

Η χρήση της Ιστορίας των Επιστημών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Δημήτρης Τσορμπαζίδης

Φυσικός, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών
dtsormpa@gmail.com

Περίληψη. Σ' αυτήν την εργασία διαπραγματευόμαστε το δίλημμα της εισαγωγής της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στα προγράμματα σπουδών των Φυσικών Επιστημών. Παραθέτουμε τα επιχειρήματα και των δύο απόψεων, τονίζοντας τη λεπτή ισορροπία μεταξύ ιστορικής ακρίβειας και παιδαγωγικών στόχων ενός τέτοιου εγχειρήματος. Ολοκληρώνουμε με την παρουσίαση μιας πρότασης διδασκαλίας των εννοιών «δύναμη» και «πεδίο δυνάμεων», κάνοντας χρήση πειραματικών μέσων σε συνδυασμό με την ιστορική ανασκόπηση των εννοιών, αφού ολοκληρώσουμε τη διδασκαλία.

1 Εισαγωγή

Το θέμα της εισαγωγής της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών (στο εξής, *I.Φ.Ε.*) στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών (στο εξής, *Φ.Ε.*) είναι ένα ιστορικό πρόβλημα πολλών δεκαετιών με επιχειρήματα και από τις δύο πλευρές. Ενώ το ίδιο πρόβλημα δεν υπάρχει τις περισσότερες φορές σε προγράμματα που δεν αφορούν τις *Φ.Ε.*, ο εκπαιδευτικός των *Φ.Ε.* όταν αποφασίσει να εισάγει ιστορικό υλικό, πρέπει να το κάνει με πολύ επιλεκτικό τρόπο, αφού στόχος του είναι να διδάξει τις επιστημονικές θεωρίες και πρακτικές όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα (Brush, 1974). Παρόλο που υπάρχει μικρή αμφιβολία για το αν θα πρέπει η *I.Φ.Ε.* να έχει έναν κεντρικό ρόλο στα προγράμματα επιστημονικών σπουδών, μια εκτεταμένη και πάνω απ' όλα ουσιαστική εφαρμογή ενός τέτοιου προγράμματος, απέχει ακόμα αρκετά από την υλοποίηση.

2 Μια σύντομη ιστορική ανασκόπηση

Η άποψη ότι, οι μαθητές πρέπει να γνωρίσουν την *I.Φ.Ε.* εντοπίζεται στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Παρόλα αυτά, για πολλές δεκαετίες από το τέλος του 19^{ου} αιώνα, οι ιστορικοί και φιλόσοφοι πίστευαν ότι η καταγωγή των φυσικών επιστημών δεν έχει επίδραση στον χαρακτήρα τους (Gavroglu, 2011). Ο Δούκας του Argyll (Σκωτία) το 1885, είχε διατυπώσει την άποψη ότι: «Αυτό που θέλουμε στην εκπαίδευση των νέων, δεν είναι τόσο τα αποτελέσματα όσο οι μέθοδοι και πάνω απ' όλα η ιστορία των επιστημών» (McComas, 2011). Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ο Henri Poincare (1900), στο Διεθνές Συνέδριο της Φυσικής ανέπτυξε τη δική του εκδοχή:

«Ο άνθρωπος εντυπωσιάζεται από το πόσο εφήμερες είναι οι επιστημονικές θεωρίες [...] βλέπει χαλάσματα να συσσωρεύονται επί χαλασμάτων. Αυτό είναι που ονομάζει χρεωκοπία της επιστήμης [...] χωρίς όμως τον σκεπτικισμό του, θα είχε καταλάβει ότι, τα χαλάσματα χρησιμεύουν σε κάτι» (Psillos, 2011).

Αργότερα, ο Haywood (1927) υποστήριξε ότι, η ιστορική προσέγγιση στην επιστημονική εκπαίδευση είναι σημαντική, αλλά παρόλο που της έδινε ιδιαίτερη σημασία, πίστευε ότι, οι

μαθητές δεν θα αυξήσουν τη βαθμολογία τους στις εξετάσεις εξαιτίας της (Kokkotas & Rizaki, 2011). Η πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στην προσπάθεια ενσωμάτωσης της *I.Φ.Ε.* αποτέλεσε το *HPPC* (: *Harvard Project Physics Course*) των Rutherford, Holton και Watson, όμως στις ευρωπαϊκές χώρες δεν έχουμε να αναφέρουμε ανάλογα παραδείγματα. Στη χώρα μας, η χρήση της *I.Φ.Ε.* στη διδασκαλία των Φ.Ε. είναι τουλάχιστον προαιρετική και επαφίεται στη διάθεση του εκπαιδευτικού.

3 Η επιχειρηματολογία υπέρ και κατά της ιστορικής προσέγγισης

3.1 Μερικές απόψεις ενάντια στη χρήση της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών

Ένα από τα βασικά επιχειρήματα ενάντια στη χρήση της *I.Φ.Ε.* στα προγράμματα σπουδών, υπήρξε η διάκριση μεταξύ της *ιστορίας των ιστορικών* και της *ιστορίας των εγχειριδίων* (Κιντή, 2003). Ο συγγραφέας ενός εγχειριδίου έχει σκοπό να κάνει προσβάσιμο το αποτέλεσμα της επιστημονικής διαδικασίας, αποσκοπώντας σε παιδαγωγικές επιδιώξεις και όχι ιστορική ακρίβεια. Υπό αυτήν την άποψη, είναι ηθικά «νομιμοποιημένος» να εφαρμόσει μια *ιστορική «παραμόρφωση»* μια που είναι περισσότερο εύκολο για έναν εκπαιδευτικό να επικοινωνήσει στους μαθητές του κάτι που είναι ιστορικά ανακριβές (Gavroglu, 2011) και ενδεχομένως να εξάπτει τη φαντασία και το ενδιαφέρον τους. Εκτός αυτού, η *I.Φ.Ε.* δεν είναι πεδίο, στο οποίο οι επιστημονικές ανακαλύψεις διαδέχονται η μία την άλλη με τη «σωστή» σειρά, απρόσκοπτα, χωρίς διαταραχές, όπως θέλει να παρουσιάσει ένα εγχειρίδιο, με αποτέλεσμα, οποιαδήποτε αναφορά να είναι επιφανειακή και εντοπισμένη στην αντίστοιχη θεωρία (τοπικά και χρονικά).

Ένα άλλο επιχείρημα ενάντια στη χρήση της *I.Φ.Ε.* στη διδασκαλία είναι ότι, πολλές φορές ζημιώνει την εξιδανικευμένη εικόνα που έχει το ευρύ κοινό για τους επιστήμονες ως λογικούς, ανοιχτόμυαλους ερευνητές, οι οποίοι προχωρούν μεθοδικά στο αποτέλεσμα των ελεγχόμενων πειραμάτων τους και αναζητούν την αντικειμενική αλήθεια (Brush, 1974). Οποιαδήποτε ιστορικά ακριβή προσέγγιση, θα ζημίωνε την ιδανική αυτή εικόνα στα νέα μυαλά των μαθητών και θα είχε ως συνέπεια, αντίθετα αποτελέσματα από τα προσδοκώμενα. Όπως αναφέρει και ο Kittel στο εγχειρίδιο Φυσικής του: «*όλα τα μεγάλα επιτεύγματα της πειραματικής επιστήμης πραγματοποιήθηκαν από ανθρώπους με διαφορετικούς χαρακτήρες*».

Τέλος, ο Brush στο άρθρο του (Brush, 1974) έχει παρουσιάσει και την άποψη ότι, τα ιστορικά αναγνώσματα όχι μόνο δεν προσφέρουν θετικά ερεθίσματα σ' έναν σπουδαστή των Φυσικών Επιστημών, αλλά μπορεί και να *επιδράσουν αρνητικά*. Μια ιστορική προσέγγιση των Φ.Ε. μπορεί να αποσπάσει τον σπουδαστή από το ουσιαστικό μέρος της έρευνας, οδηγώντας τον σε αποτελέσματα που δεν θα ήταν κατάλληλα προς δημοσίευση.

3.2 Τα πιθανά οφέλη της ιστορικής προσέγγισης των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση

Η υποστήριξη της εισαγωγής της *I.Φ.Ε.* στη διδασκαλία, στηρίζεται σε δύο υποθετικούς πυλώνες (Kokkotas & Rizaki, 2011):

- την *ομοιότητα* μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών και αυτών των επιστημόνων ή φιλοσόφων του παρελθόντος και,
- στον *παραλληλισμό* μεταξύ της ανάπτυξης της κατανόησης των μαθητών (*οντογένεση*) και της εξέλιξης των επιστημονικών αντιλήψεων στην ιστορία των επιστημών (*φυλογένεση*).

Κάτι τέτοιο, θα βοηθούσε τους εκπαιδευτικούς των Φ.Ε. να εντοπίσουν νωρίς και να είναι προετοιμασμένοι κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας τους, για τις επικείμενες παρανοήσεις των μαθητών, καθιστώντας τη διδασκαλία πιο *αποδοτική και αποτελεσματική*.

Ένα άλλο πλεονέκτημα συνδέεται με αυτό που ονομάζουμε σήμερα «*επιστημονικό αλφαριθμητισμό*» (ή *εγγραμματισμό*): οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν τι είναι και τι δεν είναι επιστήμη, τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει η επιστήμη και πως μπορεί να συνεισφέρει στον πολιτισμό (National Research Council, 1996, σ. 2) και ότι η χρήση της ιστορίας στα προγράμματα επιστημονικών σπουδών μπορεί να αναδείξει διαφορετικές πτυχές της επιστημονικής έρευνας, την ανθρώπινη πλευρά των επιστημών και το ρόλο που έχει διατελέσει η επιστήμη στην ανάπτυξη διαφορετικών πολιτισμών (National Research Council, 1996, σ. 107). Μέσα σε μια τέτοιου είδους εκπαιδευτικό σύστημα, οι μαθητές θα μπορούν να αξιολογήσουν τη συνεισφορά της επιστημονικής προσέγγισης για την επίλυση κοινωνικών και ιδεολογικών προβλημάτων (Matthews, 2011). Όπως είπε και ο E. Mach, ο ερευνητής μπορεί να κρίνει πιο ελεύθερα και πιο σωστά τη σημασία των επιστημονικών ρευμάτων, γνωρίζοντας της ιστορική εξέλιξη της επιστήμης, ενώ σύμφωνα με τον J.B. Conant, η *I.Φ.Ε.* μπορεί να βοηθήσει έναν επιστήμονα να λειτουργήσει καλύτερα εκτός του εργαστηρίου.

Υπάρχουν και άλλα επιχειρήματα υπέρ της διδασκαλίας της *I.Φ.Ε.* στην εκπαίδευση των *Φ.Ε.*, τα οποία προέρχονται από διάφορες πηγές, μερικές εκ των οποίων αναφέρονται συχνά από άλλους συγγραφείς, άλλες έχουν επιβεβαιωθεί από αντίστοιχες μελέτες ενώ άλλες είναι απλώς προτάσεις. Σε εργασία του ο McCommas (2011) τα παραθέτει συνοπτικά σε έναν πίνακα, μερικά εκ των οποίων είναι τα εξής:

- *ενεργοποίηση* του μαθητή κατά τη διδασκαλία και καλύτερη αντιμετώπιση απέναντι στις *Φ.Ε.*,
- *αύξηση θαυμασμού* στον επιστημονικό κόσμο,
- *εξανθρωπισμός* των *Φ.Ε.*,
- *ανάδειξη της διαφοράς μεταξύ των Φ.Ε. και της τεχνολογίας*,
- *διεπιστημονική σύνδεση* μεταξύ *Φ.Ε.* και άλλων σχολικών μαθημάτων.

ενώ ο Antoni Roca – Rosell (2011) προσθέτει στα παραπάνω ότι, η ιστορική προσέγγιση των *Φ.Ε.* προσφέρει τη δυνατότητα της *ανακάλυψης της διαδικασίας απόκτησης γνώσης*.

4 Μια πρόταση διδασκαλίας των εννοιών «δύναμη» και «πεδίο δυνάμεων»

Η δύναμη είναι από τις πρωταρχικές έννοιες της Φυσικής, με τις οποίες έρχεται σε επαφή κάθε σπουδαστής στη σχολική και ακαδημαϊκή του διαδρομή. Οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια «*δύναμη*» είναι οι εξής (Kokkotas, Koulaïdis, Karanikas, Tsatsaroni, & Vlachos, 1995):

- η κίνηση προϋποθέτει δύναμη ίδιας κατεύθυνσης,
- η δύναμη έχει ανάλογο μέτρο ως προς την ταχύτητα του σώματος,
- η κίνηση ενός σώματος έχει πάντα την ίδια διεύθυνση με τη δύναμη που επιδρά,
- η ηρεμία ενός σώματος σημαίνει απουσία δυνάμεων.

Σε συνδυασμό με όσα έχουμε αναφέρει σε προηγούμενες παραγράφους, παρατηρούμε ότι, οι μαθητές κατέχουν *αριστοτελικές απόψεις* για τις δυνάμεις. Ακολουθεί μια πρόταση διδασκαλίας της έννοιας «*δύναμη*» και «*πεδίο δυνάμεων*», συνδυάζοντας πείραμα, συζήτηση

και ιστορική αναδρομή των εννοιών για μαθητές της Α΄ τάξης του Γενικού Λυκείου, διάρκειας 2 – 3 ωρών.

4.1 Απαραίτητος εξοπλισμός

Για τη διεξαγωγή του μαθήματος θα απαιτηθούν τα ακόλουθα:

- προβολέας για διάλεξη μέσω υπολογιστή,
- μαγνήτης και μεταλλικό σφαιρίδιο,
- ρινίσματα σιδήρου,
- λεπτά πριονίδια,
- ένα φύλλο χαρτί Α4,
- πλαστελίνη,
- ελατήριο.

4.2 Εφαρμογή

4.2.1 Η έννοια «δύναμη»

Ξεκινούμε επιδεικνύοντας την ικανότητα παραμόρφωσης σωμάτων υπό την επίδραση δυνάμεων. Παραμορφώνουμε την πλαστελίνη, είτε συμπιέζοντας είτε έλκοντάς τα διάφορα σημεία της. Ρωτάμε τους μαθητές: «Γιατί η πλαστελίνη αλλάζει σχήμα;» Οι πιθανές απαντήσεις των μαθητών είναι: «τη ζουλήξατε», «την τραβήξατε» ή «την πίεςατε». Επαναλαμβάνουμε το πείραμα με το ελατήριο και ξαναρωτάμε τους μαθητές. Αναφέρουμε το συμπέρασμα των παρατηρήσεων των μαθητών, χρησιμοποιώντας την ορθή ορολογία:

*«Δηλαδή και στις δύο περιπτώσεις, άσκησα **δυνάμεις** πάνω στα σώματα, που είχε ως αποτέλεσμα να μεταβάλλω τη μορφή τους, άρα να τα **παραμορφώσω**».*

Γράφουμε το συμπέρασμα στον πίνακα, ώστε να είναι άμεσα προσβάσιμο στους μαθητές. Κατόπιν, τοποθετούμε το μεταλλικό σφαιρίδιο πάνω στην έδρα και του δίνουμε μία ώθηση, παρακολουθώντας το να πραγματοποιεί μία ευθύγραμμη τροχιά. Ρωτάμε τους μαθητές: «*Το ακουμπούσα όσο κινούνταν; Γιατί συνέχιζε να κινείται;*» Επαναλαμβάνουμε το πείραμα, αυτή τη φορά ωθώντας σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο της τροχιάς το σφαιρίδιο, προκειμένου να αλλάξει κατεύθυνση κίνησης. Ρωτάμε τους μαθητές: «*Γιατί άλλαξε η τροχιά του σφαιριδίου αυτήν τη φορά;*» Η πιο συνηθισμένη απάντηση είναι: «*το σπρώξατε*». Επαναλαμβάνουμε το πείραμα ακόμη μια φορά, με τον μαγνήτη σε κάποιο σημείο ώστε να αλληλεπιδράσει με το σφαιρίδιο κατά την κίνησή του, χωρίς να αφήσουμε τα δύο να ακουμπήσουν. Ρωτάμε τους μαθητές: «*Τώρα δεν το ακούμπησα... Γιατί άλλαξε η τροχιά του;*» Οι μαθητές, ως επί το πλείστον απαντούν ότι: «*το τράβηξε ο μαγνήτης – δεν χρειάζεται να το ακουμπήσει*». Γενικεύουμε τα παρατηρησιακά συμπεράσματα, λέγοντας στους μαθητές ότι:

*«Δηλαδή ένα άλλο αποτέλεσμα της επίδρασης **δύναμης** πάνω στα σώματα, είναι η **αλλαγή της κίνησής τους** – ή η **αλλαγή της κινητικής τους κατάστασης** όπως λέμε».*

Κάποιος μαθητής μπορεί να αναρωτηθεί τότε: «*Την πρώτη φορά όμως, ούτε το αγγίζατε, ούτε βάλατε μαγνήτη – γιατί κινούνταν το σφαιρίδιο;*». Επειδή θέλουμε να ασχοληθούμε μόνο με την έννοια «δύναμη», μπορούμε να απαντήσουμε στον μαθητή: «*Αν πρόσεξες, είπα πριν ότι, η επίδραση της δύναμης προκαλεί **αλλαγή** στην κίνηση του σώματος. Το σφαιρίδιο την πρώτη φορά, αφού έφυγε από το χέρι μου, δεν άλλαξε η κίνησή του*».

Χρησιμοποιώντας τον προβολέα, κάνουμε μια διάλεξη, ανατρέχοντας ιστορικά στις απόψεις των επιστημόνων και φιλοσόφων του παρελθόντος, ξεκινώντας από τις απόψεις του Αριστοτέλη, συνεχίζοντας με τον Copernicus, τον Galileo και τελικά τον Newton (μία πολύ καλή ιστορική προσέγγιση περιέχεται στο βιβλίο του Hewitt (2009, σσ. 22-27)), οπότε και εισάγουμε τον «επίσημο» ορισμό της έννοιας «δύναμη», όπως τον έθεσε ο Newton στο Principia Mathematica (Κασσέτας, 2000, σ. 67) συμπληρώνοντας με την έννοια της παραμόρφωσης:

«Δύναμη είναι η αιτία αλλαγής της κινητικής κατάστασης των σωμάτων ή της παραμόρφωσής τους».

4.2.2 Η έννοια «πεδίο δυνάμεων»

Τοποθετούμε το χαρτί πάνω στην έδρα. Ρίχνουμε σιγά-σιγά ρινίσματα σιδήρου πάνω στο χαρτί και παρατηρούμε ότι αυτά απλώνονται τυχαία πάνω στο χαρτί. Επαναλαμβάνουμε το πείραμα με το χαρτί αυτή τη φορά να σκεπάζει τον μαγνήτη. Αυτή τη φορά δημιουργείται μία εικόνα, αποτελούμενη από γραμμές. Απομακρύνουμε το μαγνήτη και βλέπουμε ότι, τα ρινίσματα αποκτούν ξανά τυχαία κατανομή. Ρωτάμε τους μαθητές: *«Γιατί όταν φεύγει ο μαγνήτης, τα ρινίσματα δεν σχηματίζουν πλέον γραμμές;»*

Ο μαγνήτης «αλλάζει» το χώρο και το αποτέλεσμα αυτής της αλλαγής μπορούμε να το δούμε μέσα από το πείραμα με τα ρινίσματα σιδήρου. Αν επαναλάβουμε το ίδιο πείραμα με τα πριονίδια, θα δούμε ότι είτε υπάρχει μαγνήτης είτε όχι, η κατανομή είναι ίδια. Δηλαδή, ο μαγνήτης «αλλάζει» το χώρο, αλλά αυτή η αλλαγή *δεν είναι αντιληπτή απ' όλα τα σώματα*. Αυτή η «αλλαγή» που δημιουργείται στο χώρο ονομάζεται *πεδίο* και συγκεκριμένα, για την περίπτωση του μαγνήτη, *μαγνητικό πεδίο*. Προκειμένου να «δούμε» το μαγνητικό πεδίο, πρέπει να έχουμε κατάλληλα σώματα (*υποθέματα*), με τα οποία το πεδίο να αλληλεπιδράσει, συνδέοντας και με το παράδειγμα της αλληλεπίδρασης του μαγνήτη με το κινούμενο μεταλλικό σφαιρίδιο ή τα ρινίσματα σιδήρου και της μη-αλληλεπίδρασης με τα πριονίδια. Επεκτείνουμε την ιδέα του «πεδίου» και στα ηλεκτρικά φορτία και τις μάζες.

Χρησιμοποιούμε τον προβολέα και ανατρέχουμε ιστορικά στην ιδέα της «δράσης από απόσταση» και την «ακαριαία αλληλεπίδραση». Αναφερόμαστε στον Gilbert, Coulomb, Faraday, ο οποίος εισήγαγε τελικά την έννοια του πεδίου δυνάμεων όπως τη χρησιμοποιούμε σήμερα (Κασσέτας, 2000, σσ. 374-376). Τονίζουμε τα σημεία, τα οποία οδήγησαν στην απαίτηση της εισαγωγής της έννοιας του πεδίου δυνάμεων.

Βιβλιογραφία

- Κασσέτας, Α. (2000). *Το μακρόν ΦΥΣΙΚΗ προ του βραχέος ΔΙΔΑΣΚΩ* (2η εκδ.). Αθήνα: Εκδόσεις Σαββάλας.
- Κιντή, Β. (2003). Πρέπει η διδασκαλία των φυσικών επιστημών να περιλαμβάνει την ιστορία της επιστήμης; Αξιολόγηση της πρότασης του T.S. Kuhn. Στο Κ. Σκορδούλης, & Λ. Χαλκιά (Επιμ.), *Η Συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών* (σσ. 65-72). Αθήνα: Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου.
- Brush, S. (1974, March 22). Should the History of Science Be Rated X? *Science, New Series*, 183(4130), σσ. 1164-1172.
- Gavroglu, K. (2011). Textbooks of the Physical Sciences and the History of Science. Στο P. Kokkotas, K. Malamitsa, & A. Rizaki, *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (σσ. 55-59). Rotterdam: Sense Publishers.
- Hewitt, P. (2009). *Οι έννοιες της Φυσικής*. (Ι. Παπαδόγγονας, Επιμ., Ε. Σηφάκη, & Ι. Παπαδόγγονας, Μεταφρ.) Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

- Kokkotas, P., & Rizaki, A. (2011). Does History of Science contribute to the construction of knowledge in the Constructivist environments of learning? Στο P. Kokkotas, K. Malamitsa, & A. Rizaki, *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (σσ. 61-84). Rotterdam: Sense Publishers.
- Kokkotas, P., Koulaidis, V., Karanikas, Y., Tsatsaroni, A., & Vlachos, Y. (1995). The Language of Physics: A Case Study of the Concept of Force in Primary Education. Στο C. Bernardini, C. Tarsitani, & M. Vicentini, *Thinking Physics for Teaching* (σσ. 207-220). New York: Springer Science + Business Media LLC.
- Matthews, M. (2011). Teaching the philosophical and worldview components of Science. Στο P. Kokkotas, K. Malamitsa, & A. Rizaki, *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (σσ. 3-16). Rotterdam: Sense Publishers.
- Mccomas, W. (2011). The history of Science and the future of Science education. Στο P. Kokkotas, K. Malamitsa, & A. Rizaki, *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (σσ. 37-53). Rotterdam: Sense Publishers.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington: The National Academies.
- Psillos, S. (2011). Is the history of Science the wasteland of false theories? Στο P. Kokkotas, K. Malamitsa, & A. Rizaki, *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (σσ. 17-36). Rotterdam: Sense Publishers.
- Roca-Rosell, A. (2011). Integration of the Science education and History of Science. Στο P. Kokkotas, K. Malamitsa, & A. Rizaki, *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (σσ. 148-150). Rotterdam: Sense Publishers.