές να κατανοήσουν την εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα από τους λιγνιτικούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς.

**7<sup>η</sup> Δραστηριότητα:** Μελέτησαν τη λειτουργία των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και έφτιαξε η κάθε ομάδα από ένα δικό της σχέδιο σε χαρτί.

**Στόχος:** Να διερευνήσουν και να κατανοήσουν τη λειτουργία των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

**Αποτέλεσμα:** Οι μαθητές κατανόησαν την λειτουργία των λιγνιτικών θερμοηλεκτρικών σταθμών.

**8<sup>η</sup> Δραστηριότητα:** Συμπλήρωσαν σχετικά φύλλα εργασίας, τα οποία βοήθησαν τους μαθητές στην ψηφιακή αφήγηση.

**Στόχος:** Να συνεργαστούν και να φτιάξουν την ιστορία της ψηφιακής αφήγησης, αρχικά σε ομάδες και στη συνέχεια όλες οι ομάδες μαζί.

**Αποτέλεσμα:** Οι μαθητές συνεργάστηκαν με επιτυχία και ολοκλήρωσαν το κείμενο για την ψηφιακή αφήγηση.

**9<sup>η</sup> Δραστηριότητα:** Έφτιαξαν ένα τελικό παραγόμενο ψηφιακό υλικό για την ενημέρωση της ευρύτερης κοινότητας, χρησιμοποιώντας το power point και το movie maker.

**Στόχος:** Να ενημερωθεί η ευρύτερη κοινότητα για την ενέργεια, τον ορυκτό πλούτο των κρατών και τη λειτουργία των λιγνιτικών θερμοηλεκτρικών σταθμών σχετικά με την καθημερινή χρήση ενέργειας.

**Αποτέλεσμα:** Οι μαθητές κατασκεύασαν ένα τελικό σχετικό βίντεο και το κοινοποίησαν στην ευρύτερη κοινότητα μέσω της ιστοσελίδας του σχολείου και του ιστολογίου της τάξης.

**10<sup>η</sup> Δραστηριότητα:** Πρότειναν μείωση της χρήσης του άνθρακα με στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και κατασκεύασαν έναν ανιχνευτή διοξειδίου του άνθρακα.

**Στόχος:** Να μελετήσουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να τις συνδέσουν με τη χρήση ενέργειας στην καθημερινή τους ζωή.

**Αποτέλεσμα:** Οι μαθητές ανέπτυξαν κριτική σκέψη στη λογική και αλόγιστη χρήση ενέργειας στην καθημερινή τους ζωή.

## **ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Τα μαθησιακά αποτελέσματα, που επετεύχθησαν με την υλοποίηση των παραπάνω δραστηριοτήτων, αφορούσαν κυρίως στην κατανόηση βασικών ευρωπαϊκών και περιβαλλοντικών εννοιών, καθώς και έννοιες όπως η ενέργεια, η τέλεια καύση του άνθρακα, οι λιγνιτικοί θερμοηλεκτρικοί σταθμοί και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επίσης, ήταν ιδιαίτερα σημαντική η αλληλεπίδραση και η διάδραση μεταξύ των ομάδων των μαθητών, όπου ευνοήθηκε η κοινωνική αλληλεπίδραση, η συνεργατική και ομαδική μάθηση.



Οι δράσεις που υλοποιήθηκαν δεν είχαν μόνο ως αποτέλεσμα την ενημέρωση των μαθητών της τάξης και την ευαισθητοποίησή τους σε ευρωπαϊκά, περιβαλλοντικά και θέματα ενέργειας, αλλά συνέβαλλαν και στην ευαισθητοποίηση και ενημέρωση της ευρύτερης σχολικής κοινότητας. Η διάχυση έγινε μέσω της παρουσίας της δράσης στην ιστοσελίδα του Σχολείου και στο ιστολόγιο της Τάξης.

Συμπερασματικά, η παρούσα εργασία αποτελεί έναυσμα για τους εκπαιδευτικούς της Π.Ε. να πραγματοποιήσουν ίδιες ή και παρόμοιες δραστηριότητες εκτός σχολικών εγχειριδίων, αναφορικά με την ενέργεια και τη χρήση της.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Driver, R. & Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20, 171–176.
- Frey, K. (1986). Η «Μέθοδος Project». Μια μορφή συλλογικής εργασίας στο σχολείο ως θεωρία και πράξη. (Μτφρ. Μάλλιου, Κ.), Θεσσαλονίκη, εκδ. Κυριακίδη.
- Goldberg F., Otero V. & Robinson S. (2010). Design principles for effective physics instruction: A case from physics and everyday thinking. *American Journal of Physics*, 78(12) 1265-1277.
- Goldring, H. & Osborne, J. (1994). Students' difficulties with energy and related concepts. *Physics Education*, 29, 26–32.
- Hobson A. (2004). Energy flow diagrams for deaching Physics concepts. *The Physics Teacher*, 42, 113-117.
- Kaper, W. & Goedhart, M. (2002). 'Forms of energy', an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I & II. *International Journal of Science Education*, 24(1), 81-96, 24(2), 119-138.
- Koliopoulos, D., Christidou, V., Symidala, I. & Koutsiouba, A. (2009). Pre-energy reasoning in preschool children. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 3(1), 123-140.
- Papadouris, N., Constantinou, C. P. & Kyratsi, T. (2008). Students' use of the energy model to account for changes in physical systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 444–469
- Rule, A. (2018). Elementary Students' Ideas Concerning Fossil Fuel Energy. *Jurnal of Geoscience Education*.
- Solomon, J. (1992). *Getting to know about energy in school and society* (London: Falmer Press).
- Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: a cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15, 139–148.
- Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18, 213–217.
- Δεδούλη, Μ. (2002). Βιοματική μάθηση - Δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, Τεύχος 6.
- Ματσαγγούρας, Η. (2001). Ευέλικτη Ζώνη Διαθεματικών Προσεγγίσεων: Μια εκπαιδευτική καινοτομία που αλλάζει το σχολείο. Επιθεώρηση εκπαιδευτικών θεμάτων, Τεύχος 6.

# Προτεινόμενο διδακτικό σενάριο για τη διδασκαλία του Πεπτικού Συστήματος (Φυσική Ε΄ τάξης)

**Σοφία Κώτσου<sup>1</sup> και Ευφημία Τσιαρτσιάρη<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Δημοτικό Σχολείο Μασάρων Ρόδου, KSofia2008@gmail.com

<sup>2</sup> 6<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Κιάτου, efipen@gmail.com

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

*Η παρούσα εργασία επιχειρεί να παρουσιάσει ένα διδακτικό σενάριο για τη διδασκαλία της ενότητας "Πεπτικό Σύστημα" που αποτελεί κομμάτι της διδακτέας ύλης στη φυσική της ε΄ δημοτικού. Η πορεία που ακολουθείται βασίζεται στους διδακτικούς στόχους, όπως αυτοί αναφέρονται στο βιβλίο δασκάλου του μαθήματος. Στο πλαίσιο αυτό θα παρουσιαστούν δραστηριότητες, οι οποίες στηρίζονται στη διαθεματικότητα αλλά και στη χρήση έντυπου και ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** πεπτικό σύστημα, ισορροπημένη διατροφή, δόντια.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Το μάθημα των φυσικών επιστημών κατέχει σημαντική θέση στο ωρολόγιο πρόγραμμα του δημοτικού σχολείου, κάτι που επιβεβαιώνεται από τη σταδιακή αύξηση των διδακτικών ωρών που αντιστοιχούν σ' αυτό. Η αλλαγή αυτή έγκειται στο γεγονός ότι το μάθημα διαπραγματεύεται θέματα που αφορούν τη μελέτη του γύρω κόσμου αλλά και φαινόμενα τα οποία οι μαθητές παρατηρούν γύρω τους και αποτελούν κομμάτι της καθημερινότητάς τους. Μέσα από παραδείγματα και εικόνες, τις οποίες οι μαθητές αναγνωρίζουν από την καθημερινότητά τους, αλλά και πειράματα που διενεργούνται με απλά υλικά, οι μαθητές εκδηλώνουν μεγάλο ενδιαφέρον, κινητοποιούνται, συμμετέχουν και μιλούν στον κόσμο της φυσικής, ο οποίος εμφανίζεται πλέον όχι ως κάτι δυσνόητο, αλλά κάτι προσίτο και ταυτόχρονα εντυπωσιακό.

## **ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

Οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν την προσπάθεια του ανθρώπου να γνωρίσει την πραγματικότητα και να αποκτήσει γνώσεις μέσα από αυτή την αναζήτηση και επιδίωξη. Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο που έχει ως σκοπό τη μελέτη και τη βελτίωση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (Φυσική,

Χημεία, Βιολογία, Γεωλογία), μέσα από τη μελέτη διδακτικών τεχνικών και τη διερεύνηση και τη δοκιμαστική εφαρμογή νέων. Παράλληλα, ο σκοπός της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο, είναι η καλλιέργεια του επιστημονικού τρόπου σκέψης, από την πλευρά των νεαρών μαθητών καθώς και η απόκτηση του «επιστημονικού γίγνεσθαι», μαθαίνοντας να εργάζονται ως μικροί επιστήμονες (Κόκκοτας, 2004: 30, 39).

### **ΕΠΟΙΚΟΔΟΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ**

Στα πλαίσια οργάνωσης της διδασκαλίας ο εκπαιδευτικός καλείται να λαμβάνει υπόψη του τον τρόπο προσέγγισης της γνώσης. Η εποικοδομητική προσέγγιση της γνώσης στη μάθηση και τη διδασκαλία, περιλαμβάνει πέντε στάδια, έτσι όπως διατυπώθηκαν από τους Driver και Oldham (1986) :

α) Το στάδιο του προσανατολισμού, το οποίο αποτελεί την έναρξη της διδακτικομαθησιακής διαδικασίας. Το στάδιο αυτό είναι σημαντικό καθώς η αφόρμηση μπορεί να υλοποιηθεί με την προβολή ενός βίντεο (εκπαιδευτική τηλεόραση, Movie Maker) ή μιας παρουσίασης (PowerPoint), προκαλώντας το ενδιαφέρον των νεαρών μαθητών και εξασφαλίζοντας την επακόλουθη αφοσίωσή τους.

β) Το στάδιο της ανάδειξης των ιδεών των μαθητών. Σ' αυτή τη φάση τα παιδιά διατυπώνουν γραπτά ή προφορικά τις απόψεις, τις ιδέες και τις υποθέσεις τους σχετικά με το υπό διδασκαλία αντικείμενο. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες και με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, ο οποίος τους προσφέρει τα κατάλληλα εργαλεία και την απαιτούμενη καθοδήγηση, προτείνουν τα δικά τους μοντέλα, τα οποία ενδεχομένως να είναι αντικρουόμενα.

γ) Το στάδιο αναδόμησης των ιδεών, στο οποίο τα παιδιά ενθαρρύνονται να ελέγξουν μέσα από την εφαρμογή και την πειραματική διαδικασία τις απόψεις που διατύπωσαν προηγουμένως. Σε αρκετές περιπτώσεις επέρχεται η γνωστική σύγκρουση, καθώς οι προϋπάρχουσες ιδέες και απόψεις δεν επιβεβαιώνονται αλλά με βιωματικό τρόπο καταρρίπτονται. Έτσι, διατυπώνεται μέσα από την εφαρμογή και την πειραματική διαδικασία η νέα προσφερόμενη γνώση.

δ) Το στάδιο της εφαρμογής κατά το οποίο η νέα πληροφορία εφαρμόζεται και σε προβλήματα της καθημερινής ζωής. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα στους μαθητές της αξιοποίησής της, σε αρκετές περιπτώσεις, για την εμπέδωσή της.

ε) Το στάδιο της ανασκόπησης ή εναλλακτικά η φάση της μεταγνώσης. Εδώ αναγνωρίζεται η σημασία του μηχανισμού επίλυσης προβλήματος που ανακαλύφθηκε, συνειδητοποιώντας ταυτόχρονα την γνωστική πορεία της αλλαγής. Αποτελείται από δραστηριότητες αυτοελέγχου (Driver, Squires, Rushworth & Wood- Robinson, 2000: 18-21).

Σύμφωνα με τους Gutierrez και Ogborn, οι μαθητές χρησιμοποιούν το αιτιακό μοντέλο συλλογισμού, για να ερμηνεύσουν τον κόσμο. Έτσι, δημιουργούν ορισμένες αναπαραστάσεις και απόψεις για τον φυσικό κόσμο που είναι εσφαλμένες. Στην ίδια κατεύθυνση κινείται και ο Andersson (1986), ο οποίος υποστήριξε ότι στην καθημερινή μας ζωή σκεφτόμαστε με αιτιακό τρόπο, συνδέοντας το αίτιο με το αποτέλεσμα (π.χ. σπρώχνουμε ένα αντικείμενο κι αυτό μετακινείται), γεγονός που επηρεάζει και τις

εμπειρίες που φέρνουν τα παιδιά στην τάξη. Το ζήτημα της αιτιότητας εισήχθη από τον Αναξίμανδρο, ενώ αργότερα μελετήθηκε από τον Αριστοτέλη, ο οποίος στο έργο του «Φυσικά», ασχολείται με το γνωσιολογικό μέρος της αιτίας, η αναζήτηση και ο ορισμός της οποίας, οδηγεί στη γνώση (Κουμαράς, 2015:391-393).

### ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ

Η διαθεματική προσέγγιση της γνώσης (cross-thematic integration) είναι η αντιμετώπιση των γνωστικών αντικειμένων του προγράμματος σπουδών ως ενιαία ολότητα, προσεγγίζοντας σφαιρικά τη σχολική γνώση (Ματσαγγούρας, 2009:48). Στο πλαίσιο αυτό, για τη διδασκαλία του κεφαλαίου "Πεπτικό Σύστημα" θα χρησιμοποιηθούν εκτός από το μάθημα της Φυσικής, το μάθημα των Εικαστικών, της Φυσικής Αγωγής, της Θεατρικής Αγωγής, της Γλώσσας και της Πληροφορικής. Ως απόρριψη για την εισαγωγή στην ενότητα θα προβληθεί βίντεο μέσω του προγράμματος "Movie Maker". Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η διάρθρωση των δραστηριοτήτων που επιλέχθηκαν για τη διδασκαλία του πεπτικού συστήματος ανά ενότητα και τα μαθήματα στα οποία θα υλοποιηθούν και θα γίνει διάχυση. Μετά το τέλος επεξεργασίας του κεφαλαίου, θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των μαθητών φύλλα εργασίας με διαφορετικές δραστηριότητες από τις ήδη υπάρχουσες στο τετράδιο εργασιών και το πρόγραμμα "Pixton".

### ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

**Πίνακας 1:** Προτεινόμενες διδακτικές δραστηριότητες

| ΕΝΟΤΗΤΑ  | ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ   |
|--|---|
| Ισορροπημένη Διατροφή                            | Κατασκευή τροφικής πυραμίδας (Εικαστικά)<br>Προτεινόμενη Διατροφή (Φυσική Αγωγή)<br>Πυραμίδα Δραστηριοτήτων (Φυσική Αγωγή)<br>Αφίσα με ομάδες τροφών (Φυσική)<br>Αξία νερού στη διατροφή (Φυσική)<br><u>Διδακτικοί στόχοι:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>η κατάκτηση της νέας γνώσης, που αφορά στην κατανόηση της σωστής ανάπτυξης, ως αποτέλεσμα ενός υγιούς τρόπου ζωής και</li> <li>η κατασκευή διατροφικής πυραμίδας και πυραμίδας δραστηριοτήτων και η επεξήγηση αυτών.</li> </ul> |
| Τα δόντια -<br>Η αρχή του ταξιδιού της<br>τροφής | Κατασκευή τρισδιάστατων δοντιών (Εικαστικά)<br>Δραματοποίηση του βιβλίου "Δόνα Τερηδόνα"<br>(Γλώσσα - Θεατρική Αγωγή)<br>Σωστό βούρτσισμα δοντιών (Φυσική)<br><u>Διδακτικοί στόχοι:</u>   |

- ο εντοπισμός και η αναγνώριση των διαφόρων τύπων δοντιών που υπάρχουν στο ανθρώπινο στόμα,
- η ικανότητα αναγνώρισης και ονομασίας των τύπων των δοντιών, επιδεικνύοντας μια εικόνα από μια οδοντοστοιχία και η συνακόλουθη εξήγηση της χρησιμότητας αυτών και
- η σημείωση σε σκίτσο τομής ενός δοντιού, των επιμέρους μερών που το αποτελούν.

Το ταξίδι της τροφής  
συνεχίζεται

Πείραμα για τη δράση του σάλιου και το άμυλο του ψωμιού (Φυσική)  
Πείραμα για τη χολή και τα λίπη των τροφών (Φυσική)  
Αξιοποίηση σχολικού υλικού - Μοντέλο ανθρώπινου σώματος (Φυσική)

Διδακτικός στόχος:

- η κατανόηση των οργάνων του πεπτικού συστήματος και η εξήγηση της λειτουργίας του καθενός από αυτά.

---

Οι διδακτικοί στόχοι της ενότητας "Πεπτικό Σύστημα" ορίζονται στο βιβλίο του δασκάλου. Ο γενικός στόχος, που αφορά σε όλη την ενότητα, είναι η κατανόηση της δομής και λειτουργίας του πεπτικού συστήματος. (Αποστολάκης, Παναγοπούλου, Σάββας, Τσαγλιώτης, Μακρή, Πανταζής, Πετρέα, Σωτηρίου, Τόλιας, Τσαγκογέωργα & Καλκάνης, 2006: 101).

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Driver R, Squires A., Rushworth P.& Wood- Robinson V. (2000). *Οικο- δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Μια παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των μαθητών*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Αποστολάκης Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας Στ., Τσαγλιώτης Ν., Μακρή Β., Πανταζής Γ., Πετρέα Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσαγκογέωργα Α. & Καλκάνης Γ (2006). *Φυσικά Ε΄ Δημοτικού - Ερευνά και Ανακαλύπτω. Βιβλίο Δασκάλου*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Κόκκοτας Π., (2004). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μέρος Πρώτο*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Κουμαράς Π., (2015). *Μονοπάτια της σκέψης στον κόσμο της Φυσικής, για την ανάπτυξή της, για τη διδασκαλία της, για τη μάθηση της, Ενέργεια, Πίεση, Ισχύς, Δύναμη, Ορμή*. Αθήνα: Gutenberg.
- Ματσαγγούρας, Η. (2009). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση. Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*. Αθήνα: Γρηγόρης.

# Σχεδιασμός και συγκρότηση εκπαιδευτικού υλικού με βάση ερευνητικά πορίσματα: Η περίπτωση ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού για το μάθημα Γεωγία και Περιβάλλον του τομέα Γεωπονίας των ΕΠΑΛ

Κυριακή Αναγνωστοπούλου<sup>1</sup> και Βασιλεία Χατζηνικήτα<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών,  
kellyanagno@gmail.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από τα αποτελέσματα του προγράμματος PISA αναδεικνύεται η υστέρηση των μαθητών/τριών της Ελλάδας σε βασικές γνώσεις και ικανότητες στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ). Με βάση αυτά τα αποτελέσματα, καθώς και τα ευρήματα άλλων συναφών ερευνών, στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται ο σχεδιασμός μιας σειράς δραστηριοτήτων και εκπαιδευτικού υλικού για την καλλιέργεια βασικών ικανοτήτων στις ΦΕ.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Βασικές γνώσεις και ικανότητες, Εκπαιδευτικό υλικό, ΕΠΑΛ, Περιβαλλοντικά υπεύθυνα στάση, PISA, Φυσικές Επιστήμες

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρόγραμμα PISA αποτελεί μια εκ των πλέον αναγνωρισμένων διεθνώς εκπαιδευτικών ερευνών και τα αποτελέσματά της θεωρούνται σημαντικοί δείκτες της υπάρχουσας κατάστασης, των δυνατοτήτων και των προκλήσεων των εκπαιδευτικών συστημάτων των συμμετεχουσών χώρων (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2002). Η Ελλάδα συμμετέχει στο PISA από το 2000, την πρώτη εφαρμογή του, και οι επιδόσεις του μαθητικού πληθυσμού της είναι συστηματικά χαμηλές –στατιστικά σημαντικά χαμηλότερες από τη μέση επίδοση των χωρών του ΟΟΣΑ–, σε όλους τους κύκλους και όλα τα γνωστικά αντικείμενα της έρευνας. Από τα αποτελέσματα του PISA που εστίαζαν στις ΦΕ, αναδεικνύεται η υστέρηση των μαθητών στην Ελλάδα σε βασικές γνώσεις και ικανότητες, καθώς σημαντικό ποσοστό των Ελλήνων μαθητών επιτυγχάνει χαμηλές επιδόσεις (2006: 53% και 2015: 61% των μαθητών επιτυγχάνουν μόλις το οριακό επίπεδο 2). Περισσότεροι δηλαδή από τους μισούς μαθητές εμφανίζουν οριακές ικανότητες, ή και αδυναμία,

χειρισμού θεμάτων που εμπλέκεται η επιστήμη και η τεχνολογία (OECD, 2016α· 2007). Από συναφείς έρευνες, αναδεικνύεται ότι, ενώ τα ΑΠΣ, οι οδηγίες για τη διδακτέα ύλη και το νομοθετικό πλαίσιο για την αξιολόγηση των ΦΕ στην Ελλάδα εμφανίζουν στοιχεία σύγκλισης σε επίπεδο διακηρυκτικού λόγου με το PISA, οι πρακτικές των καθηγητών και τα θέματα αξιολόγησης των ΦΕ τείνουν να αποκλίνουν σε ότι αφορά τις ικανότητες και γνωστικές δεξιότητες που καλλιεργούνται και αξιολογούνται στο σχολικό πλαίσιο (Αναγνωστοπούλου, 2015· Anastasiadou et al., 2013· Πράμας & Κουμαράς 2008). Σε ότι αφορά τα θέματα αξιολόγησης των ΦΕ στο σχολικό πλαίσιο, και ειδικότερα στο Γυμνάσιο, αυτά τείνουν (α) να εστιάζουν στην περιγραφή και εξήγηση φαινομένων και να μην καλλιεργούν τις ικανότητες εξαγωγή συμπερασμάτων με τη χρήση επιστημονικών τεκμηρίων και αναγνώριση επιστημονικών ζητημάτων, καθώς και στην απομνημόνευση, (β) να εστιάζουν στην απομνημόνευση και να χαρακτηρίζονται από «μηδενική» μεταφορά και εφαρμογή της γνώσης σε πλαίσιο καθημερινότητας, (γ) να μην περιλαμβάνουν απεικονιστικά στοιχεία με λειτουργικό ρόλο στην επίλυση του θέματος ούτε και κάποιο εισαγωγικό κείμενο (Αναγνωστοπούλου, 2015).

### **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ**

Για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού που θα προωθή την οικοδόμηση βασικών γνώσεων και ικανοτήτων στις ΦΕ και την καλλιέργεια περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς, επιλέχθηκε το μάθημα Περιβάλλον και Γεωργία της Β' τάξης του τομέα Γεωπονίας, Τροφίμων και Περιβάλλοντος των ΕΠΑΛ και σχεδιάστηκαν εκπαιδευτικό υλικό και δραστηριότητες εστιασμένες στην καλλιέργεια των ικανοτήτων (1) «Εκτεταμένη» μεταφορά και εφαρμογή της γνώσης σε πλαίσιο καθημερινότητας, (2) Χρήση επιστημονικών τεκμηρίων για εξαγωγή συμπερασμάτων και (3) Αναγνώριση των επιστημονικών ζητημάτων, οι οποίες παρουσιάζονται ακολούθως:

*«Εκτεταμένη» μεταφορά και εφαρμογή της γνώσης σε πλαίσιο καθημερινότητας:* Στόχος κάθε διδασκαλίας είναι μεταξύ άλλων να επιτευχθεί η μεταφορά της γνώσης σε νέο πλαίσιο πέραν αυτού της διδασκαλίας (π.χ. Anderson et al., 2001). Αν η συγκρότηση της γνώσης δεν περιλαμβάνει ευκαιρίες για εφαρμογή της σε άλλα, νέα πλαίσια, τότε δε συντελείται αποτελεσματική μεταφορά της γνώσης αλλά ούτε και ουσιαστική μάθηση (π.χ. Segers, Dochy & Cascallar, 2003). Για την καλλιέργεια της ικανότητας των μαθητών να επεκτείνουν και να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους, πέραν του πλαισίου διδασκαλίας τους, θεωρούμε ότι λειτουργεί υποστηρικτικά η σύνδεση των εννοιών με την καθημερινότητα και η ενσωμάτωση αυθεντικού πλαισίου, τόσο κατά την παρουσίαση των εννοιών, όσο και στα θέματα αξιολόγησης. Η αξιοποίηση εκλαϊκευμένων άρθρων και βίντεο που δημοσιεύονται στον τύπο και το διαδίκτυο για τη διδασκαλία των ΦΕ, διευκολύνει τη σύνδεση των εννοιών με την καθημερινότητα και παρέχει τη δυνατότητα για εφαρμογή των γνώσεων σε διαφορετικά και αυθεντικά πλαίσια, πέρα από το σχολικό (Αναγνωστοπούλου, 2015· Μαντζουρίδης, Χαλκιά & Σκορδούλης, 2007).

*Χρήση επιστημονικών τεκμηρίων για εξαγωγή συμπερασμάτων:* Η ικανότητα «χρήση επιστημονικών τεκμηρίων» σχετίζεται με την ικανότητα των μαθητών να αναπτύσσουν μια σειρά από συλλογισμούς με βάση τα επιστημονικά ευρήματα, να

χρησιμοποιούν τα επιστημονικά ευρήματα ως τεκμήρια για να υποστηρίξουν, ή να ανατρέψουν, δεδομένους ισχυρισμούς καθώς και για να συνάγουν από αυτά τα κατάλληλα συμπεράσματα (OECD, 2006· 2016β). Τα γραφήματα (διαγράμματα, ιστογράμματα), διαδραματίζουν έναν προεξάρχοντα ρόλο στη διαμεσολάβηση της επιστημονικής γνώσης καθώς διευκολύνουν την παρουσίαση αφηρημένων εννοιών με συγκεκριμένες απεικονίσεις και μπορούν να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ της καθημερινής πρακτικοβιωματικής γνώσης, που εκφέρεται λεκτικά, και των μαθηματικών τύπων, που περιγράφουν βασικούς νόμους και μοντέλα των ΦΕ, και συνεπώς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως εργαλεία για τη μεταφορά της γνώσης σε νέο πλαίσιο (π.χ. Stern, Aprea & Ebner 2003).

*Αναγνώριση επιστημονικών ζητημάτων:* Η ικανότητα αυτή αναφέρεται στην ικανότητα των μαθητών να διακρίνουν τα ζητήματα που επιδέχονται επιστημονικών εξηγήσεων, δηλαδή εξηγήσεις βασισμένες σε επιστημονικά τεκμήρια, από άλλα ζητήματα που δεν επιδέχονται επιστημονικών εξηγήσεων. Ακόμα σχετίζεται με την ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής έρευνας και να αντιλαμβάνονται τις επιπτώσεις, που ενδεχομένως να έχουν, τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας στην κοινωνία. Τέλος, είναι απαραίτητο οι μαθητές να προετοιμαστούν για τη «δια βίου μάθηση» με την ανάπτυξη ικανοτήτων και δεξιοτήτων που θα τους επιτρέπουν τόσο την πρόσβαση στην επιστημονική και τεχνολογική πληροφόρηση όσο και την κριτική αξιολόγησή της (OECD, 2006· 2007).

Στο σχολικό πλαίσιο στην Ελλάδα, καλλιεργείται και αξιολογείται σχεδόν αποκλειστικά η ικανότητα «επιστημονική εξήγηση φαινομένων» (Αναγνωστοπούλου, 2015). Ωστόσο, για τον επιστημονικά εγγράμματο μαθητή, εφοδιασμένο με τη δυνατότητα να συμμετάσχει στις δημόσιες συζητήσεις, στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και στην υιοθέτηση τρόπου ζωής και εργασιακών πρακτικών που θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις ενός γοργά μεταβαλλόμενου κόσμου, καθοριζόμενου από τις επιστημονικές εξελίξεις, η «αναγνώριση των επιστημονικών ζητημάτων» και η «χρήση των επιστημονικών τεκμηρίων για την εξαγωγή συμπερασμάτων» είναι εξίσου σημαντικές ικανότητες (π.χ. Yore & Treagust, 2006).

Για την καλλιέργεια των προαναφερόμενων τριών ικανοτήτων σχεδιάστηκε μία σειρά δραστηριοτήτων –60 διδακτικών ωρών–, εγκιβωτισμένων σε αυθεντικά πλαίσια εμπειριών των μαθητών από την τοπική κοινωνία, που εκτείνονται σε όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, αυξανόμενης πολυπλοκότητας και δυσκολίας. Αρχικά, δόθηκε προς μελέτη στους μαθητές προσαρμοσμένο άρθρο εφημερίδας («Ο χρόνος για τον πλανήτη Γη τελειώνει», Εφημερίδα των Συντακτών, 2017), όπου παρουσιάζονται περιβαλλοντικά προβλήματα. Κατόπιν συζήτησης με τους μαθητές, καθορίστηκαν από κοινού με την εκπαιδευτικό, τα περιβαλλοντικά ζητήματα που θα διερευνηθούν κατά τη διάρκεια της χρονιάς και τα οποία ήταν: Παραδοσιακή –εντατική γεωργία και επίδραση στο περιβάλλον, Βιολογική γεωργία, Διάβρωση εδάφους, Μείωση υδατικών αποθεμάτων, Ευτροφισμός, Βιοποικιλότητα και Κλιματική αλλαγή.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι ενδεικτικές προτεινόμενες δραστηριότητες, η χρονική διάρκεια, καθώς και η ικανότητα που καλλιεργείται κατά τη διερεύνηση της



κλιματικής αλλαγής. Η επιλογή να παρουσιαστούν στην παρούσα εργασία οι δραστηριότητες και το εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε για τη διερεύνηση της κλιματικής αλλαγής βασίζεται αφενός στη σπουδαιότητα του ζητήματος και αφετέρου στο ενδιαφέρον που επέδειξαν οι μαθητές για αυτό το θέμα.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το εκπαιδευτικό υλικό και οι δραστηριότητες που αποσκοπούν αφενός στην καλλιέργεια βασικών γνώσεων και ικανοτήτων των ΦΕ και αφετέρου στην υιοθέτηση περιβαλλοντικά υπεύθυνης στάσης, εφαρμόστηκε τα σχολικά έτη 2016-2018 στο μάθημα «Περιβάλλον και Γεωργία της Β΄ τάξης του τομέα Γεωπονίας, Τροφίμων και Περιβάλλοντος» του 1ου ΕΠΑΛ Αχαρνών. Οι μαθητές/τριες επέδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων. Επιπλέον, σε συζητήσεις με την εκπαιδευτικό δήλωσαν ότι βελτιώθηκε η κατανόησή τους σχετικά με τα περιβαλλοντικά ζητήματα, ότι αισθάνονται περισσότερο υπεύθυνοι και πρόθυμοι να αναλάβουν δράση για περιβαλλοντικά θέματα και ότι βίωσαν πιο ευχάριστο το μάθημα. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με εκτιμήσεις και στοιχεία του ημερολογίου και των βαθμολογιών της εκπαιδευτικού, υπάρχουν ενδείξεις ότι βελτιώθηκε η επίδοση των μαθητών στις τελικές προαγωγικές εξετάσεις του μαθήματος. Ωστόσο, παραμένει ζητούμενο η μελλοντική συστηματική διερεύνηση - αξιολόγηση, μέσω κατάλληλα σχεδιασμένης έρευνας, της επίδρασης στην επίδοση των μαθητών/τριών του προαναφερθέντος εκπαιδευτικού υλικού και των δραστηριοτήτων για την καλλιέργεια βασικών γνώσεων και ικανοτήτων ΦΕ.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναγνωστοπούλου, Κ. (2015). *Σχολική αξιολόγηση στην Ελλάδα και αξιολόγηση γνώσεων και δεξιοτήτων στο διεθνές πρόγραμμα PISA: Συγκριτική μελέτη*. Διδακτορική Διατριβή, Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Ανθρωπιστικών Σπουδών.
- Anastasiadou, S., Dimitriadiou, A., & Toda, E. (2013). What makes students perform in PISA? Science teachers' beliefs. *International Journal of Humanities and Social Science*, 3(1)80-99 Retrieved from: <http://www.ijhssnet.com/journal/index/1522>
- Anderson, W. Krathwohl, R. (Eds), Airasian, W., Cruikshank, A., Mayer, E., Pintrich, R., Raths, J., & Wittrock, C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* (Complete edition). New York: Longman.
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2002). *Ευρωπαϊκά κριτήρια αναφοράς για την εκπαίδευση και την κατάρτιση: Εξελίξεις μετά το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της Λισσαβόνας*. Ανακοίνωση της Επιτροπής, Βρυξέλλες 20/11/2002, COM(2002), 629.
- Εφημερίδα των Συντακτών (2017) «Ο χρόνος για τον πλανήτη Γη τελειώνει» Ανακτήθηκε από: <http://www.efsyn.gr/arthro/o-hronos-gia-ton-planiti-gi-teleionei>
- Μαντζουρίδης, Δ., Χαλκιά, Κ., & Σκορδούλης, Κ. (2007). *Η αξιοποίηση των άρθρων επιστήμης του τύπου στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Πρακτικά 10ο Κοινό Συνεδρίου των Ενώσεων Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών: (σελ.149-154).

- OECD (2016α). *PISA 2015 Results (Volume I) Excellence and Equity in Education*. Paris: OECD.
- OECD (2016β). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: OECD
- OECD (2007). *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world: Volume 1: Analysis*. Paris: OECD.
- OECD (2006). *The PISA 2006 assessment framework for Science, Reading and Mathematics*. Paris: OECD.
- Πράμας Χ., & Κουμαράς Π. (2008β). Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην κατεύθυνση της ανάπτυξης «Γνώσεων και Ικανοτήτων για τη ζωή». *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 27, 38-52.
- Segers, M., Dochy, F. & De Corte, E. (1999). Assessment practices and students' knowledge profiles in a problem-based curriculum. *Learning Environments Research*, 2, 191-213.
- Stern, L., & Ahlgren, A. (2002). Analysis of students' assessments in middle school curriculum materials: Aiming precisely at benchmarks and standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 889-910.
- Yore, L., & Treagust, D. (2006). Current realities and future possibilities: Language and science literacy - empowering research and informing instruction. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 291-314.

**Πίνακας 1** Διερεύνηση κλιματικής αλλαγής και καλλιέργεια βασικών ικανοτήτων.

| Θεματολογία διδασκαλίας   | Ικανότητα - στόχος   | Δραστηριότητα – Εκπαιδευτικό υλικό   | Αριθμός διδακτικών ωρών |
|---|--|--|-------------------------|
| Εισαγωγή στο θέμα   | Μεταφορά-εφαρμογή γνώσης σε πλαίσιο καθημερινότητας.   | Προβολή βίντεο «Η ώρα της Γης» σχετικά με την κινητοποίηση πολιτών για την κλιματική αλλαγή. Συζήτηση με τους μαθητές για τους λόγους που κινητοποιούν διεθνώς τους πολίτες, ανάδειξη σημασίας θέματος.  | 2                       |
| Έννοια κλιματικής αλλαγής   | Εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει δεδομένων.<br>Αναγνώριση επιστημονικών ζητημάτων.  | Προβολή διαφανειών, βίντεο, επίδοση άρθρου εφημερίδας, συνεντεύξεις. Σε όλη τη διάρκεια της προβολής οι μαθητές σημειώνουν πληροφορίες σχετικά με τις ενδείξεις και τις αιτίες της κλιματικής αλλαγής. Συζήτηση με τους μαθητές για τον από κοινού καθορισμό των παραγόντων που θα διερευνηθούν.   | 2                       |
| Αιτίες κλιματικής αλλαγής αύξηση θερμοκρασίας                                 | Εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει δεδομένων, λειτουργικά απεικονιστικά στοιχεία.<br><br>Αναγνώριση επιστημονικών ζητημάτων, υποθέσεων και τεκμηρίων.<br>Προσδιορισμός κατάλληλων λέξεων-κλειδιών για διερεύνηση επιστημονικών πληροφοριών. | Παρουσίαση διαγραμμάτων με τη μεταβολή της θερμοκρασίας τα τελευταία 1000 χρόνια, καθώς και από το 1960 ως σήμερα περισσότερο αναλυτικά. Οι μαθητές εντοπίζουν την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας στον 20 αιώνα, καθώς και την άπωση για αύξηση της θερμοκρασίας από το 1960 και μετά.<br>Παρουσίαση στοιχείων που αντλούνται από εφημερίδες, συνεντεύξεις, το διαδικτυο, τα οποία αμφισβητούν την κλιματική αλλαγή και τα αίτια της.<br>Έρευνα στο διαδικτυο για επαλήθευση, ή διάγνωση, αυτών των ισχυρισμών. | 4                       |
|   | Αναγνώριση βασικών χαρακτηριστικών της επιστημονικής έρευνας λειτουργικά απεικονιστικά στοιχεία.   | Κατασκευή από μαθητές κομπόλης θερμοκρασίας, για την τρέχουσα σχολική χρονιά.  |                         |
| Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής   | Μεταφορά-εφαρμογή γνώσης σε πλαίσιο καθημερινότητας.<br><br>Εξαγωγή συμπερασμάτων βάσει δεδομένων, λειτουργικά απεικονιστικά στοιχεία.   | Προβολή διαφανειών, βίντεο, cartoon που περιγράφουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Σε όλη τη διάρκεια της προβολής οι μαθητές σημειώνουν πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Συζήτηση για τον από κοινού καθορισμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.<br>Εντοπισμός σε χάρτες περιοχών διεθνώς και στην Ελλάδα που θα πληγούν από την κλιματική αλλαγή.  | 4                       |
| Δράσεις για αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής – ανανεώσιμες πηγές ενέργειας | Αναγνώριση επιστημονικών ζητημάτων.<br><br>Προσδιορισμός κατάλληλων λέξεων κλειδιών για διερεύνηση επιστημονικών πληροφοριών.<br>Αναγνώριση δυνατικών επιπτώσεων των αποτελεσμάτων της επιστημονικής έρευνας στην κοινωνία.          | Προβολή διαφανειών, βίντεο, επίδοση άρθρου εφημερίδας, συνεντεύξεις, συζήτηση και από κοινού καθορισμός επιστημονικά ενδεδειγμένων δράσεων για αντιμετώπιση κλιματικής αλλαγής. Σύνδεση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με την κλιματική αλλαγή.<br>Έρευνα στο διαδικτυο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις αντιδράσεις για τη χρησιμοποίησή τους.<br><br>Μελέτη περίπτωσης: Η αντίδραση των κατοίκων της Ανδρού στη δημιουργία αιολικού πάρκου.  | 4                       |

# Τρισδιάστατο πραγματικό Μοντέλο για τη Διδασκαλία της Εξάρτησης της δύναμης της Αντίδρασης του Εδάφους από το Βάρος του Σώματος

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης<sup>1</sup> και Βασίλης Αγ. Δρούγας<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kkotsis@uoi.gr

<sup>2</sup> Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, bdrougas@yahoo.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία αυτή αποτελεί παρουσίαση του πραγματικού τρισδιάστατου μοντέλου της δύναμης αντίδρασης σε σώμα από οριζόντιο ή κεκλιμένο επίπεδο. Η χρησιμότητά του εστιάζεται στην πραγματική αποτύπωση, πειραματισμό διερευνητικής μάθησης, καλλιέργεια δεξιοτήτων και ανάδειξης των κατασκευαστικών ικανοτήτων. Μελετάται η ύπαρξη και τη μεταβολή της αντίδρασης σε οριζόντιο, κεκλιμένο επίπεδο βιωματικά.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπαιδευτικό υλικό, πραγματικό μοντέλο, φυσικός νόμος, δύναμη αντίδρασης

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δύναμη από το έδαφος εμφανίζεται κάθε φορά σαν αντίδραση από την επίδραση του βάρους ενός σώματος πάνω σε αυτό. Η κάθετη Αντίδραση μαζί με το βάρος δίνουν μια μηδενική συνισταμένη από το νόμο του Νεύτωνα. Στα σχολικά εγχειρίδια παρουσιάζεται σε σχηματική αναπαράσταση η δύναμη της αντίδρασης αλλά δεν γίνεται απολύτως κατανοητή από τους μαθητές η εμφάνισή της. Έτσι τις περισσότερες φορές οι μαθητές αποτυπώνουν στο σχεδιάγραμμα της άσκησης ή της θεωρίας που τους ζητείται με ένα περισσότερο μνημονικό τρόπο την παράσταση της δύναμης της αντίδρασης παρά με έναν απολύτως κατανοητό τρόπο εφόσον δεν την έχουν δει στην πραγματικότητα. Η δύναμη αυτή αν και παριστάνεται επιτυχώς με γεωμετρικά σχήματα και με την διαδικασία του σχεδιασμού της από την αντίστοιχη θεωρία των δυνάμεων εν τούτοις δεν είναι πολλές φορές εύκολο να αναγνωρισθεί από τους μαθητές και παρουσιάζουν μια σχετική δυσκολία στο σχεδιασμό της. Δημιουργήθηκε ένα μοντέλο παρουσίασης τη δύναμης που μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν και να κατανοήσουν την έννοια της αντίδρασης αλλά και να παρατηρήσουν την ύπαρξή της μέσα από την πραγματική της εμφάνιση. Αυτό

θα βοηθήσει τους μαθητές να παρουσιάσουν δικά τους πρότυπα διερεύνησης και να ανακαλύψουν έννοιες μέσα από την πραγματική τους παρουσίαση και την βιωματική πράξη (Etkina et al., 2006).

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η παρουσίαση αυτής της δύναμης με πραγματικό τρόπο όταν ο πειραματιζόμενος πιέζει μια επιφάνεια. Αυτό μπορεί να διερευνηθεί από τους μαθητές σε οριζόντιο όσο και σε κεκλιμένο επίπεδο. Ο σκοπός της δημιουργίας του πραγματικού τρισδιάστατου του μοντέλου είναι να παρουσιάσει και να αναδείξει την ύπαρξη αλλά και τη μεταβολή αυτής της δύναμης σε μια πραγματική μορφή που θα λειτουργήσει οπτομνημονικά στη διαδικασία μάθησης και θα αποτυπωθεί πιο αποτελεσματικά ( Δρούγας, 2005 & Δρούγας, 2006).

## **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Έχει διατυπωθεί ότι οι μαθητές έχουν διαμορφώσει διάφορες αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο και τις αιτίες των φαινομένων οι οποίες έχουν διαμορφωθεί κυρίως από τις εμπειρίες τους (Driver et al., 1996). Πρόκειται για αντιλήψεις όμως που πολλές φορές δεν συναύδουν με την πραγματικότητα της δημιουργίας των φυσικών φαινομένων και ίσως να μην αντιπροσωπεύουν με απόλυτη ακρίβεια την πραγματική υπόσταση κάποιου φυσικού νόμου τον οποίο έχουν περάσει στο υποσυνείδητο σύμφωνα με τις δικές τους απόψεις και εμπειρίες. Χωρίς όμως να παρακάμψουμε αλλά και να παραβλέψουμε αυτές τις εμπειριογνωστικές αντιλήψεις των μαθητών για το φυσικό νόμο και τα φυσικά φαινόμενα θα πρέπει να αναζητήσουμε την διαδικασία της αξιοποίησης τους για τη δημιουργία ενός πραγματικού και σωστά τεκμηριωμένου υποβάθρου που θα αποτελέσει την βάση για τη δημιουργία ενός έξυπνου και εξειδικευμένου εκπαιδευτικού υλικού που θα μπορέσει πού πιο αποτελεσματικά να βοηθήσει τόσο τους μαθητές όσο και τους εκπαιδευτικούς στην ολοκλήρωση της επιστημονικής και της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Luzon & Gonzalez, 2006).

Το εκπαιδευτικό υλικό δεν αποτελεί μόνο το βασικό υπόβαθρο της τεκμηριωμένης γνώσης και της εξελικτικής πορείας μαθητή αλλά και εκπαιδευτή στη διαδικασία αποκόμισης και τεκμηρίωσης της γνώσης αλλά και το εφαλτήριο για την πραγμάτωση διαδικασιών βελτίωσης της και επέκτασής της σε περισσότερους και διευρυνόμενους τομείς και πεδία. Αυτά τα πεδία θα μπορέσουν να βοηθήσουν με πιο αποτελεσματικό τρόπο τον μαθητή ώστε να κατανοήσει, να δημιουργήσει, να συγκρίνει και να συσχετίσει μεταξύ τους περισσότερα από ένα μόνον πεδία της γνώσης όπως για παράδειγμα φυσική και τεχνολογία ή γεωμετρία μέσα από την προσωπική εμπειρία τη φαντασία και τον μελλοντισμό (Holec, 1981). Η μορφή, η δομή και το είδος του εκπαιδευτικού υλικού έχει αλλάξει ριζικά τις τελευταίες δεκαετίες ιδιαίτερα με την είσοδο της πληροφορικής και της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση (Δρούγας, 2005). Η παρουσίαση μοντέλων μάθησης και εκπαίδευσης που παρουσιάζουν πραγματική μορφή μπορεί να βοηθήσει το μαθητή να δει την πραγματικότητα και να βιώσει την ουσία των πραγμάτων γύρω του μέσα από τη συμμετοχή και την αποτύπωση σε πραγματική βάση (Δρούγας, 2006).

Το σύγχρονο εκπαιδευτικό υλικό στην Επιστήμη της Φυσικής επικεντρώνεται στο πείραμα και τις διατάξεις εκείνες που ο μαθητής μπορεί να προσδιορίζει τους παράγοντες της μελέτης και ταυτοποίησης του φυσικού νόμου και των φυσικών φαινομένων (Ραβάνης, 2003). Ο σχεδιασμός ενός πειράματος και η υλοποίηση του έχει σχέση με τον τρόπο με τον οποίον θα προσεγγισθεί το αντίστοιχο θεωρητικό υπόβαθρο αλλά και από τη δυνατότητα του πειραματικού μοντέλου να αποτελέσει έναν ευρύτερο προσανατολισμό όχι μόνο στο άμεσο ενδοταξικό περιβάλλον. Σε κάθε περίπτωση το μοντέλο της διδασκαλίας μπορεί να αξιολογηθεί από μαθητές όσο και εκπαιδευτές αλλά και από τους φορείς της εκπαίδευσης. Η αξία του εκπαιδευτικού υλικού συνίσταται από τα αποτελέσματα της εκπαιδευτικής πρακτικής, που αφορούν την οικοδόμηση ιδεών και εννοιών την ανάπτυξη δεξιοτήτων, την εξοικείωση με τις φυσικές έννοιες και το φυσικό νόμο και την αναγνώριση και θεμελίωση της νέας γνώσης (Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, 1995). Είναι πολύ σημαντικό να οικοδομηθεί η νέα γνώση μέσα από την εμπειρία και τον πειραματισμό δημιουργώντας έτσι μεγαλύτερη ισχυροποίηση και σύνδεση (Cohen et al., 2011).

Μάλιστα είναι πολύ σημαντική η επίτευξη του στόχου (structuring unit around learning goals), της χρήσης του υλικού αυτού από τα παιδιά. Αποτελεί ουσιαστική αρχή στη δραστηριοποίησή τους σε δράσεις και πρακτικές που σχετίζονται με την σχέση της γεωμετρίας, της επιστήμης, του φυσικού κόσμου και της χρήσης απλών υλικών ως μέσον δημιουργίας επιστημονικής και πειραματικής κατασκευής εκπαιδευτικού υλικού (Reisner et al., 2003). Έτσι γίνεται πιο κατανοητή η διαδικασία από την οποία οικοδομείται η επιστημονική γνώση που μπορεί να αξιολογείται και να εφαρμόζεται στην εκπαιδευτική διαδικασία (Κάτσικας, & Καββαδίας, 2002). Ενώ είναι σημαντικό να αξιοποιούνται οι προηγούμενες γνώσεις των μαθητών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία έχουν προταθεί διάφορες τέτοιες δράσεις που έχουν τεκμηριωθεί μάλιστα ως αποτελεσματικές (Reisner et al., 2003). Για το πραγματικό μοντέλο ως εκπαιδευτικό υλικό οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το υλικό για να εμπλακούν σε ερωτήσεις που σχετίζονται με το θέμα διαμορφώνοντας επιστημονικά τεκμηριωμένες απόψεις και δράσεις, προσωπικές εμπειρίες και παραστάσεις όπως γλωσσικές, αριθμητικές – μαθηματικές, γεωμετρικές. Δηλαδή συμμετέχουν, αξιολογούν και διατυπώνουν συμπεράσματα σε μια ευρύτερη διαδικασία διερευνητικής μάθησης.

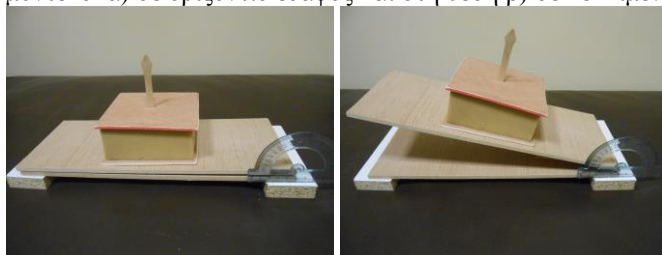
## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Η μοντελοποίηση δημιουργεί σημαντικά πεδία μάθησης και διερεύνησης στις φυσικές επιστήμες μέσα από τη διαδικασία της διερευνητικής μάθησης, ενώ ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή να δημιουργήσει δικές του παραστάσεις μέσα από την εμπειρία του και το χαρακτήρα του (Hestenes, 1987). Αυτό μπορεί να τον βοηθήσει να μετασχηματίσει, να επανασχεδιάσει και να διευρύνει τις επιστημονικές πρακτικές και γνώσεις κάτι που μπορεί να τον οδηγήσει ακόμα και στην έρευνα. (Hart, 2008). Ο σχεδιασμός επικεντρώθηκε σε πέντε επιστημονικές πρακτικές με σκοπό α) να είναι ικανοί οι μαθητές να διατυπώνουν επιστημονικά ερωτήματα σχετικά με το μοντέλο και τη θεωρία, β) να διατυπώνουν και να διερευνούν υποθέσεις, γ) να τεκμηριώνουν τις

υποθέσεις τους με τη χρήση του μοντέλου, να επινοούν παρόμοιες κατασκευές με απλά υλικά από το εγγύς περιβάλλον τους, δ) να διατυπώνουν, και να περιγράφουν μια πειραματική διαδικασία και ε) να συσχετίζουν τη θεωρία με την πραγματικότητα. Το πραγματικό μοντέλο αποτελείται από ένα σώμα που μπορεί να δέχεται πίεση στο πάνω μέρος ως μεταβολή του βάρους με το χέρι μας κάθετα πάνω του. Αρχικά οι μαθητές πιέζουν με την παλάμη τους μια επιφάνεια μιας ηλεκτρονικής ζυγαριάς και βλέπουν το αποτέλεσμα της μέτρησης της δύναμής τους. Έτσι συσχετίζεται η πίεση που εφαρμόζουν στην επιφάνεια με τη δύναμη.

Στο μοντέλο όταν η δύναμη κάθετα στην επιφάνεια αυξάνει –μεγαλύτερη πίεση ή μειώνεται – μικρότερη πίεση εμφανίζεται στο κέντρο του σώματος ένα βέλος που έχει κατεύθυνση κάθετη στο επίπεδο επαφής με έχει φορά από το δάπεδο προς το σώμα. Η φορά της δύναμης αυτής φαίνεται με την εμφάνιση του βέλους της δύναμης. Ο μαθητής μπορεί να πιέζει το σώμα με το χέρι του/της περισσότερη πίεση, όπου η αύξηση της πίεσης μπορεί να μεταφράζεται σε μεγαλύτερη δύναμη και να παρατηρεί ότι το βέλος της κάθετης αντίδρασης από το έδαφος μεγαλώνει συνεχώς προεξέχοντας περισσότερο με την αύξηση της πίεσης στο σώμα (Σχήμα 1). Όσο η πίεσή μικραίνει το βέλος που παριστάνει την αντίδραση από το έδαφος θα γίνεται πιο μικρό και εξέρχεται λιγότερο από το σώμα έτσι κατανοεί την ύπαρξη της δύναμης και την ύπαρξη της φοράς, της διεύθυνσης. Το μοντέλο χρησιμοποιείται και σε κεκλιμένο επίπεδο με αριθμημένη κλίμακα μέτρησης της γωνίας κλίσης του επιπέδου όπου η κάθετη συνιστώσα του βάρους στο επίπεδο βρίσκεται στην ίδια διεύθυνση με την εφαρμοσμένη δύναμη.

**Σχήμα 1.** Το μοντέλο α) σε οριζόντιο έδαφος και στη θέση β) σε κεκλιμένο επίπεδο.



Οι μαθητές να αντιληφθούν την έννοια της πίεσης σε μια επιφάνεια που σχετίζεται άμεσα και ανάλογα με την ύπαρξη και τη εφαρμογή μια δύναμης πάνω στην επιφάνεια επαφής ορισμένου εμβαδού. Η δημιουργία δύναμης γίνεται με βιωματικό τρόπο μέσω της μυϊκής δραστηριότητας που λειτουργεί εμπειρικά. Μια μεγαλύτερη δύναμη που επιδράει πάνω σε αντικείμενα και υλικά που έχουν τη δυνατότητα να παραμορφώνονται εύκολα αλλάζει το σχήμα τους ως αποτέλεσμα της επίδρασης της δύναμης πάνω σε αυτά.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μελετώντας το γνωσιολογικό και θεωρητικό υπόβαθρο της εκπαιδευτικής κατασκευής μελέτης της αντίδρασης από το έδαφος μπορούμε να συμπεράνουμε ότι θα

προκύβουν θεωρητικά και πειραματικά. Μια πειραματική προσέγγιση σαν αυτή που παρουσιάζεται στο πραγματικό αυτό μοντέλο δημιουργεί φαινόμενα για μελέτη και παραπέρα προβληματισμό για την ουσία και τη φύση του φυσικού νόμου. Η πρόταση μας αυτή αποτελεί μια διαδικασία εκπαίδευσης στη σχολική τάξη και είναι σημαντικό να βελτιωθεί με νέα στοιχεία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δρούγας Β. (2005) Η συμβολή της εικονικής πραγματικότητας στη μελέτη των φυσιολογικών μαθημάτων στο σχολείο. Συνέδριο ΕΕΕΠ-ΔΤΠΕ Πρακτικά 15-16 Οκτωβρίου Αθήνα, σελ.287-3042<sup>ο</sup>,
- Δρούγας Β. (2006) Διδακτορική Διατριβή Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Ιωαννίνων *Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K.(2011). "Research methods in education."* 7th Ed. London: Routledge. Dam, L.
- Etkina E., Warren A., and Gentile M., (2006), Rutgers University, New Brunswick, NJ *"The Role of Models in Physics Instruction" The Physics Teacher*
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *"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>
- Hart Ch., (2008) *"Models in Physics, Models for Physics Learning, and Why the Distinction may Matter in the Case of Electric Circuits"* November, Volume 38, Issue 5, pp 529–544.
- Hestenes D. (1987) *"Toward a modeling theory of physics instruction," Am. J. Phys* May.1987, 55, 440–454.
- Holec,H . (1981). *"Selection, Evaluation and Adoption of Instructional Materials"*. <https://www.carrollk12.org.>,
- Κάτσικας, Χ., & Καββαδίας, Γ. (2002). *"Η Αξιολόγηση στην Εκπαίδευση"*. Αθήνα, Σαββάλας.
- Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, Μ. (1995). *"Μεταγνώση: Η έννοια και η διδασκαλία της"*. Νέα Παιδεία, σελ.74, 48-56.
- Luzon, M.J. & Gonzalez, M.I . (2006). *"Learning-Goals-Driven Design Model: Developing Curriculum Materials that Align with National Standards and Incorporate Project-Based Pedagogy"*. *Science Education*, 92(1), 1-32.
- Ραβάνης, Κ. (2003). *"Εισαγωγή στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών"*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Reiser, B. J., Krajcik, J., Moje, E., & Marx, R. (2003). *"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/>



# Τρισδιάστατη πραγματική αναπαράσταση για τη διάδοση και την ανάκλαση των Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων, το φαινόμενο της Πολυόδευσης

Βασίλης Αγ. Δρούγας<sup>1</sup> και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων  
bdrougas@yahoo.com

<sup>2</sup> ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kkotsis@uoi.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πραγματικό μοντέλο για το φαινόμενο της πολυόδευσης στη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων δείχνει την πορεία κυμάτων από τον πομπό στο δέκτη. Δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να διερευνήσουν τρόπους διάδοσης και να καταλάβουν τη χρονική διαφορά των δρόμων που έχουν ακολουθήσει διαφορετικά κύματα δημιουργώντας το φαινόμενο της πολυοδικής εξασθένησης.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπαιδευτικό υλικό, πραγματικό μοντέλο, ανάκλαση, πολυόδευση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φαινόμενο της πολυοδικής εξασθένησης είναι ένα φαινόμενο που παρατηρείται κατά τη διάδοση των ΗΜ κυμάτων στο χώρο σε διαφορετικές ευθύγραμμες διαδρομές. Τα κύματα τα οποία προκύπτουν από την ανάκλαση μπορούν να φτάσουν στον δέκτη-στόχο εφόσον έχουν ακολουθήσει διαφορετικές ευθύγραμμες πορείες αλλά με τη διαφορά ότι θα έχουν χρονική καθυστέρηση ανάλογα εφόσον και εάν η απόσταση που θα διανύσουν θα είναι μεγαλύτερη σε μήκος. Με τον τρόπο αυτόν φτάνουν στον δέκτη σήματα με διαφορά χρόνου χρονοκαθυστέρηση φαινόμενο πολυόδευσης (Καψάλης & Κωττής, 2013). Επίσης λαμβάνεται μέριμνα ώστε ακόμα και τα χρονικώς καθυστερούντα ηλεκτρομαγνητικά κύματα να μην παρεμβάλλονται ή να εκλαμβάνονται στην συνολική λήψη ως σήματα – κύματα θορύβου.(Stallings & Beard, 2016). Τα κύματα από ανάκλασή σε αντικείμενα για να μην εκλαμβάνονται ως σήματα θορύβου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των χρονοθυρίδων όπου αποθηκεύονται και επανεκπέμπονται ως ενιαίο σύνολο σήμα - δεμάτι κυμάτων(Stallings & Beard 2016).

Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να ανακαλύψουν έννοιες και φαινόμενα που υφίστανται κατά τη διάδοση του Ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο χώρο και αφορούν

φυσικά φαινόμενα και νόμους (Etkina κα. 2006). Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η υλοποίηση ενός πραγματικού τρισδιάστατου μοντέλου που με τη χρήση του ο εκπαιδευόμενος θα κατανοήσει το φαινόμενο. Η διαδικασία με την οποία ο μαθητής θα αποκομίσει οφέλη είναι διαδραστική και οπτομημονική όπου μπορεί να αλλάξει τα δεδομένα του μοντέλου, να μετρήσει και να ανακαλύψει μέσω της οπτικής εμπειρίας σε πραγματική βάση. ( Δρούγας, 2005 & Δρούγας, 2006).

## **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει εκ μέρους της επιστημονικής κοινότητας μια διάθεση για την εισαγωγή στη διαδικασία της εκπαίδευσης μοντέλων με την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών όσο και τη δημιουργία σύγχρονων πειραμάτων. Τα πραγματικά μοντέλα φαίνεται όμως να μην έχουν ακόμα στην εκπαίδευση το ρόλο και το μερίδιο που τους ανήκει (Γκάμαρη,2017). Έχει ακόμα διατυπωθεί επιστημονικά και έχει τεκμηριωθεί ότι οι μαθητές διαμορφώνουν αντιλήψεις που σχετίζονται με το φυσικό νόμο και τα φυσικά φαινόμενα που προέρχονται κύρια από προσωπικές εμπειρίες (Driver et al, 1996). Αν και αυτές είναι κυρίως εμπειριογνωστικές όμως δεν μπορούν από μόνες τους να βοηθήσουν στην πλήρη κατανόηση των φυσικών εννοιών και των φαινομένων. Αυτό το κενό μεταξύ εμπειρίας και γνώσης καλύπτεται από ένα πραγματικό μοντέλο αναπαράγοντας εικόνες και ενισχύσει την οπτομημονική τους εμπειρία και γνώση (Δρούγας, 2006). Δεν μπορούμε όμως να παραβλέψουμε τις εμπειρίες των μαθητών αλλά μπορούμε να τις ενισχύσουμε και να τις διευρύνουμε μεταβάλλοντας τις ενισχύοντας την τεκμηριωμένη γνώση. Το εκπαιδευτικό υλικό αποτελεί τη βάση για την τεκμηρίωση της γνώσης, μια διαδικασία αξιοποίησης των ιδεών των μαθητών προς την κατεύθυνση της αναζήτησης και αναγνώρισης της γνώσης εν μέρει και σε σύνολο ( Luzon & Gonzalez, 2006).

Ένα πραγματικό μοντέλο στη Φυσική δίνει τη δυνατότητα να μετασχηματίσει, να επανασχεδιάσει και να διευρύνει τις επιστημονικές πρακτικές και γνώσεις (Hart, 2008). Έτσι λειτουργεί σαν αντλία πληροφοριών και αναζητήσεων που μπορούν να ενισχύσουν και να τεκμηριώσουν τη γνώση σε επιστήμες που έχουν σχέση με την καθημερινότητα. Αντιλήψεις που δεν συναύδουν με την πραγματικότητα μπορούν να αλλάξουν ενώ μπορούν να βοηθήσουν στην τεκμηρίωση της γνώσης μέσω του εκπαιδευτικού υλικού ( Luzon. & Gonzalez, 2006). Η εισαγωγή των νέων τεχνολογιών της πληροφορίας και της εικονικής πραγματικότητας στη εκπαίδευση τις τελευταίες δεκαετίες, έχει μεταβάλει ριζικά και ουσιαστικά τον τρόπο σκέψης των εκπαιδευόμενων (Δρούγας,2005). Η δημιουργία και παρουσίαση μοντέλων μάθησης και εκπαίδευσης σε πραγματική μορφή μπορεί να βοηθήσει το μαθητή να δει την πραγματικότητα και να βιώσει την λειτουργία των φαινομένων γύρω του μέσα από τη συμμετοχή και την αποτύπωση σε πραγματική βάση (Γκάμαρη, 2017).

## **Το Υλικό Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες**

Το εκπαιδευτικό υλικό στη Φυσική έχει σχέση με τους παράγοντες που θα καθορίσουν την ικανότητα του μαθητή να συσχετίζει έννοιες και θεωρίες με την πράξη και την καθημερινή πρακτική και να μπορεί να ταυτοποιεί το φυσικό νόμο και το φυσικό

φαινόμενο (Ραβάνης, 2003). Σε κάθε περίπτωση το εκπαιδευτικό υλικό καθορίζεται από τους στόχους του μαθήματος και ο σχεδιασμός του σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο θα μπορέσει με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο να προσεγγισθεί το αντίστοιχο θεωρητικό υπόβαθρο. Ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση ενός μοντέλου μάθησης ιδιαίτερα του πειραματικού μπορεί να έχει έναν ευρύτερο χαρακτήρα που ξεπερνάει τα ενδοσχολικά όρια. Έτσι καθίσταται εργαλείο γνώσης στο σύνολο των μαθητών και των εκπαιδευτών. Είναι γεγονός ότι η πραγματική αξία του εκπαιδευτικού υλικού σχετίζεται άμεσα με την επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων και σκοπών αλλά και την επίτευξη και ανάπτυξη δεξιοτήτων των μαθητών. Έτσι υπάρχει εξοικείωση με το φυσικό νόμο και το φυσικό φαινόμενο ενώ μπορεί να ανιχνευθεί, να αναγνωριστεί και να ταυτοποιηθεί η νέα γνώση (Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, 1995). Αυτό μπορεί πιο εύκολα να αποτυπώνεται στη σχολική τάξη αλλά και στην καθημερινή ζωή καθιστώντας τη φυσική και τα φαινόμενα αλλά και τους νόμους που τη διέπουν σαν ένα καθημερινό εργαλείο γνωσιολογικής προσέγγισης της πραγματικότητας (Cohen et al, 2011). Συνίσταται και είναι απαραίτητη η συμμετοχή των μαθητών σε δράσεις και πρακτικές που θα μπορούν πιο εύκολα να επεξεργασθούν και να ταυτοποιήσουν φαινόμενα της φυσικής που συναντούν στη θεωρία με διαδικασίες που συμβαίνουν στη καθημερινή τους ζωή. Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα συνδυασμού και χρήσης υλικών στο σύγχρονο σχολείο αναδεικνύοντας το χαρακτήρα του. Αυτές οι προσωπικές δημιουργίες μπορούσαν κάλλιστα να εξελίσσονται σε εκπαιδευτικά μοντέλα (Reisner et al, 2003). Η εκπαιδευτική εμπειρία και γνώση περνάει μέσα από την πειραματική διαδικασία την ανακαλυπτική προσπάθεια και την αξιολόγηση που εν τέλει ορίζει την αξία του εκπαιδευτικού υλικού (Κάτσικας & Καββαδίας, 2002).

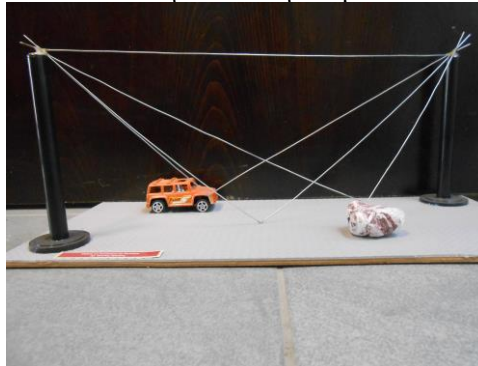
## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Με τη δημιουργία του μοντέλου που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή επιχειρείται η επίτευξη των παρακάτω εκπαιδευτικών στόχων α) να αντιληφθεί ο μαθητής τον τρόπο της ευθύγραμμης διάδοσης του κύματος και να τη συσχετίσει με τα αντίστοιχα θεωρητικά δεδομένα, β) να διατυπώσουν και να διερευνήσουν πιθανές υποθέσεις σχετικά με το αντικείμενο της διάδοσης του κύματος, γ) να τεκμηριώσουν πιθανές υποθέσεις τους, δ) να προτείνουν και να διερευνήσουν, ε) να συσχετίσουν τη θεωρία με την πραγματικότητα.

Το μοντέλο αυτό αποτελείται από την πηγή κεραία παραγωγής κυμάτων από αντικείμενα και επιφάνειες στις οποίες μπορεί το κύμα να χτυπήσει και να ανακλαστεί σε διάφορες γωνίες αλλά και από την παράσταση της τροχιάς της διάδοσης του ΗΜΜ κύματος. Παρουσιάζεται ένα τελικό σημείο στόχος, δέκτης που φτάνουν τα κύματα που προέρχονται από τον πομπό. Επιλέχθηκαν διευθύνσεις και διαφορετικοί δρόμοι από διαφορετικές ανακλάσεις σε στόχους με σκοπό το συσχετισμό τους με την χρονική μεταβολή στη διάδοση του κύματος. Με τον τρόπο αυτό ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα να παρατηρήσει τη διαφορετική τροχιά για κάθε κύμα αλλά και να μετρήσει την απόσταση βγάζοντας συμπεράσματα για τη χρονική καθυστέρηση καθενός από τα επιμέρους κύματα που επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν στις τροχιές του μοντέλου. Παριστάνεται η έννοια του δρόμου και τη σχέση αυτού με το χρόνο που θα κάνει κάθε

κύμα να φτάσει στο δέκτη. Έτσι γίνεται αντιληπτή η έννοια της διαφοράς χρόνου. Η πραγματική παράσταση του μοντέλου φαίνεται στην επόμενη (Εικόνα 1).

**Εικόνα 1.** Το μοντέλο και η αναπαράσταση των τροχιών ευθείας διάδοσης διαφορετικών ΗΜ κυμάτων που προκύπτουν από τη ανάκλαση σε εμπόδια



Ο πειραματιζόμενος μετράει στο μοντέλο πραγματικές αποστάσεις και υπολογίζει από την ταχύτητα διάδοσης τις χρονικές διαφορές που κάθε κύμα φτάνει στο δέκτη. Ο μαθητής μπορεί να δημιουργήσει άλλες διαφορετικές διαδρομές από αυτές που παρουσιάζονται στο μοντέλο μελετώντας τους χρόνους στην κάθε διαδρομή. Επίσης μπορεί να παρατηρήσει την επίδραση των εμποδίων στη διάδοση των ΗΜ κυμάτων στο χώρο και να δει το φαινόμενο της ανάκλασης πως μεταβάλλει την ευθύγραμμη διάδοση του ΗΜ κύματος. Μετρώντας την ευθεία διαδρομή χωρίς εμπόδια υπολογίζεται ο ελάχιστος χρόνος που θα κάνει το κύμα για να φτάσει από τον πομπό απευθείας στο δέκτη. Μέσω του απλού τύπου ( $X=U.t$ ), απόσταση = ταχύτητα επί χρόνο. Με το μοντέλο γίνεται πραγματική παρουσίαση των διαφορετικών δρόμων διάδοσης και συσχετίζεται με την έννοια της χρονοκαθυστέρησης ως προς το κύμα που θα διαδοθεί απευθείας από τον πομπό στο δέκτη χωρίς ανακλάσεις.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την παρουσίαση του μοντέλου γίνεται κατανοητή η ευθύγραμμη διάδοση του ΗΜ κύματος και ο τρόπος ανάκλασης. Γίνεται κατανοητό ο φαινόμενο της διαφοράς χρόνου για κύματα που ακολουθούν μεγαλύτερη διαδρομή από τον ποπό στο δέκτη. Μπορούν τα φαινόμενα αυτά να συσχετισθούν με την καθημερινή ζωή στις σύγχρονες τηλεπικοινωνίες. Το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σαν ένα πραγματικό μοντέλο αναπαράστασης της θεωρίας στη εκπαιδευτική διαδικασία όσον και για προσωπική διερεύνηση με σκοπό έναν δημιουργικό πειραματισμό μέσω της προσωπικής εμπειρίας. Η δημιουργία του πραγματικού αυτού μοντέλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο μέσα στην σχολική τάξη για την πληρέστερη κατανόηση της θεωρίας όσον και στα

πανεπιστημιακά ιδρύματα σε τμήματα Τηλεπικοινωνιών για αναπαράσταση του φαινομένου σε πραγματική μορφή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γκάμαρη Μ, (2017). “Βιοματικό Εργαστήριο και Μουσείο Τηλεπικοινωνιών” ΤΕΙ Ηπείρου Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής ΤΕ. Διπλωματική Εργασία.
- Δρούγας Β. (2006). *Διδακτορική Διατριβή* Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
- Δρούγας Β, (2005). “Η συμβολή της εικονικής πραγματικότητας στη μελέτη των φυσιογνωστικών μαθημάτων στο σχολείο” 2<sup>ο</sup> Συνέδριο ΕΕΕΠ-ΔΤΠΕ 15-16 Οκτωβρίου Πρακτικά σελ.287-304, 2005 Αθήνα
- Cohen, L, Manion, L, & Morrison, K,(2011). *Research methods in education*. 7th Ed. London: Routledge. Dam, L.
- Etkina E., Warren A., and Gentile M., (2006), Rutgers University, New Brunswick, NJ “*The Role of Models in Physics Instruction*” *The Physics Teacher*
- Driver, R, Leach, J, Millar, R. & Scott, P ,(1996). 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>
- Hart Ch., (2008) “*Models in Physics, Models for Physics Learning, and Why the Distinction may Matter in the Case of Electric Circuits*” November, Volume 38, Issue 5, pp 529–544.
- Κάτσικας, Χ, & Καββαδίας, Γ, (2002). “*Η Αξιολόγηση στην Εκπαίδευση*”. Αθήνα: Σαββάλας.
- Καψάλης Χ. & Κωττής Π. ,(2013) “*Κεραίες Ασύρματες Ζεύξεις*” Τζιόλας
- Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, Μ. (1995). “*Μεταγνώση: Η έννοια και η διδασκαλία της*”. Νέα Παιδεία, 74, 48-56.
- Luzon, M.J. & Gonzalez, M.I , (2006). “*Learning-Goals-Driven Design Model: Developing Curriculum Materials that Align with National Standards and Incorporate Project-Based Pedagogy*”. *Science Education*, 92(1), 1-32.
- Ραβάνης, Κ. (2003). “*Εισαγωγή στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών*”. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Reiser, B. J, Krajcik, J, Moje, E, & Marx, R. (2003). “*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/>
- Stallings W. & Beard C, (2016). “*Ασύρματες Επικοινωνίες και Δίκτυα*” Τζιόλας

# Εκπαιδευτικό Τρισδιάστατο Μοντέλο για τη Δημιουργία του Ουράνιου Τόξου

Βασίλης Αγ. Δρούγας<sup>1</sup> και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων  
bdrougas@yahoo.com

<sup>2</sup>ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kkotsis@uoi.gr

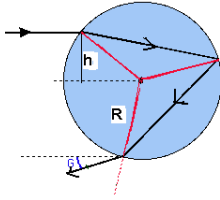
## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η εργασία αυτή είναι μια παρουσίαση ενός πραγματικού τρισδιάστατου μοντέλου της δημιουργίας του ουράνιου τόξου όπως αυτό σχηματίζεται από τα φαινόμενα διάθλασης και ανάκλασης μέσα από μια σταγόνα νερού στην ατμόσφαιρα. Το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να διερευνήσουν τα φαινόμενα της διάθλασης και της ανάκλασης σε μικροσκοπικό επίπεδο.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εκπαιδευτικό υλικό, πραγματικό μοντέλο, ουράνιο τόξο, διάθλαση, ανάκλαση

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ουράνιο τόξο αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά φαινόμενα που συμβαίνουν κατά τη διέλευση του λευκού φωτός μέσα από την υγρή ατμόσφαιρα. Το λευκό φως καθώς περνάει μέσα από τις σφαιρικές σταγόνες του νερού που έχει εναπομένει από τη βροχή αναγκάζεται να περάσει από ένα πιο αραιό σε ένα πυκνότερο μέσο διάδοσής του και για το λόγο αυτό παθαίνει διάθλαση και αναλύεται στα χρώματα που αντιστοιχούν σε διαφορετικές συχνότητες λόγω της μεταβολής του δείκτη διάθλασης. Στο εσωτερικό της σταγόνας τα χρώματα στα οποία αναλύθηκε μπορούν να διαδοθούν ευθύγραμμα μέχρι να φτάσουν στο εσωτερικό τοίχωμα της σταγόνας του νερού και μετά ανακλώνται από αυτό αλλάζοντας διεύθυνση διάδοσης. Έτσι διανύοντας την εσωτερική πολύ μικρή διαδρομή στο εσωτερικό διαθλώνται περνώντας από ένα πυκνότερο σε ένα πιο αραιό μέσο διάδοσης στον αέρα.



**Σχήμα 1.** Σχηματική αναπαράσταση της διαδρομής μιας μονοχρωματικής δέσμης μέσα από μια σφαιρική σταγόνα.

Για να παρασταθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο δημιουργήθηκε ένα πραγματικό μοντέλο με αναπαράσταση της σταγόνας σε σφαιρική μορφή όπως είναι στο μικρόκοσμο όπου φαίνονται τα βασικά χρώματα της ίριδος στη δημιουργία του ουράνιου τόξου. Ενισχύεται έτσι άποψη τους για τα φαινόμενα που συμβαίνουν μέχρι και την έξοδο των μονοχρωματικών ακτίνων από τη σταγόνα και αποκτούν οπτομημονική εμπειρία που τους βοηθάει να κατανοήσουν το φαινόμενο στην ολότητά του (Δρούγας, 2006). Επίσης θα μπορέσουν να ταυτοποιήσουν γνώσεις που προκύπτουν από η θεωρία και να ανακαλύψουν έννοιες μέσα από την πραγματική παρουσίαση και τη βιωματική πράξη ( Etkina κα., 2006).

### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Πολλές γνώσεις που έχουν αποκομίσει οι μαθητές προέρχονται από την καθημερινή τους εμπειρία και από συμπεράσματα στα οποία έχουν καταλήξει οι ίδιοι πειραματιζόμενοι στο εγγύτερο και το ευρύτερο κοινωνικό τους περιβάλλον. Έτσι διαμορφώνουν αντιλήψεις και ιδέες που ίσως δεν αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα και μερικές φορές δεν αντιστοιχούν σε πραγματικά θεωρητικά πρότυπα και δεδομένα (Driver et al., 1996). Δεν μπορούμε να διαγράψουμε αυτές τις αντιλήψεις μπορούμε όμως να δώσουμε στον μαθητή τη δυνατότητα να επανεξετάσει τις απόψεις του και να διαμορφώσει πιο σύγχρονα επιστημονικά τεκμηριωμένα πρότυπα και τεκμηριωμένη επιστημονική γνώση. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ένας σύγχρονος σχεδιασμός ενός πραγματικού και έξυπνου επιστημονικού υλικού που θα μπορέσει να διεγείρει την αντιληπτική γνώση και την ανακαλυπτική ικανότητα των μαθητών αλλά ταυτόχρονα να βοηθήσει τα μέγιστα στην εκπαιδευτική διαδικασία τόσο στο ενδοταξικό περιβάλλον όσο και έξω από αυτό (Luzon, & Gonzalez., 2006). Στην περίπτωση του φυσικού νόμου και του φυσικού φαινομένου που εμφανίζεται αλλά και σχετίζεται με την πραγματικότητα και το καθημερινό βίωμα του μαθητή αυτό είναι απαραίτητο και πολύ σημαντικό. Έτσι μπορεί να επανασχεδιάσει και να προτείνει νέες λύσεις και νέο υλικό με την κατανόηση του φαινομένου και τη υπάρχουσα γνώση που σχετίζεται με το αντίστοιχο φαινόμενο (Holec, 1981). Οι σύγχρονες τεχνολογίες της πληροφορικής μάς έχουν αναγκάσει να επανασχεδιάσουμε το χάρτη του πειραματισμού αλλά και να διαμορφώσουμε ένα νέο πρότυπο στον τομέα της γνώσης ιδιαίτερα με την είσοδο της εικονικής πραγματικότητας και του εικονικού πειράματος (Δρούγας, 2005). Η δημιουργία πραγματικών μοντέλων στη εκπαίδευση δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή μέσω του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού υλικού να αναζητήσει, να τεκμηριώσει τη γνώση αλλά να σχεδιάσει με υλικά που βρίσκονται στο εγγύτερο περιβάλλον. Μέσω της χρήσης απλών υλικών ενισχύεται η

αυτοανακάλυψη (Γκάμαρη, 2017). Έπαναπροσδιορίζει έτσι τη σχέση της επιστήμης στην οποία αναφέρεται με άλλες συναφείς και συμπληρωματικές για αυτή επιστήμες, όπως η γεωμετρία, η στερεομετρία, η φυσική και η χρήση των υλικών και η μηχανική. Από αυτή τη σχέση γίνεται πιο κατανοητή η διαδικασία μέσα από την οποία είναι δυνατόν να οικοδομείται η επιστημονική γνώση να μπορεί να αξιολογείται και μετά από αυτά να εφαρμόζεται στην εκπαιδευτική διαδικασία με πληρότητα (Κάτσικας & Καββαδίας, 2002). Το σύγχρονο εκπαιδευτικό υλικό στις φυσικές επιστήμες θεωρείται ότι προέρχεται κατά κύριο λόγο από το πείραμα και μπορεί να δημιουργήσει μια επιπλέον σημαντική σχέση του μαθητή με την επιστήμη και εφαρμογή στην καθημερινή ζωή επαναπροσδιορίζοντας τις απόψεις του για την επιστήμη (Ραβάνης, 2003). Η υπάρχουσα και η σύγχρονη γνώση απαιτεί σύγχρονους σχεδιασμούς και διαμόρφωση νέων προτύπων επαναπροσδιορισμού της. Ιδιαίτερα αυτό είναι σημαντικό όταν πρέπει να συσχετιστεί με την εμπειρία και την ανακαλυπτική διαδικασία που θα είναι το ερέθισμα για τη διαμόρφωση της διερευνητικής μάθησης (Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, 1995). Η συμμετοχική διαδικασία είναι πολύ σημαντική για την ανακάλυψη της γνώσης εκ μέρους των μαθητών ιδιαίτερα στις φυσικές επιστήμες γιατί μπορεί να βοηθήσει στη δραστηριοποίηση τους σε δράσεις και πρακτικές (Reisner et al, 2003).

## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

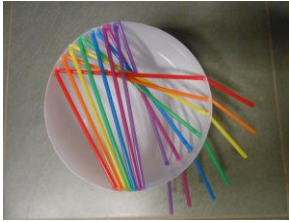
Ο σκοπός της δημιουργίας του πραγματικού τρισδιάστατου του μοντέλου είναι να παρουσιάσει και να αναδείξει την ύπαρξη των φαινομένων της διάθλασης και της ανάκλασης σε μια σταγόνα νερού και να κατανοήσουν οι μαθητές τον τρόπο της δημιουργίας και της εμφάνισης του ουράνιου τόξου στην ατμόσφαιρα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την πληρέστερη κατανόηση του μηχανισμού δημιουργίας του, τη διερεύνηση και την τεκμηρίωση των φαινομένων της δημιουργίας του μέσα από τις σταγόνες νερού. Με το παρόν μοντέλο επιχειρείται η παρουσίαση των φαινομένων αυτών σε πραγματική τρισδιάστατη αποτύπωση με σκοπό την πληρέστερη κατανόηση του φαινομένου της δημιουργίας του ουράνιου τόξου, από τους μαθητές αλλά και από τους φοιτητές των παιδαγωγικών τμημάτων και των τμημάτων φυσικής και φυσικά τους εκπαιδευτικούς.

Η παρουσίαση της δημιουργίας του ουράνιου τόξου μέσα από το μοντέλο αυτό που δημιουργήθηκε, θα αποδώσει μια ρεαλιστική αποτύπωση των ιδιοτήτων του φωτός όταν αυτό περνάει από ένα αραιότερο σε ένα πυκνότερο μέσο διάδοσης και ακολούθως από ένα πιο πυκνό σε ένα πιο αραιό. Αυτό το φαινόμενο στο παρόν μοντέλο επιχειρείται με την τρισδιάστατη παρουσίαση των ακτίνων του φωτός και την απόκλιση τους - αλλαγή διεύθυνσης διάδοσης - κατά την ευθύγραμμη πορεία τους μέσα στην σταγόνα νερού και στην συνέχεια κατά την έξοδό τους στον αέρα, που αποτελεί και την αρχή της δημιουργίας του ουράνιου τόξου.

Με τον τρόπο αυτόν μπορεί να παρουσιάζεται αναλυτικότερα ο μηχανισμός της δημιουργίας του φαινομένου και θα γίνει κατανοητή ή θέση του παρατηρητή ως προς τη θέση του ήλιου, για να παρατηρηθεί σωστά η χρωματική δέσμη των μονοχρωματικών ακτίνων που διαθλώνται τελικά κατά την έξοδό τους από κάθε σταγόνα νερού.

Η πραγματική παράσταση του μοντέλου φαίνεται στην επόμενη (Εικόνα 1).





**Εικόνα 1.** Το μοντέλο και η αναπαράσταση της πορείας των επιμέρους μονοχρωματικών ακτίνων από την ανάλυση του λευκού φωτός μέσα στη σταγόνα μέχρι την έξοδό τους από αυτήν

Ο μοντέλο δημιουργήθηκε με απλά υλικά και περιλαμβάνει μισό τμήμα σφαιρικού φλοιού που παριστάνει τη σταγόνα του νερού της βροχής και οι ακτίνες της δέσμης του φωτός των βασικών χρωμάτων εμφανίζονται μέσα στη σταγόνα και κατά την έξοδό τους από αυτή με χρωματιστές ράβδους προσαρμοσμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να αναγνωρισθούν από τους μαθητές τα δύο βασικά φαινόμενα που εμφανίζονται στη διέλευση των ακτίνων μέσα από τη σταγόνα. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να μελετήσουν και να παρατηρήσουν το φαινόμενο της δημιουργίας του ουράνιου τόξου και να εξοικειωθούν με τα διαδοχικά φαινόμενα διάθλαση - ανάκλαση και πάλι διάθλαση. (Εικόνα 2) .



**Εικόνα 2.** Το μοντέλο όπως εμφανίζει την ανάκλαση των μονοχρωματικών ακτίνων στο εσωτερικό τοίχωμα της σταγόνας και την αλλαγή πορείας τους

Το φαινόμενο της διάθλασης συμβαίνει όταν το λευκό φως περνάει το τοίχωμα της σταγόνας και το διαχωρίζει στα χρώματα που αποτελείται, σε επιμέρους συχνότητες με την είσοδο σε ένα πιο πυκνό μέσο διάδοσης. Μετά την ευθύγραμμη διάδοση στο εσωτερικό περιβάλλον της σταγόνας προς τον αέρα - αραιότερο μέσον διάδοσης - αλλάζει ξανά η διεύθυνση των ακτίνων και θα εμφανίσει τη χρωματιστή λουρίδα των χρωμάτων του λευκού φωτός στον αέρα. (Εικόνα 3).



**Εικόνα 3.** Διάθλαση των μονοχρωματικών ακτίνων καθώς εξέρχονται στον αέρα από το εσωτερικό της σταγόνας

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μελετώντας το γνωσιολογικό και θεωρητικό υπόβαθρο της εκπαιδευτικής αυτής κατασκευής μπορούμε να δούμε ότι με το συγκεκριμένο πραγματικό μοντέλο της

δημιουργίας του φαινομένου του ουράνιου τόξου οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν και να αντιληφθούν το μηχανισμό της δημιουργίας του φαινομένου συνολικά αλλά και επιμέρους που δεν είναι παρατηρήσιμο μικροσκοπικά. Επίσης να αντιληφθούν τη σημασία των φαινομένων αυτών στη δημιουργία της χρωματικής δέσμης που εμφανίζεται στην ατμόσφαιρα μετά τη βροχή και να συσχετίσουν τη θέση που μπαίνει η δέσμη του λευκού φωτός μέσα στη σταγόνα και εκείνη από την οποία εξέρχεται η δέσμη των μονοχρωματικών ακτίνων στις οποίες έχει αναλυθεί. Η πρόταση η οποία παρουσιάζεται με την δημιουργία του πραγματικού μοντέλου δημιουργεί πιο στερεή σχέση της θεωρίας της επιστήμης με την πραγματικότητα. Η παρουσίαση και η δημιουργία του μοντέλου αυτού επαναπροσδιορίζει τη σχέση των μαθητών με τη γνώση και την εμπειρία αλλά και των εκπαιδευτικών με τη θεωρία και την πραγματικότητα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Γκάμαρη Μ. (2017), “*Βιοματικό Εργαστήριο και Μουσείο Τηλεπικοινωνιών*” ΤΕΙ Ηπείρου Διπλωματική εργασία.
- Δρούγας Β., (2005), “*Η συμβολή της εικονικής πραγματικότητας στη μελέτη των φυσικογνωστικών μαθημάτων στο σχολείο*” 2<sup>ο</sup> Συνέδριο ΕΕΕΠ-ΔΤΠΕ 15-16 Οκτωβρίου 2005 Αθήνα
- Δρούγας Β. (2006), *Διδακτορική Διατριβή Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Ιωαννίνων*
- Etkina E., Warren A., and Gentile M., (2006), Rutgers University, New Brunswick, NJ “*The Role of Models in Physics Instruction*” *The Physics Teacher*
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P . (1996), “*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> .
- Holec, H , (1981), “*Selection, Evaluation and Adoption of Instructional Materials*”. <https://www.carrollk12.org>.,
- Κάτσικας, Χ., & Καββαδίας, Γ., (2002), “*Η Αξιολόγηση στην Εκπαίδευση*”. Αθήνα: Σαββάλας.
- Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, Μ., (1995), “*Μεταγνώση: Η έννοια και η διδασκαλία της*”. Νέα Παιδεία, 74, 48-56.
- Luzon, M.J. & Gonzalez, M.I ., (2006), “*Learning-Goals-Driven Design Model: Developing Curriculum Materials that Align with National Standards and Incorporate Project-Based Pedagogy*”. *Science Education*, 92(1), 1-32.
- Ραβάνης, Κ., (2003), “*Εισαγωγή στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών*”. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Reiser, B. J., Krajcik, J., Moje, E., & Marx, R., (2003), “*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/>

# Διδακτική πρόταση για τον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ολίσθησης με τη χρήση πρότυπης πειραματικής διάταξης

Ευστράτιος Καρβέλας<sup>1</sup> και Ελένη Δαφνή<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ε.Κ.Φ.Ε Νοτίου Συγκροτήματος Δωδεκανήσου, [dr.stratoskarvelas@gmail.com](mailto:dr.stratoskarvelas@gmail.com)

<sup>2</sup> Μουσικό Σχολείο Ρόδου, [eleni.dafni@gmail.com](mailto:eleni.dafni@gmail.com)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Η παρούσα εργασία περιγράφει το σχεδιασμό πρότυπης πειραματικής διάταξης, τη χρήση της στον υπολογισμό του συντελεστή τριβής ολίσθησης και την εφαρμογή της σε 20 τμήματα Α' Λυκείου, με συνολικά 453 μαθητές και μαθήτριες. Η ανάλυση των πειραματικών δεδομένων δείχνει ότι επιτεύχθηκε υψηλή ακρίβεια στις μετρήσεις και τους υπολογισμούς.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** πρότυπη πειραματική διάταξη, συντελεστής τριβής ολίσθησης, μήκος φρεναρίσματος, Φυσική Α' Λυκείου.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εργαστήριο κατέχει, για περισσότερο από έναν αιώνα, κεντρικό και διακριτό ρόλο στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, στις χώρες του εξωτερικού. Ωστόσο, στην Ελλάδα η διδασκαλία της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχει συνδεθεί με τη μαθηματική αντιμετώπιση του μαθήματος και η εργαστηριακή δραστηριότητα έχει περιοριστεί μόνο σε πειράματα επίδειξης, που και αυτά εκτελούνται ελάχιστα φορές κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς (Ευαγγελοπούλου Α., 2012).

Με γνώμονα την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών και των μαθητριών, είτε θα ακολουθήσουν Θετικές Σπουδές είτε όχι, σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε την πρότυπη πειραματική διάταξη που θα παρουσιάσουμε παρακάτω. Σημαντικά πλεονεκτήματα της διάταξης είναι το χαμηλό κόστος των υλικών της (λιγότερο των τριών ευρώ) και ο μικρός χρόνος που απαιτείται για τη δημιουργία της (λιγότερο από πέντε λεπτά), ώστε να μπορέσουν οι εκπαιδευτικοί να την κατασκευάσουν και να την εντάξουν στην εκπαιδευτική διαδικασία.

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει διαδρομή ολίσθησης σε μορφή αμβλείας γωνίας. Χρησιμοποιήθηκε “ηλεκτρικό κανάλι διανομής” πλάτους 1 cm και μήκους 2 μέτρων. Στο αρχικά ευθύγραμμο καπάκι του καναλιού, στο σημείο που επιθυμούσαμε να βρίσκεται η κορυφή της γωνίας, εφαρμόστηκε ροή ζεστού αέρα για λίγα δευτερόλεπτα (με τη βοήθεια στεγνωτηρίου μαλλιών) και στη συνέχεια ασκήθηκε μια μικρή δύναμη ώστε να δημιουργηθεί η αμβλεία γωνία (όπως παρουσιάζεται στη φωτογραφία 1). Το ηλεκτρικό καπάκι κολλήθηκε ανάποδα μόνιμα στο κανάλι με τη χρήση ταινίας διπλής όψης.

**Φωτογραφία 1:** Πειραματική διάταξη έτοιμη για χρήση από τους μαθητές



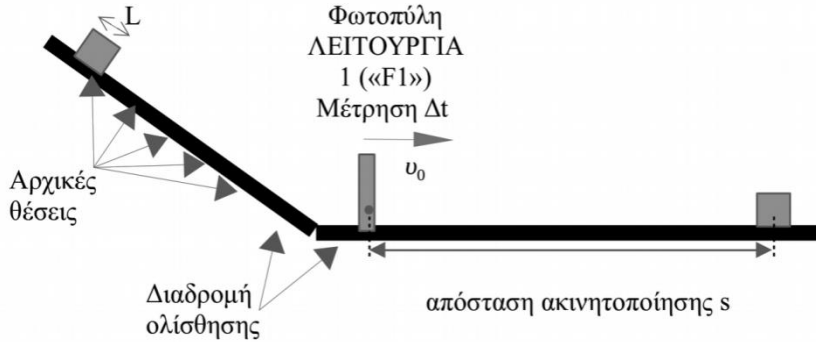
Επίσης, χρησιμοποιήθηκε μία φωτοπύλη, P/N 1236 σε συνδυασμό με ηλεκτρονικό χρονόμετρο, P/N 1460 (που υπάρχουν στα εργαστήρια Φ.Ε. των Γενικών Λυκείων). Η φωτοπύλη στηρίζεται σε δυο φύλλα φελλού πάχους 6 mm κολλημένα με ταινία διπλής όψης. Με αυτόν τον τρόπο το ευθύγραμμο τμήμα, μεταξύ του δέκτη και του πομπού των υπερύθρων της φωτοπύλης, διακόπτεται μόνο από το στερεό σώμα (κύβος) που ολισθαίνει στη διαδρομή. Η στήριξη και η ευθυγράμμιση της φωτοπύλης είναι εξαιρετικά εύκολη για τους μαθητές και σε σύνολο 83 ομάδων που χρησιμοποίησαν τη διάταξη καμία δεν συνάντησε δυσκολία σε αυτό το σημείο. Η φωτοπύλη συνδέεται με ψηφιακό χρονόμετρο του εργαστηρίου το οποίο είναι σε λειτουργία F1.

Στη διαδρομή ολίσθησης ολισθαίνει ένας από τους μεταλλικούς κύβους πυκνότητας (των εργαστηρίων Φ.Ε. των Γενικών Λυκείων), του οποίου τη διάσταση  $L$  (Σχήμα 1) μέτρησαν οι μαθητές με μικρόμετρο. Μέσα στο κανάλι ο κύβος εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση καθορισμένης τροχιάς.

Το πείραμα εκτελέστηκε για δέκα διαφορετικές αρχικές θέσεις στο κεκλιμένο επίπεδο και καταγράφηκαν σε κάθε περίπτωση: ο χρόνος διέλευσης  $\Delta t$  του σώματος από τη φωτοπύλη και η απόσταση ακινητοποίησης του  $s$  στο οριζόντιο επίπεδο (Σχήμα 1). Η αρχική ταχύτητα  $v_0$  της επιβραδυνόμενης κίνησης υπολογίζεται από το λόγο  $L/\Delta t$ , με πολύ καλή προσέγγιση. Η απόσταση ακινητοποίησης ( $s$ ) σε συνάρτηση με την αρχική ταχύτητα, όπως μπορεί να αποδειχθεί από τις εξισώσεις της επιβραδυνόμενης κίνησης,

δίνεται από τη σχέση: 
$$s = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{\alpha}$$
 (Βλάχος κ.ά., 2017).

**Σχήμα 1:** Σχεδιάγραμμα της πειραματικής διάταξης



**Πίνακας 1:** Πειραματικές τιμές και υπολογισμοί

| A/α | Απόσταση<br>s<br>(m) | Χρονικό διάστημα<br>Δt<br>(s) | Αρχική<br>ταχύτητα<br>$u_0 = \frac{L}{\Delta t}$<br>(m/s) | $u_0^2$<br>(m/s) <sup>2</sup> |
|-----|----------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 1   |                      |                               |   |                               |
| 2   |                      |                               |   |                               |
| ... |                      |                               |   |                               |
| 10  |                      |                               |   |                               |

Κάθε ομάδα συμπληρώνει τον Πίνακα 1 και κατασκευάζει τη γραφική παράσταση της απόστασης φρεναρίσματος s σε συνάρτηση με το τετράγωνο της αρχικής ταχύτητας  $u_0^2$ , από την κλίση της οποίας υπολογίζεται η επιβράδυνση του σώματος |a| στο οριζόντιο επίπεδο καθώς και ο συντελεστής τριβής ολίσθησης μεταξύ του σώματος και του επιπέδου καναλιού:  $\mu = |a|/g$ , όπου g: η επιτάχυνση της βαρύτητας.

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

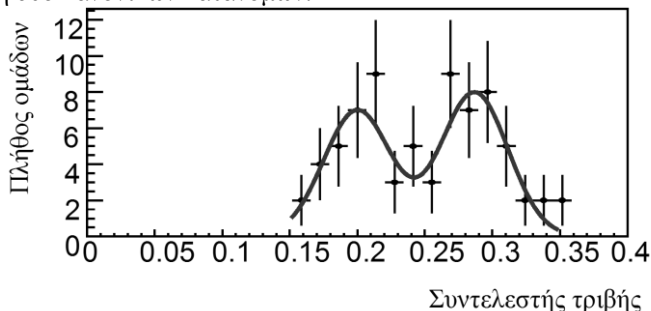
Από τις 15/3/2018 έως και τις 9/5/2018 η παραπάνω διδακτική πρόταση εφαρμόστηκε συνολικά σε 20 διαφορετικά τμήματα Α' Λυκείου 5 Λυκείων, που αποτελούνται από 453 μαθητές οι οποίοι εργάστηκαν σε 83 ομάδες συνολικά. Σε κάθε τμήμα υπήρχαν έως πέντε

ομάδες και κάθε μία εργάστηκε με τη δική της πειραματική διάταξη. Η διάρκεια της παρέμβασης ήταν δυο συνεχόμενες διδακτικές ώρες ανά τμήμα.

### Επιδόσεις μαθητών

Οι μαθητές χρησιμοποίησαν πέντε κύβους, που αντιστοιχούν σε δύο υλικά (χαλκό και αλουμίνιο), τη διάσταση  $L$  των οποίων μέτρησαν με ακρίβεια  $<80 \mu\text{m}$ .

**Γράφημα 1:** Μετρήσεις του συντελεστή τριβής ολίσθησης των κύβων, μαζί με την προσαρμογή δύο κανονικών κατανομών.



Επίσης, οι μαθητές μέτρησαν τους συντελεστές τριβής ολίσθησης, η κατανομή των οποίων παρουσιάζεται στο γράφημα 1. Έγινε προσαρμογή σε δύο κανονικές κατανομές χρησιμοποιώντας  $\chi^2$ -test (Pearson, 1900) με τη χρήση του λογισμικού ROOT του CERN, που ανέπτυξαν οι Brun και Rademakers (1997, η οποία παρουσιάζεται με συνεχόμενη γραμμή στο παραπάνω γράφημα. Παρατηρούμε ότι όλες οι ομάδες μέτρησαν με παρόμοια ακρίβεια, καθώς και ότι υπολογίστηκαν δύο τιμές συντελεστή τριβής ολίσθησης, που αντιστοιχούν στα δύο ζεύγη επιφανειών μεταλλικών κύβων-καναλιού. Επίσης, το εύρος των κατανομών είναι 0,025, οπότε τα σφάλματα είναι 12,5% και 9%, αντίστοιχα.

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η πρότυπη πειραματική διάταξη σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με υλικά χαμηλού κόστους, ώστε να είναι εφικτή η δημιουργία της από όλους τους εκπαιδευτικούς. Επιπλέον, δεν δυσκόλεψε τους μαθητές, τη χρησιμοποίησαν με ελάχιστες αστοχίες και εξέφρασαν την επιθυμία να τη χρησιμοποιήσουν σε άλλο πείραμα.

Η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών της Α' Λυκείου εκπλήρωσε τους μαθησιακούς στόχους που είχαν τεθεί: εξοικειώθηκαν με τη χρήση των μικρομέτρων και των φωτοπυλών, κατέγραψαν τα δεδομένα σε πίνακα τιμών, τοποθέτησαν τα πειραματικά σημεία σε ορθογώνιο σύστημα αξόνων, σχεδίασαν την "πλέον κατάλληλη" πειραματική καμπύλη, άντλησαν δεδομένα από το γράφημά τους, υπολόγισαν την τιμή της κλίσης της πειραματικής ευθείας και υπολόγισαν το συντελεστή τριβής ολίσθησης.

Παρατηρήσαμε ότι η παρούσα διάταξη οδηγεί σε υπολογισμούς μεγάλης ακρίβειας, σε αντίθεση με την άσκηση 6 του εργαστηριακού οδηγού (Κόκκοτας, 2017), για τον υπολογισμό της τριβής ολίσθησης σε κεκλιμένο επίπεδο, η οποία θεωρεί ότι το σώμα που ολισθαίνει κινείται με «περίπου» σταθερή ταχύτητα, εισάγοντας, έτσι, συστηματικά σφάλματα στις μετρήσεις.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστούμε τους Διευθυντές/-τριες και τους εκπαιδευτικούς του 3<sup>ου</sup> ΓΕΛ Ρόδου, του 4<sup>ου</sup> ΓΕΛ Ρόδου, του Μουσικού Σχολείου Ρόδου, του ΓΕΛ Αφάντου και του ΓΕΛ Σορώνης, για την πολύτιμη βοήθειά τους και τη στήριξη που μας παρείχαν, αλλάζοντας ακόμη και το ωρολόγιο πρόγραμμα όλου του σχολείου.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Pearson, K. (1900). On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 5*. 50 (302), 157–175.
- Brun, R., & Rademakers, F. (1997). ROOT - An Object Oriented Data Analysis Framework. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, A* 389, 81-86.
- Ευαγγελοπούλου, Α. (2012). *Αντιλήψεις των μαθητών της Α΄ Λυκείου για την έννοια της τριβής, τους νόμους της και το ρόλο της στη σχετική μεταφορική και περιστροφική κίνηση. Πρόταση για εποικοδομητική διδακτική παρέμβαση σε ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας*. (Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή). Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αλεξανδρούπολη.
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π. & Τιμόθεου, Γ. (2017). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' Τάξης Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Διόφαντος.
- Κόκκοτας, Π. (2017). *Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Γενικής Παιδείας Α' τάξης Ενιαίου Λυκείου [e-book]*. Ανακτήθηκε 8 Οκτωβρίου, 2018, από <http://ebooks.edu.gr>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

- Cope, 67  
Kalantzis, 67  
Stylianides, 83  
Αμπατζιδής, 469  
Αναγνωστοπούλου, 626  
Ανθούλας, 521  
Αρβανιτάκη, 217  
Αργύρη, 590  
Ασημόπουλος, 186  
Αυγερινός, 366, 377, 389  
Βαμβακούση, 302  
Γκουλγκούτη, 607  
Γωγάκη, 574  
Δαφνή, 647  
Δεσλή, 257  
Δημητρακοπούλου, 117  
Δήμτσα, 257  
Διαμαντίδης, 356  
Δρούγας, 632, 637, 642  
Εμμανουήλ, 531  
Ζέζου, 552, 557  
Ζώρτζος, 389  
Ιωαννίδη, 574  
Καλαβάσης, 148  
Καλδρυμίδου, 302  
Καλογιαννάκης, 469, 479  
Κανάκη, 479  
Καραβάκου, 312  
Καραγιάννης, 595  
Καρακώστας, 335  
Καραμάνη, 272  
Καραμάνος, 247  
Καράμπελας, 196  
Καρβέλας, 647  
Καροφύλλη, 176  
Κοζάς, 156  
Κομιζόγλου, 489  
Κουμαρά, 409, 449  
Κρητικός, 148  
Κυνηγός, 312, 356  
Κωνσταντινίδου, 237  
Κώτσης, 419, 617, 632, 637, 642  
Κώτσου, 585, 622  
Λαζάρου, 500  
Μαθά, 227  
Μαλκότσης, 377  
Μαλλιάκας, 166  
Μάνου, 612  
Μαστρογιωργάκη, 511  
Μιχαηλίδη, 439  
Μοσκοφόγλου Χιονίδου, 196  
Μούτσιος-Ρέντζος, 148  
Μπαμπαρούτσος, 562  
Μπαμπάτσικου, 186  
Μπαριανού, 552, 557  
Μπούσιος, 541  
Παγγέ, 607  
Παναγιωτοπούλου, 335  
Παναούρα, 601  
Παπαγιαννακοπούλου, 325  
Παπαδόπουλος, 335, 345  
Παπαδοπούλου, 282  
Παπανδρέου, 237  
Πείκος, 612  
Πιερράτος, 449  
Πλακίτση, 409, 607  
Πολυζώη, 585  
Ρεμούνδου, 366, 377  
Σακελλάκη, 166  
Σιάτρας, 459  
Σιδηρόπουλος, 206  
Σκουμός, 14, 176, 196, 500, 511, 521, 531  
Σκουμπούρη, 14, 217, 227  
Σμυρναίου, 400  
Σούλης, 580  
Σπύρτου, 612  
Σταύρου, 439  
Στύλος, 419  
Συριάννης, 156  
Ταμβάκας, 166  
Τάτσης, 148, 272  
Τέντα, 345  
Τζεκάκη, 292  
Τζιούφας, 429  
Τίρκας, 601  
Τριανταφυλλίδης, 186  
Τσακμάκη, 449  
Τσαρούχας, 429  
Τσιαρτσιάρη, 622  
Τσιούρη, 617  
Τσομαρέλη, 595  
Φεσάκης, 156  
Φοκίδης, 247, 489  
Χαριτάκη, 580  
Χατζηκυριάκου, 325  
Χατζηνικήτα, 626  
Χατζηνικολάου, 469  
Χρηστίδου, 92, 459



## ΧΟΡΗΓΟΙ



ΟΙΚΟΥΜΕΝΙΚΗ ΠΑΤΡΙΑΡΧΕΙΑ  
ΙΕΡΑ ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΣ ΡΟΔΟΥ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
**GUTENBERG**

**ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΣ ΙΔΡΥΜΑ  
ΥΠΟΤΡΟΦΙΩΝ ΡΟΔΟΥ**  
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΧΡΙΣΤ. ΣΤΑΜΑΤΙΟΥ  
& ΜΑΙΡΗΣ ΧΡΙΣΤ. ΣΤΑΜΑΤΙΟΥ

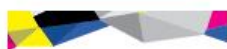


ESPERIA  
GROUP  
TOURISTIC ENTERPRISES

**S** semiramis  
City Hotel



**in** Camera  
art boutique hotel



**hedera**