

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΓΕΙΤΟΝΑ

# Η Φύση των Επιστημών Διδακτικές Προσεγγίσεις

Επιμέλεια:  
Βασίλης Κουλαϊδής  
Αλέξανδρος Αποστόλου  
Κώστας Καμπουράκης

Εκδόσεις  
CHILD SERVICES

Εκδόσεις CHILD SERVICES  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΓΕΙΤΟΝΑ  
Τ.Θ. 74128, Τ.Κ. 166 02 Βάρη  
Τηλ.: 210 9656200, Fax: 210 9655920  
email: [mail@geitonas-school.gr](mailto:mail@geitonas-school.gr)  
[www.geitonas-school.gr](http://www.geitonas-school.gr)

© Copyright: Εκπαιδευτήρια Γείτονα  
ISBN: 978-960-98209-0-5

# Περιεχόμενα

<i>Ελευθέριος Γεϊτονας</i> Πρόλογος	7
<i>Βασίλης Κουλαϊδής, Αλέξανδρος Αποστόλου &amp; Κώστας Καμπουράκης</i> Εισαγωγή: Η Φύση των Επιστημών - Διδακτικές Προσεγγίσεις	9
<i>William F. McComas</i> Τα κυριότερα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης: καταρρίπτοντας τους μύθους	19
<i>Κώστας Κωνσταντίνου &amp; Νίκος Παπαδούρης</i> Επιστημολογική επάρκεια: μια θεμελιώδης συνιστώσα των μαθησιακών επιδιώξεων στις Φυσικές Επιστήμες	39
<i>Κώστας Δημόπουλος</i> Φυσικές Επιστήμες για τον Πολίτη: Από την απόκρυψη στην αποκάλυψη της κειμενικότητας του εκπαιδευτικού υλικού στο σχολείο	61
<i>William F. McComas</i> Η Φύση της Επιστήμης όπως παρουσιάζεται σε σχετικά βιβλία για το ευρύ κοινό: διδάγματα για τη διδασκαλία της επιστήμης	83
<i>Αλέξανδρος Αποστόλου &amp; Βασίλης Κουλαϊδής</i> Συσχετίσεις ανάμεσα σε φιλοσοφικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών	99
<i>Παναγιώτης Κόκκοτας &amp; Παναγιώτης Πήλιουρας</i> Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη Φύση της Επιστήμης: Η εμπειρία από τα ευρωπαϊκά προγράμματα «STeT» και «The MAP prOject»	127

<i>Παναγιώτης Πήλιουρας &amp; Παναγιώτης Κόκκοτας</i> Η ανάλυση των δασκαλομαθητικών διαλόγων στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών ως αναστοχαστικό εργαλείο για τον εντοπισμό των συνοδευτικών νοημάτων που «επικοινωνούνται» για τη φύση των Φυσικών Επιστημών	145
<i>Κατερίνα Πλακίτση</i> Η Φύση της Επιστήμης ως οριζόντιος άξονας στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες	165
<i>Ιωάννης Βλάχος</i> Γνώσεις και πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την εξήγηση στην επιστήμη και τη διδασκαλία της	185
<i>Κώστας Καμπουράκης</i> Εξηγητικός πλουραλισμός: ένα βασικό χαρακτηριστικό της Φύσης της Επιστήμης	201
<i>Δημήτρης Κολιόπουλος</i> Οι απόψεις του E. Halbwachs για τη φύση της «εξήγησης» στη φυσική και οι συνέπειές τους για τη σχολική εκδοχή της	219
<i>Αθανάσιος Τζιμογιάννης</i> Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών ως εργαλείο ανάπτυξης της «επιστημονικής σκέψης»: προκλήσεις και δυνατότητες για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών	233
<i>William F. McComas</i> Ιδέες - κλειδιά για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης	249
<i>Mercè Izquierdo</i> Η αντιπαράθεση ανάμεσα στον Pouchet και τον Pasteur για την αυτόματη γένεση: κατασκευή ενός διδακτικού γεγονότος με βάση ένα ιστορικό γεγονός	257

<i>David W. Rudge &amp; Eric M. Howe</i> Ενσωματώνοντας την ιστορία στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών	265
<hr/>	
<i>Ελένη Παρασκευοπούλου &amp; Δημήτρης Κολιόπουλος</i> Η «μάχη για το ηλεκτρόνιο»: Η διαμάχη των Millikan-Ehrenhaft και η χρήση της για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης	275
<hr/>	
<i>Michael P. Clough &amp; Joanne K. Olson</i> Η Φύση της Επιστήμης: πάντοτε στον περίγυρο της επιστήμης	287
<hr/>	
<i>Δημήτρης Νοταράς, Αλέξανδρος Αποστόλου, Σταύρος Γιαλούμης, Κώστας Καμπουράκης, Χρήστος Κουβάτσος &amp; Χρήστος Τσαρτσαράκος</i> Η ανάπτυξη ενός προγράμματος διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης στο πλαίσιο της Βιοτεχνολογίας	297
<hr/>	
<i>Βασίλης Ζαμπετάκης</i> Η συνειδητοποίηση, μέσα από ανοικτού τύπου διερευνητικές δραστηριότητες, του ρόλου της δημιουργικότητας στην επιστήμη	305
<hr/>	
<i>Βίκυ Σιγούντου</i> Διαβάζοντας το Φυσικής Απάνθισμα με μαθητές Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού	313
<hr/>	
<i>Πόλυ Χατζημανωλάκη</i> Διαστημικές ιστορίες γύρω από τη φωτιά: εναλλακτικές αναγνώσεις του βιβλίου της φύσης και αφηγηματική αιτιολόγηση στα παιδικά βιβλία επιστημονικής φαντασίας	321
<hr/>	
<i>Χρήστος Γρηπιώτης &amp; Κώστας Καμπουράκης</i> Ο Δαρβινισμός στο ιστορικό, κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο της Βικτωριανής Αγγλίας: ένα πρόγραμμα για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης	335
<hr/>	
<i>Michael Young</i> Γιατί υπάρχουν τα σχολεία;	347
<hr/>	



# Πρόλογος

Ειλικρινά, βρίσκω υπέροχη την πρωτοβουλία και ιδιαίτερα ελκυστική την ιδέα, πανεπιστημιακοί και μάχιμοι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας και της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης να προβληματίζονται, να αναζητούν τρόπους, να σχεδιάζουν και να παρουσιάζουν μοντέλα θεωρητικής προσέγγισης και στρατηγικές για τη διδασκαλία στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης. Και βρίσκω υπέροχη κι ελκυστική την πρωτοβουλία και την ιδέα, γιατί: «Οχι μόνο η μητρική γλώσσα και οι άλλες γλώσσες αλλά και οι Φυσικές επιστήμες, τα Μαθηματικά, ακόμη κι η Γυμναστική, είναι γλώσσες απαραίτητες, για να κατανοήσουμε σωστά τον εαυτό μας και να έρθουμε σε επαφή με άλλους ανθρώπους» (Κενζαμπούρο Όε, Νόμπελ Λογοτεχνίας 1994). Οι γλώσσες λοιπόν, με την έννοια της εξοικείωσης με τους διαφορετικούς τρόπους επικοινωνίας, έκφρασης και σύλληψης της πραγματικότητας, κι η Φύση της Επιστήμης είναι εργαλεία απαραίτητα για την κατανόηση της αλληλεπίδρασης των φυσικών επιστημών, των επιστημών γενικά και του ανθρώπου και της κοινωνίας γενικότερα.

Το παρόν βιβλίο επιμελήθηκαν ο καθηγητής του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, Βασίλης Κουλαϊδής και οι εκπαιδευτικοί των Εκπαιδευτηρίων Γείτονα Αλέξανδρος Αποστόλου και Κώστας Καμπουράκης. Κορυφαίοι επιστήμονες από τις Η.Π.Α και την Ευρώπη καταθέτουν την επιστημονική τους άποψη και την εμπειρία τους για τον τρόπο με τον οποίον μπορούν να γίνουν κατανοητά από τους μαθητές βασικά στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης. Είναι πιστεύω ενδιαφέρον να γνωρίσουν και να κατανοήσουν τα παιδιά τον τρόπο με τον οποίον παράγεται νέα επιστημονική γνώση και το πώς αυτή η γνώση παρεμβαίνει στην καθημερινή μας ζωή και επηρεάζει το άτομο, την κοινωνία, τον πολιτισμό μας. Ακολουθώντας τη γραμμή της ιστορίας των επιστημών και των επιστημονικών επιτευγμάτων είναι ενδιαφέρον να κατανοήσουν πώς από τα δύο κονσερβοκούτια κι ένα καλά τεντωμένο σχοινί φτιάσαμε στο κινητό που θα γίνει ένα με τον εαυτό μας ή πλησιάζουμε στη σκεπτόμενη μηχανή που δουλεύει με τα πιο μικρά δομικά στοιχεία του σώματός μας, τα άτομα... Θα μπορέσουν – και πρέπει αυτό να γίνει κατανοητό με την κατάλληλη διδακτική μέθοδο – οι έφηβοι να κατανοήσουν πώς από τα παιδιά που γεννιούνται από μάνα και πατέρα με τη γονιμοποίηση ωαρίου και σπερματοζωαρίου (ένωση ανδρικού και γυναικείου πυρήνα) φτιάσαμε στη δημιουργία τεχνητού αντίγραφου του ατόμου, χωρίς πατέρα ή μητέρα, που ονομάζεται «κλώνος». Ακόμη αξίζει να προσεγγίσουμε και να καταγράψουμε πώς νιώθει και πώς διαμορφώνεται ένας έφηβος ως άτομο, και ως κοινωνικό και πολιτισμικό ον, από τη σε βάθος κατανόηση της φύσης της επιστήμης της Βιολογίας.

Αξίζει να αναζητηθούν απαντήσεις και να γεννηθούν προβληματισμοί από τα αμείλικτα ερωτήματα για το πού οδηγείται η ανθρωπότητα από τη συνεχή πρόοδο και εξέλιξη της επιστήμης. Μέσα από τέτοιες προσεγγίσεις και συστηματικές αναζητήσεις οι έφηβοι θα κατανοήσουν την ενότητα του σύμπαντος κόσμου. Είναι θαυμαστό και προωθητικό να μπορεί να κατανοήσει ο μαθητής ότι η δημιουργία από τον Χάινριχ Ρόρερ του μικροσκοπίου σάρωσης μέσω του κβαντικού φαινομένου σήραγγας δεν αποτελεί μόνο ένα βήμα προόδου της Φυσικής, αλλά ένα βήμα προόδου για τη Βιολογία, την Ιατρική και τη Χημεία, ένα βήμα προόδου για τις κοινωνικές επιστήμες. Πάντως, αυτό το τεράστιο ψηφιδωτό που απεικονίζει τη φύση και τη σχέση των επιστημών, απεικονίζει το επίπεδο και τις γνωσιακές διαδικασίες μέσω των οποίων ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τον εγκέφαλό του. Νιώθω ότι η κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης δεν θα είναι για τα παιδιά μόνο άνοιγμα πολλών παραθύρων για την κατάκτηση του βαθύτερου νοήματος της ζωής αλλά και άνοιγμα για την κατανόηση της οργάνωσης των κοινωνιών μας και της υφής του πολιτισμού μας. Παράλληλα θα είναι και το εφαλτήριο για στοχασμό, για όνειρο, για μύηση στις επιστήμες και για μελλοντική συνεισφορά στην εξελικτική πορεία των επιστημών.

Το μόνο πράγμα που βλέπω πολύ μακριά και φοβάμαι, δεν είναι η κατανόηση της Φύσης των Επιστημών, είναι η δυνατότητα των ανθρώπων να συνδέσουν μεταξύ τους τις επιστήμες κατά τέτοιο τρόπο, που να κατασκευάσουν τεχνητή νοημοσύνη. Κι αυτό όχι γιατί θα κατασκευάσουμε κάτι πιο δυνατό από εμάς, αλλά γιατί δεν θα μπορούμε να το ελέγξουμε.

Πάντα σε μια διδακτική προσέγγιση υπάρχει ο γνωστικός ορίζοντας της αναχώρησης (αφειρησίας) κι αυτός του προορισμού. Το βιβλίο αυτό «προορίζεται» να αναδείξει το λόγο που θα έχουν οι σημερινοί έφηβοι στο μέλλον ως αυριανοί πολίτες και ως θεράποντες των επιστημών.

Συγχαίρω ειλικρινά την ομάδα που εργάστηκε συστηματικά και φιλότιμα για την έκδοση αυτού του βιβλίου.

**Ελευθέριος Γείτονας**

*Γενικός Διευθυντής Εκπαιδευτηρίων Γείτονα*



# Εισαγωγή: Η Φύση των Επιστημών - Διδακτικές Προσεγγίσεις

Βασίλης Κουλαϊδής<sup>1</sup>, Αλέξανδρος Αποστόλου<sup>2</sup>  
& Κώστας Καμπουράκης<sup>2</sup>

*1. Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου*

*2. Εκπαιδευτήρια Γέιτονα*

---

Τα κείμενα που περιέχονται στον παρόντα τόμο φιλοδοξούν να συμβάλλουν με διάφορους τρόπους και από διάφορες κατευθύνσεις στην προσπάθεια διδασκαλίας της «Φύσης της Επιστήμης» (Nature of Science) στην πρωτοβάθμια και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Γενικά με τον όρο «Φύση της Επιστήμης» (ΦτΕ) περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των Φυσικών Επιστημών, καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αυτές οι επιστήμες αλληλεπιδρούν με άλλους κοινωνικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, βασικά στοιχεία της λειτουργίας των Φυσικών Επιστημών αποτελούν οι σχετικές φιλοσοφικές θέσεις (ή προκαταλήψεις) αλλά και πιο ειδικά ζητήματα, όπως ο τρόπος με τον οποίο λαμβάνονται και ερμηνεύονται τα εμπειρικά δεδομένα, οι διαδικασίες με τις οποίες συγκροτούνται, ελέγχονται και εξελίσσονται οι επιστημονικές θεωρίες, ο τρόπος με τον οποίο «αντιπαρατίθενται», μετασχηματίζονται ή καταρρίπτονται οι επιστημονικές θεωρίες, τα στοιχεία που διακρίνουν την επιστήμη από άλλες δραστηριότητες. Παραδείγματα της αλληλεπίδρασης των Φυσικών Επιστημών με την κοινωνία είναι η επίδραση κοινωνικών παραγόντων στη διαμόρφωση των επιστημονικών μεθόδων και θεωριών τόσο με άμεσο όσο και με έμμεσο τρόπο, η επίδραση των αποτελεσμάτων της επιστημονικής δραστηριότητας αλλά και της επιστημονικής κοσμοθεωρίας στις αντιλήψεις των ανθρώπων, στους τρόπους που λαμβάνουν αποφάσεις, στους κοινωνικούς θεσμούς. Από την προηγούμενη θέση γίνεται φανερό ότι η συζήτηση για τη ΦτΕ σχετίζεται άμεσα με τομείς όπως η Φιλοσοφία της Επιστήμης, η Επιστημολογία, η Ιστορία της Επιστήμης και η Κοινωνιολογία της Επιστήμης. Συνήθως μάλιστα, ο όρος «Φύση της Επιστήμης» σχετίζεται άμεσα με τη *διδασκαλία* αυτών των χαρακτηριστικών και έτσι έντονη συμβολή στη διαμόρφωση αυτού του ερευνητικού πεδίου έχουν και οι αντίστοι-

κοι ερευνητικοί τομείς όπως η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η Κοινωνιολογία της Εκπαίδευσης.

Τα τελευταία 25 χρόνια αυξάνεται συνεχώς το ενδιαφέρον για τη διδασκαλία στοιχείων της ΦτΕ στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (π.χ. OECD 2007, NRC 1996, McComas & Olson 1998). Η διδασκαλία αυτή θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμη για αρκετούς λόγους. Μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε αυτούς τους λόγους σε πέντε διαστάσεις, ακολουθώντας σε μεγάλο βαθμό τις σκέψεις των Driver et al. (1996):

- Δημοκρατική διάσταση: συμβολή στην ικανότητα των πολιτών για συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων που σχετίζονται με επιστημονικά ζητήματα. Ανάπτυξη του προβληματισμού για το ρόλο των επιστημών και της τεχνολογίας στην εξέλιξη των σύγχρονων κοινωνιών και των θεσμών τους.
- Πολιτισμική διάσταση: κατανόηση του επιστημονικού εγχειρήματος ως κεντρικού χαρακτηριστικού του σύγχρονου πολιτισμού.
- Ηθική διάσταση: κατανόηση των ηθικών αρχών που ακολουθεί η επιστημονική κοινότητα και δυνατότητα κριτικής τους.
- Μαθησιακή διάσταση: διευκόλυνση στην κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών και ανάπτυξη των κινήτρων για ενασχόληση με τις Φυσικές Επιστήμες.
- Διαδικαστική διάσταση: κατανόηση διαδικασιών που σχετίζονται με την επιστήμη και την τεχνολογία.

Παρά τη σημασία που φαίνεται να έχει η διδασκαλία της ΦτΕ, τα αποτελέσματα αυτής της προσπάθειας δεν φαίνεται να είναι προς το παρόν ιδιαίτερα ικανοποιητικά: οι μαθητές και οι μαθήτριες μάλλον δεν γνωρίζουν ή δεν κατανοούν τα σχετικά ζητήματα. Αυτό φαίνεται και από την πρόσφατη δημοσίευση των αποτελεσμάτων της έρευνας PISA 2006 (π.χ. σελ.71 κ.εξ.), πολλοί εκπαιδευτικοί διορίζουν να διδάξουν σχετικά ζητήματα, τα εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών συνήθως δεν βοηθούν ιδιαίτερα στη διδασκαλία αυτών των θεμάτων, τα προγράμματα σπουδών σε κάποιες περιπτώσεις παρανοούν ή παραμελούν τα σχετικά ζητήματα (π.χ. Hirkins et al. 2005).

Σχετικά τώρα με την κατεύθυνση στην οποία θα πρέπει να κινηθούμε αν θέλουμε να συμβάλλουμε στην επιτυχή διδασκαλία της ΦτΕ, μπορούμε να κάνουμε τις ακόλουθες παρατηρήσεις. Κατ' αρχήν χρειάζεται να αποσαφηνιστούν τα στοιχεία της ΦτΕ για τα οποία υπάρχει η ευρύτερη δυνατή συναίνεση στους ειδικούς τόσο ως προς τη χρησιμότητα όσο και ως προς τη δυνατότητα να διδαχθούν στους μαθητές. Αν οι προηγούμενες σκέψεις μας ευσταθούν, τα ζητήματα αυτά περιγράφονται γενικά από τις πέντε διαστάσεις που προαναφέραμε. Σε αυτή την κατεύθυνση αρχίζει ήδη να διαφαίνεται κάποια συναίνεση για ορισμένα τουλάχιστον από τα στοιχεία της ΦτΕ που θα πρέπει να περιλαμβάνονται στην αντίστοιχη διδασκαλία (π.χ. McComas, 2008). Για το περιεχόμενο τώρα αρκετών ζητημάτων που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία, διαφαίνεται συναίνεση ενώ για αρκετά άλλα οι ανυλήψεις των ερευνητών αποκλίνουν (π.χ. Jenkins 1996, Rudolph 2000). Αρκετές από αυτές τις διαφορές δεν φαίνεται να αφορούν τους μαθητές. Άλλες όμως έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Κατά τη διδασκαλία της ΦτΕ έχει μεγάλη σημασία να αναδειχθούν όχι μόνο τα σημεία για τα οποία υπάρχει σχετική συμφωνία αλλά και τα σημεία εκείνα στα

οποία συναντιόνται και συγκρούονται διαφορετικές απόψεις. Η διδασκαλία της ΦτΕ δεν πρέπει να μετατραπεί σε κατάρτιση ή σε προσπλυτισμό των μαθητών στις δθήθεν σωστές ή χρήσιμες αντιλήψεις. Μας ενδιαφέρει να γνωρίσουν οι μαθητές τα βασικά ζητήματα που σχετίζονται με τη ΦτΕ. Να γνωρίσουν τα ζητήματα για τα οποία υπάρχουν αντιλήψεις που συγκεντρώνουν ευρεία συναίνεση κάνοντας φανερό ότι αυτές οι αντιλήψεις, ενώ είναι καλά επεξεργασμένες, δεν είναι ούτε οι μοναδικές ούτε αναλλοίωτες μέσα στο χρόνο. Οσοίσο θα πρέπει να γνωρίσουν και βασικά ζητήματα για τα οποία υπάρχουν διαφορετικές αλληλοσυγκρουόμενες αντιλήψεις.

Θα πρέπει επίσης να προσδιοριστούν οι στρατηγικές ένταξης αυτών των ζητημάτων στα προγράμματα σπουδών και να δοθούν αντίστοιχες γενικές κατευθύνσεις για τη συγγραφή των σχολικών εγχειριδίων. Σε αυτή την κατεύθυνση έχουν γίνει αρκετές εργασίες, πολλές από τις οποίες περιλαμβάνονται σε αυτόν τον τόμο και περιγράφονται στη συνέχεια.

Ίσως όμως το πιο κρίσιμο ζήτημα είναι η υποστήριξη των εκπαιδευτικών για να μπόρουν να εντάξουν αυτά τα ζητήματα στη διδασκαλία τους με αποτελεσματικό τρόπο. Θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί να πειστούν όχι μόνο για τη χρησιμότητα και την αναγκαιότητα αυτής της διδασκαλίας αλλά και για τη *δυνατότητα* να πραγματοποιηθεί. Απαιτείται επομένως να υπάρχει το αναγκαίο εκπαιδευτικό υλικό και να είναι εύκολη η πρόσβαση σε αυτό, η κατάλληλη επιμόρφωση και γενικότερα υποστήριξη καθώς και η ύπαρξη του απαιτούμενου διδακτικού χρόνου. Θα πρέπει επίσης να πειστούν οι εκπαιδευτικοί για την ικανότητά τους να διδάξουν τα αντίστοιχα θέματα, θα πρέπει να αποκτήσουν την *αυτοπεποίθηση* ότι έχουν τη δυνατότητα να διδάξουν στοιχεία της ΦτΕ. Θα μπορούσαμε να πούμε με άλλους όρους ότι είναι απαραίτητη η ανάπτυξη και σε αυτό τον τομέα της «Γνώσης Παιδαγωγικού Περιεχομένου» (Pedagogical Content Knowledge) για τα σχετικά ζητήματα (Hirkins et al. 2005). Η ενημέρωση των εκπαιδευτικών για εκπαιδευτικά προγράμματα που έχουν ήδη εφαρμοστεί και έχουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα καθώς και για στρατηγικές διδασκαλίας που έχουν ακολουθήσει συναδελφοί τους, νομίζουμε ότι μπορεί να βοηθήσει σε αυτή την κατεύθυνση. Τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν θα πρέπει να επηρεάσουν με τη σειρά τους όχι μόνο την κατάρτιση των προγραμμάτων σπουδών αλλά και τα προγράμματα κατάρτισης των εκπαιδευτικών καθώς και το πλαίσιο συγγραφής των σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών. Η ένταξη αυτών των στοιχείων στα σχολικά βιβλία και η υποστήριξη των εκπαιδευτικών στο σχεδιασμό των αντίστοιχων μαθημάτων θα διευκολύνει κατά πολύ τη διδασκαλία τους.

Στο πλαίσιο αυτό μπορούν να συμβάλλουν τα κείμενα που περιέχονται στον παρόντα τόμο, τα οποία έχουν οργανωθεί σε δύο ενότητες. Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει εργασίες που αποσαφηνίζουν με πιο άμεσο ή έμμεσο τρόπο γενικότερα ζητήματα, όπως τη δυνατότητα, την αναγκαιότητα και τη σημασία ένταξης ζητημάτων της ΦτΕ στη σχολική εκπαίδευση και τα προγράμματα σπουδών, τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών που σχετίζονται με τη ΦτΕ καθώς και στρατηγικές και μεθόδους επιμόρφωσης και γενικότερα υποστήριξης των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία ζητημάτων που αφορούν στη ΦτΕ. Τέλος, αναφέρονται στο διδακτικό υλικό, αναδεικνύουν ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά του και προτείνουν κατευθύνσεις για την παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού κατάλληλου για τη διδασκαλία της ΦτΕ.

Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνονται δώδεκα κείμενα, τα οποία περιγράφονται σύντομα στη συνέχεια:

1. Ο William McComas στο κεφάλαιο με τίτλο «Τα κυριότερα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης: καταρρίπτοντας τους μύθους» περιγράφει μια σειρά από εσφαλμένες ανιλήψεις για τη Φύση της Επιστήμης οι οποίες είναι αρκετά διαδεδομένες τόσο σε σχολικά βιβλία όσο και σε πρακτικές διδασκαλίας. Υποστηρίζει ότι οι ανιλήψεις αυτές οφείλονται στην έλλειψη εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών σε ζητήματα φιλοσοφίας της επιστήμης, στη συμμετοχή των μαθητών σε τυποποιημένες επιστημονικές δραστηριότητες υπό ιδανικές συνθήκες αλλά και στη διδασκαλία εννοιών, ιδεών και παραδειγμάτων χωρίς έλεγχο της εγκυρότητάς τους. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι μαθητές αποκτούν μια πλάσματική εικόνα για τον τρόπο που λειτουργεί η επιστήμη.
2. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Επιστημολογική επάρκεια: μια θεμελιώδης συνιστώσα των μαθησιακών επιδιώξεων στις Φυσικές Επιστήμες» οι Κώστας Κωνσταντίνου & Νίκος Παπαδούρης διαπιστώνουν ότι στα αναλυτικά προγράμματα δίνεται προτεραιότητα στο επιστημονικό περιεχόμενο έναντι της Φύσης της Επιστήμης, γιατί θεωρείται είτε ότι η επιστημολογική επάρκεια αναπτύσσεται αυθόρμητα μέσα από τη διδασκαλία, είτε ότι μπορεί να αναπτυχθεί αργότερα μετά την κατανόηση του περιεχομένου. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι οι αντίστοιχες εμπειρικές μελέτες καταρρίπτουν και τις δυο θεωρήσεις και αναδεικνύουν την ανάγκη συμπερίληψης της διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης στα αναλυτικά προγράμματα, ενώ παρέχουν και συγκεκριμένες διδακτικές προτάσεις.
3. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Φυσικές Επιστήμες για τον Πολίτη: Από την απόκρυψη στην αποκάλυψη της κειμενικότητας του εκπαιδευτικού υλικού στο Σχολείο» ο Κώστας Δημόπουλος παρουσιάζει και προτείνει μια σειρά από κειμενικά είδη και τεχνικές που ενισχύουν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για τον Πολίτη. Μέσω αυτών των τεχνικών μετατρέπεται το εκπαιδευτικό υλικό σε πολυφωνικό και λιγότερο αυτο-αναφορικό, και άρα σε υλικό, το οποίο αποκαλύπτοντας την κειμενικότητά του (τον κατασκευασμένο χαρακτήρα του), επιτρέπει στο μαθητή-αναγνώστη μια πιο αναστοχαστική προσέγγιση των όρων της διαδικασίας διαμόρφωσης και κατασκευής της φυσικο-επιστημονικής γνώσης.
4. Ο William McComas στο κεφάλαιο με τίτλο «Η Φύση της Επιστήμης όπως παρουσιάζεται σε σχετικά βιβλία για το ευρύ κοινό: Μαθήματα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών» αναλύει οκτώ γνωστά βιβλία που αναφέρονται στην επιστημονική γνώση και απευθύνονται στο ευρύ κοινό. Ο βασικός του στόχος είναι να μελετήσει ποιες ιδέες σχετιζόμενες με τη ΦιΕ περιέχονται σε αυτά τα βιβλία και έτσι να μπορέσει να διακρίνει και μέσω αυτής της μεθόδου τις ιδέες της ΦιΕ που είναι απαραίτητο να

διδασθούν στους μαθητές. Δευτερευόντως, μέσω αυτής της μελέτης αναδεικνύονται τα ισχυρά και τα αδύνατα σημεία των βιβλίων αυτών στη διαπραγμάτευση των ζητημάτων της ΦτΕ.

5. Οι Αλέξανδρος Αποστόλου και Βασίλης Κουλαϊδής στο κεφάλαιο με τίτλο «Συσχετίσεις ανάμεσα σε φιλοσοφικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών» παρουσιάζουν τα αποτελέσματα μιας εμπειρικής έρευνας κατά την οποία μελέτησαν ορισμένες φιλοσοφικές αντιλήψεις εκπαιδευτικών και αναζήτησαν τις συσχετίσεις τους με τις παιδαγωγικές τους αντιλήψεις. Ορισμένες φιλοσοφικές αντιλήψεις φαίνεται να συσχετίζονται με συγκεκριμένες παιδαγωγικές αντιλήψεις. Επομένως ένας μετασχηματισμός φιλοσοφικών αντιλήψεων φαίνεται ότι αναγκαία οδηγεί και στο μετασχηματισμό παιδαγωγικών αντιλήψεων (ή και το αντίστροφο).
6. Οι Παναγιώτης Κόκκοτας και Παναγιώτης Πήλιουρας στο κεφάλαιο με τίτλο «Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη Φύση της Επιστήμης: Η εμπειρία από τα ευρωπαϊκά προγράμματα 'STeT' και 'The MAP prOject'» διαπιστώνουν την αναγκαιότητα ρητής διδασκαλίας της φύσης των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, όπως προκύπτει από αντίστοιχες εμπειρικές έρευνες. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν υλικό από ορισμένα ευρωπαϊκά προγράμματα τα οποία έχουν ως μια σημαντική διάστασή τους τη σταδιακή εξοικείωση των επιμορφούμενων εκπαιδευτικών με σύγχρονες απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.
7. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Η ανάλυση των δασκαλομαθητικών διαλόγων στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών ως αναστοχαστικό εργαλείο για τον εντοπισμό των συνοδευτικών νοημάτων που 'επικοινωνούνται' για τη φύση των Φυσικών Επιστημών» οι Παναγιώτης Πήλιουρας και Παναγιώτης Κόκκοτας παρουσιάζουν μια πρότασή που αφορά τη χρήση και την αξιοποίηση μιας ρητής στρατηγικής για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σχευικά με τη Φύση της Επιστήμης, την ανάλυση λόγου από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς.
8. Η Κατερίνα Πλακίτου στο κεφάλαιο με τίτλο «Η Φύση της Επιστήμης ως οριζόντιος άξονας στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες» πραγματεύεται το ζήτημα της καθιέρωσης της Φύσης της Επιστήμης ως οριζόντιου άξονα στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών. Αρχικά μελετάται η αξία της διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες στη βασική εκπαίδευση. Στη συνέχεια περιγράφονται ερευνητικές δραστηριότητες, όπου μελετάται η διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης σε προπτυχιακά, επιμορφωτικά, εξ αποστάσεως και δια βίου μάθησης εκπαιδευτικά προγράμματα.
9. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Γνώσεις και πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την εξήγηση στην επιστήμη και τη διδασκαλία της» ο

Ιωάννης Βλάχος παρουσιάζει τις απόψεις και τις πρακτικές των εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εξήγηση στην επιστήμη. Ο συγγραφέας παρουσιάζει ένα πλαίσιο ταξινόμησης των πρακτικών που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία και καταλήγει σε συμπεράσματα σχετικά με τις επιπτώσεις των πρακτικών αυτών για την εκπαίδευση.

10. Ο Κώστας Καμπουράκης στο κεφάλαιο με τίτλο «Εξηγητικός πλουραλισμός: ένα βασικό χαρακτηριστικό της Φύσης της Επιστήμης» υποστηρίζει ότι η επιστήμη χαρακτηρίζεται από ένα είδος πλουραλισμού στις εξηγήσεις που δίνει για τα φαινόμενα της φύσης. Ο πλουραλισμός αυτός προκύπτει από τις λογικές διαδικασίες που εφαρμόζουν οι φιλόσοφοι της επιστήμης για να περιγράψουν τον τρόπο με τον οποίο η επιστήμη παρέχει εξηγήσεις. Χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα την εξελικτική βιολογία καταλήγει ότι ο πλουραλισμός αυτός αναδεικνύει το δυναμικό και πληθωρικό χαρακτήρα της επιστήμης.
11. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Οι απόψεις του F. Hallwachs για τη φύση της εξήγησης στη φυσική και οι συνέπειές τους για τη σχολική εκδοχή της», ο Δημήτρης Κολιόπουλος παρουσιάζει τις απόψεις του F. Hallwachs για την αιτιακή εξήγηση στη φυσική. Σχολιάζονται από αυτή τη σκοπιά οι έρευνες για τις αντιλήψεις των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα και συζητούνται οι επιπτώσεις τους στο σχεδιασμό της διδασκαλίας της φυσικής στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Ο συγγραφέας υποστηρίζει ότι οι απόψεις αυτές έχουν ιδιαίτερη σημασία για το σχεδιασμό και την αξιολόγηση προγραμμάτων φυσικής καθώς και για την αξιολόγηση των μαθητών στα σχευικά μαθήματα.
12. Ο Αθανάσιος Τζιμογιάννης στο κεφάλαιο με τίτλο «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών ως εργαλείο ανάπτυξης της 'επιστημονικής σκέψης': προκλήσεις και δυνατότητες για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών» μελετά το παιδαγωγικό πλαίσιο εφαρμογής των ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ ως εργαλείο ανάπτυξης της επιστημονικής σκέψης. Αναλύει σε αυτή την κατεύθυνση τις βασικές παιδαγωγικές αρχές, τις μεθόδους και τις προσεγγίσεις σχεδιασμού μαθησιακών δραστηριοτήτων βασισμένων στις ΤΠΕ και τέλος παρουσιάζει μια σειρά από εργαλεία και από αντίστοιχα παραδείγματα εφαρμογής τέτοιων δραστηριοτήτων στη διδακτική πράξη.

Η δεύτερη ενότητα κειμένων που περιέχονται στο βιβλίο περιλαμβάνει εργασίες στις οποίες παρουσιάζονται συγκεκριμένα εκπαιδευτικά προγράμματα για τη διδασκαλία της ΦτΕ στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, πολλά από τα οποία αποτελούν συμβολές εκπαιδευτικών που εργάζονται στην πρωτοβάθμια ή τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Νομίζουμε ότι αυτά τα κείμενα μπορούν να συμβάλλουν ιδιαίτερα τόσο στην ανάπτυξη της «Γνώσης Παιδαγωγικού Περιεχομένου» των εκπαιδευτικών όσο και στην

ενίσχυση της αυτοπεποίθησής τους για τη διδασκαλία τέτοιων θεμάτων. Στην ενότητα αυτή περιλαμβάνονται δέκα κείμενα, τα οποία περιγράφονται σύντομα στη συνέχεια:

1. Στο κεφάλαιο «Ιδέες - κλειδιά για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης» ο William McComas παρουσιάζει και αναλύει εννέα κεντρικές ιδέες, οι οποίες μπορούν να ληφθούν υπόψη στη συγκρότηση των προγραμμάτων σπουδών των Φυσικών Επιστημών. Ο προσδιορισμός αυτών των ιδεών έχει προκύψει μέσα από πολλές σχετικές μελέτες. Μια διδασκαλία επικεντρωμένη σε αυτές τις ιδέες θα δώσει την ευκαιρία στους μαθητές να γνωρίσουν εκείνα τα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης που γενικά κρίνονται απαραίτητα και κατάλληλα για την πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.
2. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Η αντιπαράθεση ανάμεσα στον Rouchet και τον Pasteur για την αυτόματη γένεση: κατασκευή ενός διδακτικού γεγονότος με βάση ένα ιστορικό γεγονός» η Mercè Izquierdo χρησιμοποιεί μια επιστημονική αντιπαράθεση ανάμεσα στον Rouchet και τον Pasteur για να προσφέρει στους σπουδαστές δυνατότητες να αναθεωρήσουν τις αντιλήψεις τους για τον τρόπο που λειτουργούν οι φυσικές επιστήμες και για να κατανοήσουν τη διαδικασία μέσω της οποίας οι ίδιοι κατακτούν γνώση μέσω πειραματισμού, διαλόγου και κοινωνικής διαπραγμάτευσης. Στην εργασία αναλύονται οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για να παρουσιαστεί ένα ιστορικό γεγονός με διδακτικούς σκοπούς.
3. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Ενωματώνοντας την ιστορία στα μαθήματα των φυσικών επιστημών» οι David Rudge & Eric Howe παρουσιάζουν μια διδακτική παρέμβαση σχετικά με τη δρεπανοκυτταρική αναιμία ως παράδειγμα ένταξης ιστορικού υλικού στη διδασκαλία. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι υπάρχουν συγκεκριμένα στάδια στη διαδικασία ένταξης του ιστορικού υποστηρικτικού υλικού τα οποία και αναλύουν. Χρησιμοποιώντας το παράδειγμα της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας οι συγγραφείς παρουσιάζουν ρητά τα στάδια αυτά και καταλήγουν σε πρακτικά συμπεράσματα για τη χρήση της ιστορίας της επιστήμης κατά τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης.
4. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Η 'μάχη για το ηλεκτρόνιο': Η διαμάχη των Millikan-Ehrenhaft και η χρήση της για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης» η Ελένη Παρασκευοπούλου και ο Δημήτρης Κολιόπουλος παρουσιάζουν μια ιστορική διαμάχη γύρω από την ατομική ή συνεχή φύση του ηλεκτρικού φορτίου. Στη συνέχεια παρουσιάζουν τα στοιχεία της ΦτΕ που μπορούν να διδαχθούν σε μαθητές Λυκείου μέσω αυτής της διαμάχης και κάνουν μία σειρά από προτάσεις για τις γενικές στρατηγικές διδασκαλίας που μπορούν να ακολουθηθούν.
5. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Η Φύση της Επιστήμης: πάντοτε στον περίγυρο της επιστήμης» οι Michael Clough & Joanne Olson περιγράφουν συγκεκριμένες στρα-

τιγικές, οι οποίες επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς να παρουσιάσουν μια ακριβή εικόνα της Φύσης της Επιστήμης. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης είναι αναπόφευκτη γιατί συνδέεται άμεσα με την ίδια την επιστήμη αλλά και ότι αυτή η διδασκαλία μπορεί να πραγματοποιηθεί σωστά από τους εκπαιδευτικούς.

6. Στο κεφάλαιο «Η ανάπτυξη ενός προγράμματος διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης στο πλαίσιο της Βιοτεχνολογίας» οι Δημήτρης Νοταράς, Αλέξανδρος Αποστόλου, Σταύρος Γιαλούμης, Κώστας Καμπουράκης, Χρήστος Κουβάτσος και Χρήστος Τσαρτσαράκος παρουσιάζουν τις διαδικασίες ανάπτυξης ενός προγράμματος διδασκαλίας στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης με άμεσο και με έμμεσο τρόπο μέσω μιας σειράς δραστηριοτήτων Βιοτεχνολογίας. Περιγράφονται και αναλύονται οι δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν τόσο για την άμεση όσο και για την έμμεση διδασκαλία της ΦιΕ.
7. Ο Βασίλης Ζαμπετάκης στο κεφάλαιο «Η συνειδητοποίηση, μέσα από ανοικτού τύπου διευρευντικές δραστηριότητες, του ρόλου της δημιουργικότητας στην επιστήμη» παρουσιάζει δύο προτάσεις για τη διδασκαλία του ρόλου της δημιουργικότητας στις Φυσικές Επιστήμες. Οι προτάσεις αυτές εφαρμόστηκαν σε μαθητές του Διεθνούς Απολυτηρίου (15-17 χρονών). Οι παρεμβάσεις του εκπαιδευτικού και η ομαδική εργασία μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά στην ανάδειξη της δημιουργικότητας των μαθητών ακόμη και στην περιοχή των θεωρητικών επιστημονικών προβλημάτων.
8. Στο κεφάλαιο με τίτλο «Διαβάζοντας το Φυσικής Απάνθισμα με μαθητές Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού» η Βίκυ Σιγούντου παρουσιάζει ένα πρόγραμμα μαθημάτων σχετικά με το έργο του Ρήγα Βελεστινλή «Φυσικής Απάνθισμα» για μαθητές Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού, με στόχο τη δημιουργία ενός πεδίου συνεργασίας ανάμεσα σε αυτοτελείς επιστημονικούς κλάδους. Περιγράφει τις διδακτικές επιλογές που έγιναν ώστε να διαχειριστούν οι μαθητές ερωτήματα σχετικά με τη Φύση της Επιστήμης και να επιτευχθεί η αναπλαισίωση του περιεχόμενου, ώστε τελικά να διαμορφωθεί ένα εναλλακτικό πλαίσιο διδασκαλίας με αναφορές στην Ιστορία της Επιστήμης για επιλεγμένα γνωστικά αντικείμενα.
9. Η Πόλυ Χατζημανωλάκη στο κεφάλαιο με τίτλο «Διαστημικές ιστορίες γύρω από τη φωτιά: εναλλακτικές αναγνώσεις του βιβλίου της φύσης και αφηγηματική αιτιολόγηση στα παιδικά βιβλία επιστημονικής φαντασίας» υποστηρίζει ότι τα βιβλία επιστημονικής φαντασίας αφενός μπορεί να κινήσουν το ενδιαφέρον και να διευρύνουν τη σκέψη των αναγνωστών για την επιστήμη, αφετέρου συμβάλλουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η αφηγηματική αιτιολόγηση. Αναλύει και συγκρίνει κάτω από αυτή την οπτική τρία παιδικά βιβλία επιστημονικής φαντασίας.



10. Οι Χρήστος Γρηπιώτης και Κώστας Καμπουράκης στο κεφάλαιο με τίτλο «Ο Δαρβινισμός στο ιστορικό, κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο της Βικτωριανής Αγγλίας: ένα πρόγραμμα για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης» παρουσιάζουν ένα πρόγραμμα διδασκαλίας το οποίο είχε ως στόχο να κατανοήσουν οι μαθητές τις ιστορικές, πολιτιστικές και κοινωνικές επιρροές στις πρακτικές και στις κατευθύνσεις της επιστήμης. Παρουσιάστηκαν διαλέξεις σχετικά με τα χαρακτηριστικά της Βικτωριανής κοινωνίας, τις απόψεις των διανοητών που επηρέασαν το Δαρβίνο, πτυχές της προσωπικής και κοινωνικής ζωής του, τη σχέση μεταξύ θρησκείας και επιστήμης και τη σχέση μεταξύ επιστήμης και λογοτεχνίας.

Το τελευταίο κεφάλαιο θέτει μια σειρά από γενικότερα ζητήματα γύρω από το ρόλο του σχολείου και τις αρχές κατασκευής των προγραμμάτων σπουδών. Ο Michael Young στο κείμενό του με τίτλο «Γιατί υπάρχουν τα σχολεία» συζητά το ζήτημα της σημασίας των σχολείων από τη σκοπιά της ιδιαιτερότητας της γνώσης που μεταδίδουν. Θεωρεί ότι τα σχολεία δικαιολογούν την ύπαρξή τους κυρίως ως μηχανισμοί μετάδοσης γνώσης και θεωρεί ότι θα πρέπει να μεταδίδουν τη γνώση που ονομάζει «ισχυρή». Κάτι τέτοιο αναμένεται να δώσει ευκαιρίες κοινωνικής ανόδου σε περισσότερες ομάδες μαθητών. Σε αυτό το πλαίσιο προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά της γνώσης και τους μετασχηματισμούς που υφίσταται ώστε να μπορεί να ενταχθεί στο πρόγραμμα σπουδών.

Από τη σύντομη αναφορά που προηγήθηκε στα κείμενα που περιλαμβάνονται στο βιβλίο, θεωρούμε ότι αιτιολογείται η φιλοδοξία που εκφράστηκε στην αρχή αυτής της εισαγωγής. Το εύρος των ζητημάτων που διαπραγματεύονται καθώς και το υψηλό ακαδημαϊκό τους επίπεδο νομίζουμε ότι μπορεί να συμβάλλει στην προσπάθεια διδασκαλίας ζητημάτων που σχετίζονται με τη «Φύση της Επιστήμης». Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα από τα κείμενα που περιλαμβάνονται στο βιβλίο αποτέλεσαν τη βάση εισηγήσεων που παρουσιάστηκαν στο συνέδριο «Προσεγγίσεις στη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης» το οποίο διοργανώθηκε από τα Εκπαιδευτήρια Γείτονα στις 14-16 Μαρτίου 2008. Η Εκτελεστική Γραμματεία του συνεδρίου αποτελούνταν από τον καθηγητή του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου Βασίλη Κουλαϊδί, από τον επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Πατρών Δημήτρη Κολιόπουλο και από τον Καθηγητή του Πανεπιστημίου του Arkansas William F. McComas. Η οργανωτική επιτροπή του συνεδρίου αποτελούνταν από τους εκπαιδευτικούς του τμήματος Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας των Εκπαιδευτηρίων Γείτονα Αλέξανδρο Αποστόλου, Μυρτώ Αργυροπούλου, Σταύρο Γιαλούμη, Κώστα Καμπουράκη, Εύα Κυριαζή, Κώστα Μπίλια, Πωλίνα Νάκου, Δημήτρη Νοταρά, Ελένη Παρασκευοπούλου, Δημήτρη Πολυχρονάκο, Βίκυ Σιγούντου και Χρήστο Τσαρτοαράκο. Χορηγοί του συνεδρίου ήταν η *Τράπεζα Πειραιώς*, η *Aegean Airlines*, η *Διερευνητική Μάθηση* και η *Child Services*.

Τελειώνοντας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Νικόλαο Καζάνη για τη φιλολογική επιμέλεια της εισαγωγής.

## **Βιβλιογραφία**

- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996), *Young people's images of science*, Open University Press.
- Hipkins, R., Barker, M., Bolstad, R. (2005). Teaching the 'nature of science': modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27 (2), 243 – 254.
- Jenkins, E. W. (1996). The 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 28 (2), 137 – 150.
- McComas, W. F. and Olson, J. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers. (pp. 41-52).
- McComas, W. F. (2008). *Ιδέες-κλειδιά για τη διδασκαλία της ΦτΕ*. Στον παρόντα τόμο.
- NRC (1996). *The National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- OECD (2007). *PISA 2006, Science Competencies for Tomorrow's World*, Volume 1 – Analysis. OECD Publications Service.
- Rudolph, L. J. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32 (3), 403 – 419.

# Τα κυριότερα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης: καταρρίπτοντας τους μύθους

**William F. McComas**

*University of Arkansas*

---

## Εισαγωγή

Η εργασία αυτή παρουσιάζει δεκαπέντε βασικά ζητήματα σχετικά με τη φύση της επιστήμης (ΦιΕ) τα οποία αναδεικνύονται από την εμπειρία των εκπαιδευτών των εκπαιδευτικών ως τα πιο προβληματικά. Αυτά τα δεκαπέντε ζητήματα, που εδώ περιγράφονται ως «μύθοι της επιστήμης», δεν αντιπροσωπεύουν όλα τα σημαντικά θέματα τα οποία οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας διδασκαλίας σχετικής με τη φύση της επιστήμης, αλλά μπορούν να χρησιμεύσουν ως εφελκύρια για την αξιολόγηση των υπάρχόντων διδακτικών στόχων ενισχύοντας το σχεδιασμό μελλοντικών αναλυτικών προγραμμάτων.

Οι «μύθοι της επιστήμης» που παρουσιάζονται εδώ περιλαμβάνονται συχνά σε πολλά διδακτικά βιβλία, σε συζητήσεις μέσα στην τάξη και στις ιδέες των ενήλικων Αμερικανών. Οι παρανοήσεις σχετικά με την επιστήμη<sup>1</sup> οφείλονται πιθανότατα στην έλλειψη μαθημάτων φιλοσοφίας της επιστήμης στα προγράμματα εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών καθώς και στην αδυναμία των προγραμμάτων αυτών να τους προσφέρουν εμπειρίες πραγματικής επιστημονικής έρευνας. Μια άλλη αιτία του προβλήματος είναι η γενικώς επιφανειακή αντιμετώπιση της φύσης της επιστήμης στα διδακτικά βιβλία όπου οι εκπαιδευτικοί μπορεί να ανατρέξουν αναζητώντας καθοδήγηση. Ορισμένοι από τους μύθους, όπως η ιδέα ότι υπάρ-

---

<sup>1</sup> Για λόγους απλότητας ο όρος «science» έχει αποδοθεί ως «επιστήμη» και όχι ως «εμπειρική επιστήμη» ή ως «φυσικές επιστήμες» (ΣιΕ)

χει μια επιστημονική μέθοδος, οφείλονται πιθανότατα στην παρουσίαση λανθασμένων ιδεών στα διδακτικά βιβλία ενώ άλλοι, ότι δεν υπάρχει γνώση σχετικά με την κοινωνική διάσταση της επιστημονικής γνώσης, είναι το αποτέλεσμα της έλλειψης αντίστοιχων αναφορών στα κείμενα.

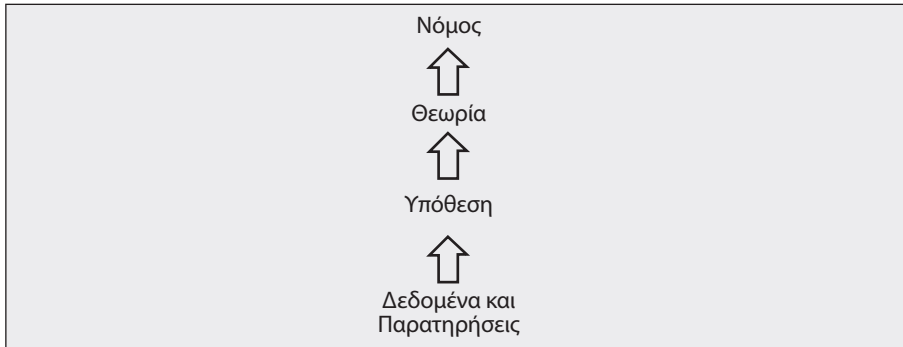
Όπως επισήμωσε ο Steven Jay Gould στο *The Case of the Creeping Fox Terrier Clone* (1988), οι συγγραφείς των επιστημονικών διδακτικών βιβλίων συγκαταλέγονται μεταξύ των πιο γνωστών παραγωγών μύθων και ανακρίβειών. Το «fox terrier» αναφέρεται στην κλασική σύγκριση που έχει χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει το μέγεθος του ιππαρίου, ενός μικρού μεγέθους προγόνου του σύγχρονου αλόγου. Η σύγκριση αυτή είναι ατυχής για δυο λόγους: όχι μόνο το συγκεκριμένο προγονικό είδος του αλόγου ήταν αρκετά μεγαλύτερο από ένα σκυλάκι fox terrier, αλλά επίσης η ράτσα fox terrier είναι στην πραγματικότητα άγνωστη στους Αμερικανούς μαθητές. Η βασική επίκριση του Gould είναι ότι αφότου χρησιμοποιήθηκε αυτή η σύγκριση, κανένας δεν ενδιαφέρθηκε να ελέγξει την εγκυρότητα και τη χρησιμότητα της. Με την πάροδο του χρόνου, κάθε συγγραφέας μετά τον άλλο απλώς επαναλάμβανε αυτή την άστοχη σύγκριση, διατηρώντας μια παράδοση κλωνοποίησης επιστημονικών κειμένων σε αυτό και σε πολλά άλλα θέματα.

Σε μια προσπάθεια παροχής μιας πιο ρεαλιστικής εικόνας της επιστήμης και ανάπτυξης των ζητημάτων εκείνων στα οποία οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να εστιάσουν, η εργασία αυτή παρουσιάζει και αναλύει δεκαπέντε ευρέως διαδεδομένες, αλλά λανθασμένες, ιδέες για τη φύση της επιστήμης. Σε καμία περίπτωση δεν υπονοείται ούτε ότι όλοι οι μαθητές, ή ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί, θεωρούν όλες αυτές τις απόψεις αληθείς, ούτε ότι δεν υπάρχουν άλλες τέτοιες ιδέες. Οι Cole (1986) και Rothman (1992) έχουν προτείνει και άλλες παρανοήσεις που αξίζει να μελετηθούν. Ωστόσο, η εγκυρότητα του καιαλόγου που παρουσιάζεται εδώ έχει τεκμηριωθεί μετά από χρόνια διδασκαλίας και μετά από τη μελέτη αμέτρητων κειμένων.

## **Μύθος 1: Οι υποθέσεις γίνονται θεωρίες που με τη σειρά τους μετατρέπονται σε νόμους**

Ο μύθος αυτός αφορά την γενική πεποίθηση ότι όταν υπάρχουν πολλά στοιχεία υπάρχει μια αναπτυξιακή ακολουθία διαμέσου της οποίας οι επιστημονικές ιδέες οδηγούνται στην πλήρη αποδοχή (εικόνα 1) ως νόμοι. Έτσι υπονοείται ότι οι υποθέσεις και οι θεωρίες είναι λιγότερο ασφαλείς από τους νόμους. Ένας πρώην πρόεδρος των ΗΠΑ εξέφρασε την παρανόηση που είχε για την επιστήμη λέγοντας ότι δεν τον προβλημάτιζε η ιδέα της εξέλιξης γιατί ήταν, κατά τα λεγόμενα του, «απλώς μια θεωρία». Η ατυχής δήλωση του προέδρου είναι η ουσία αυτού του μύθου: μια ιδέα δεν χρίζει προσοχής μέχρι να αποκτήσει ισχύ νόμου.

Οι θεωρίες και οι νόμοι είναι πολύ διαφορετικά είδη γνώσης, ωστόσο η συγκεκριμένη παρανόηση τα παρουσιάζει ως διαφορετικές μορφές της ίδιας γνώσης. Βεβαίως υπάρχει μια σχέση ανάμεσα στους νόμους και στις θεωρίες, αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι το ένα απλώς μετατρέπεται στο άλλο - ανεξάρτητα από το ποσό των εμπειρικών στοιχείων που έχουν συγκε-



Εικόνα 1. Η λανθασμένη ιεραρχική σχέση μεταξύ δεδομένων, υποθέσεων, θεωριών και νόμων.

ντροωθεί. Οι νόμοι είναι γενικεύσεις, αρχές ή πρότυπα στη φύση και οι θεωρίες είναι οι εξηγήσεις αυτών των γενικεύσεων (Rhodes & Schaible, 1989, Horner & Rubba, 1979, Campbell, 1953). Ο Dunbar (1995) αναφέρεται σε αυτή τη διάκριση με έναν πολύ χρήσιμο τρόπο ονομάζοντας τους νόμους «τυποποιημένη επιστήμη» και τις εξηγήσεις «θεωρητική επιστήμη». Ονομάζει τα πολλαπλά παραδείγματα της επιστήμης των πρωτόγονων λαών ως «τυποποιημένη επιστήμη» διότι εκείνοι που εφαρμόζουν τους κανόνες μετά από την παρατήρηση των προτύπων στη φύση, δεν κατανοούν γιατί η φύση λειτουργεί με το συγκεκριμένο τρόπο. Οι κανόνες δουλεύουν και αυτό είναι αρκετό.

Η τυποποιημένη επιστήμη εφαρμόζεται μερικές φορές και σε πιο σύγχρονες συνθήκες. Για παράδειγμα, ο Νεύτων περιέγραψε τη σχέση μεταξύ μάζας και απόστασης στη βαρυτική έλξη μεταξύ των αντικειμένων με τέτοια ακρίβεια ώστε να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον νόμο της βαρύτητας για να σχεδιάσουμε διαστημικά ταξίδια. Κατά τη διάρκεια της αποστολής Apollo 8, ο αστροναύτης Bill Anders απάντησε στην ερώτηση σχετικά με το ποιος πετούσε το διαστημικό σκάφος λέγοντας «νομίζω ότι ο Ισαάκ Νεύτων είναι αυτός που κυρίως οδηγεί τώρα» (Chaikin, 1994, σελ. 127). Με την απάντηση του θεωρήθηκε ότι εννοούσε ότι η άκατος απλώς ακολουθούσε τους βασικούς νόμους της φυσικής όπως περιγράφηκαν από τον Ισαάκ Νεύτωνα αιώνες νωρίτερα.

Το πιο ακανθώδες, και πολλοί θα έλεγαν το πιο ενδιαφέρον, ζήτημα σχετικά με τη βαρύτητα είναι η εξήγηση του γιατί ο νόμος λειτουργεί με τον τρόπο που λειτουργεί. Μέχρι τώρα, δεν υπάρχει κάποια ευρέως αποδεκτή θεωρία για τη βαρύτητα. Ορισμένοι φυσικοί προτείνουν ότι τα βαρυτικά κύματα είναι η σωστή εξήγηση, αλλά ελλείψει σαφούς επιβεβαίωσης και συναίνεσης, οι περισσότεροι θεωρούν ότι η θεωρία της βαρύτητας ακόμα διαφεύγει της επιστήμης. Έχει ενδιαφέρον το γεγονός ότι ο Νεύτων αναφέρθηκε στη διάκριση ανάμεσα στον νόμο και τη θεωρία σε ό,τι αφορά τη βαρύτητα. Παρά το γεγονός ότι είχε ανακαλύψει το νόμο της βαρύτητας, απόφυγε να κάνει εικασίες σχετικά με την αιτία του. Στα *Principia*, ο Νεύτων δηλώνει ότι «... δεν έχω καταφέρει να ανακαλύψω την αιτία αυτών των ιδιοτήτων της βαρύτητας από τα διάφορα φαινόμενα και έτσι δεν διατυπώνω κάποια υπόθεση...», «...είναι αρκετό το ότι η βαρύτητα υπάρχει πραγματικά και ενεργεί με βάση τους νόμους τους οποίους έχουμε εξηγήσει...» (Newton, 1720/1946, σελ. 547).

## Μύθος 2: Οι νόμοι της επιστήμης και οι άλλες παρόμοιες ιδέες είναι απόλυτοι

Αυτός ο μύθος περιλαμβάνει δυο επιμέρους ιδέες. Πρώτον, ακόμα και όταν γίνεται κατανοητό ότι οι νόμοι της επιστήμης είναι εξίσου σημαντικοί με τις θεωρίες, σπάνια οι άνθρωποι συνειδητοποιούν ότι όλη η επιστημονική γνώση είναι προσωρινή, αντιμετωπίζοντας μερικές φορές την «απόδειξη» στην επιστήμη ως ισότιμη με την απόδειξη στα μαθηματικά. Το ζήτημα της προσωρινότητας αποτελεί τμήμα του αυτό-διορθωτικού χαρακτήρα της επιστήμης, κάτι που συχνά αγνοούν όσοι καταλογίζουν σφάλματα στην επιστήμη. Για παράδειγμα, οι δημιουργιστές, κατακρίνουν την επιστήμη επισημαίνοντας την ανακάλυψη διαφόρων δοντιών στη Nebraska κατά τις αρχές του 20ου αιώνα (Gould, 1991). Αρχικά, είχε θεωρηθεί ότι τα δόντια αυτά ανήκαν σε έναν πρωτόγονο άνθρωπο, ωστόσο αργότερα βρέθηκε ότι τελικά προέρχονταν από ένα είδος γουρουνιού που είχε εξαφανιστεί. Οι επιστήμονες έκαναν και την αρχική ταυτοποίηση και την ακόλουθη αναθεώρηση, όμως εκείνοι που ήθελαν να καταλογίσουν σφάλματα στην επιστήμη επισημαίνουν μόνο το λάθος, ενώ σπάνια αναφέρουν την αναπόφευκτη διόρθωση.

Μια άλλη πτυχή αυτού του μύθου προκύπτει από τη συνειδητοποίηση ότι υπάρχουν διάφορα βασικά είδη νόμων: ντετερμινιστικοί και πιθανολογικοί. Παρά το γεγονός ότι και οι δυο τύποι νόμων είναι τόσο παροδικό όσο κάθε άλλο είδος επιστημονικής γνώσης, οι νόμοι των φυσικών επιστημών είναι κυρίως ντετερμινιστικοί, με την έννοια ότι η σύνδεση αιτίας και αποτελέσματος είναι πιο ασφαλής, ενώ οι νόμοι της βιολογίας συνήθως σχετίζονται με έναν πιθανολογικό παράγοντα. Στις επιστήμες της ζωής είναι σύνθετες να διαπιστώνονται περιορισμοί στην εφαρμογή των νόμων. Για παράδειγμα, οι νόμοι της κληρονομικότητας του Mendel εφαρμόζονται μόνο στις περιπτώσεις μονογονιδιακών χαρακτηριστικών με δυο αλληλόμορφα και ούτε καν σε όλες αυτές τις περιπτώσεις. Το ζήτημα αυτό έχει εγείρει ερωτήματα γύρω από το αν υπάρχουν στην πραγματικότητα νόμοι στη βιολογία. Η απάντησή μου θα ήταν ότι υπάρχουν νόμοι στις επιστήμες της ζωής, αλλά οι κανόνες εφαρμογής τους είναι κάπως διακριτοί από εκείνους που εφαρμόζονται στις φυσικές επιστήμες.

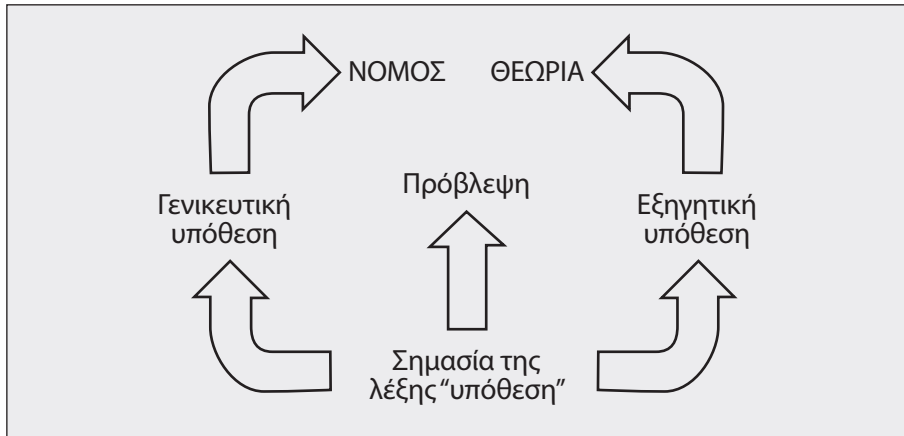
## Μύθος 3: Μια υπόθεση είναι μια βάσιμη εικασία

Ο ορισμός του όρου υπόθεση φαίνεται σαν να επαναλαμβάνεται διαρκώς στις σχολικές τάξεις. Εάν μια υπόθεση είναι πάντοτε μια βάσιμη εικασία όπως συνήθως θεωρούν οι μαθητές, το ερώτημα παραμένει: «μια βάσιμη εικασία για τι;». Η πιο καλή απάντηση στο ερώτημα αυτό θα πρέπει να είναι ότι δεν είναι δυνατόν να αποφανθεί κανείς εάν δεν έχει ξεκάθαρη εικόνα του πλαισίου μέσα στο οποίο χρησιμοποιείται ο όρος.

Ο όρος υπόθεση έχει τουλάχιστον τρεις ορισμούς, και για το λόγο αυτό θα πρέπει να εγκαταλειφθεί και να αντικατασταθεί, ή τουλάχιστον να χρησιμοποιείται με προσοχή. Για παράδειγμα, όταν ο Νεύτων είπε ότι δεν διατύπωσε κάποια υπόθεση για την αιτία της βαρύτητας εννοούσε ότι δεν είχε κάνει κάποια εικασία σχετικά με το γιατί ο νόμος της βαρύτητας

λειτουργεί με το συγκεκριμένο τρόπο. Στην περίπτωση αυτή, ο Νεύτων χρησιμοποίησε τον όρο υπόθεση για να αναφερθεί σε μια πρόδρομη θεωρία.

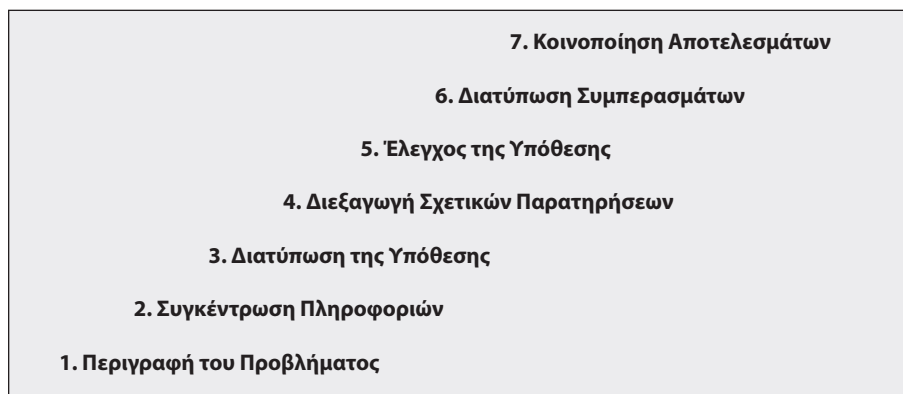
Ως λύση στο πρόβλημα της υπόθεσης, ο Sonleitner (1989) πρότεινε όλες οι γενικευτικές υποθέσεις να ονομαστούν προσωρινοί ή δοκιμαστικοί νόμοι και οι προσωρινές θεωρίες να περιγράφονται ως εξηγητικές υποθέσεις. Μια άλλη προσέγγιση θα ήταν να εγκαταλειφθεί η λέξη υπόθεση προς χάριν άλλων όρων όπως υποθετικοί νόμοι ή υποθετικές θεωρίες. Με τη συγκέντρωση στοιχείων, οι γενικευτικές υποθέσεις μπορεί να γίνουν νόμοι και οι υποθετικές θεωρίες να γίνουν θεωρίες, όμως σε καμία περίπτωση δεν μπορούν οι θεωρίες να γίνουν νόμοι. Τέλος, όταν ζητείται από τους μαθητές να προτείνουν μια υπόθεση κατά τη διάρκεια μιας εργαστηριακής δραστηριότητας, ο όρος αυτός σημαίνει πρόβλεψη. Σε ό,τι αφορά τις υποθέσεις που είναι στην πραγματικότητα προγνώσεις, ίσως θα έπρεπε απλά να ονομάζονται αυτό που ακριβώς είναι: προβλέψεις.



Εικόνα 2 «Γενεαλογικό δέντρο» των υποθέσεων που απεικονίζει τις πολλές έννοιες του όρου.

#### Μύθος 4: Υπάρχει μια γενική και καθολική επιστημονική μέθοδος

Η ιδέα ότι όλοι οι ερευνητές-επιστήμονες ακολουθούν τα ίδια βασικά βήματα πρέπει να συγκαταλέγεται μεταξύ των πλέον διαδεδομένων μύθων της επιστήμης, δεδομένης της εμφάνισής της σε πολλά εισαγωγικά κεφάλαια πολλών προ-κολεγιακών επιστημονικών βιβλίων. Τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου ποικίλουν κάπως από βιβλίο σε βιβλίο αλλά συνήθως περιλαμβάνουν: α) την περιγραφή του προβλήματος, β) τη συγκέντρωση σχετικών πληροφοριών, γ) τη διατύπωση μιας υπόθεσης, δ) τη διεξαγωγή παρατηρήσεων, ε) τον έλεγχο της υπόθεσης και στ) τη διατύπωση συμπερασμάτων. Ορισμένα βιβλία ολοκληρώνουν τον κατάλογο των βημάτων συμπεριλαμβάνοντας τη δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων ως το τελικό βήμα, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 3. Τα βασικά βήματα που σχετίζονται με την αποκαλούμενη επιστημονική μέθοδο.

Η καθολική επιστημονική μέθοδος είναι μια από τις πιο διαδεδομένες «fox terriers» περιπτώσεις της εκπαίδευσης στην επιστήμη. Αυτός ο κατάλογος βημάτων φαίνεται να ξεκίνησε κατά λάθος όταν ο Keeslar (1945a, 1945b) ετοίμασε έναν κατάλογο χαρακτηριστικών σχετικών με την επιστημονική έρευνα όπως η χρήση ελέγχων, η τήρηση ακριβών καταγραφών, η διεξαγωγή προσεκτικών παρατηρήσεων και μετρήσεων. Ο κατάλογος αυτός βελτιώθηκε μετατρέπόμενος σε ερωτηματολόγιο και στάλθηκε σε ερευνητές-επιστήμονες για αξιολόγηση. Τα στοιχεία που αξιολογήθηκαν ως σημαντικά τοποθετήθηκαν σε μια λογική σειρά και αποτέλεσαν μέρος του τελικού καταλόγου των στοιχείων που σχετίζονται με τη διερεύνηση επιστημονικών προβλημάτων. Ο κατάλογος αυτός υιοθετήθηκε πολύ γρήγορα από τους συγγραφείς διδακτικών βιβλίων ως η περιγραφή του τρόπου με τον οποίο γίνεται η επιστήμη. Σύντομα ο κατάλογος περιορίστηκε από δέκα στοιχεία σε αυτά που αναφέρονται παραπάνω, αλλά στα χέρια πολλών γενεών συγγραφέων διδακτικών βιβλίων, ένας απλός κατάλογος ορισμένων χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την επιστημονική έρευνα άναχθηκε σε περιγραφή του τρόπου με τον οποίο δουλεύουν όλοι οι επιστήμονες.

Ένας άλλος λόγος για τη διαδεδομένη αντίληψη ότι υπάρχει μια επιστημονική μέθοδος μπορεί να είναι ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όταν δημοσιεύονται στα ερευνητικά περιοδικά. Το τυποποιημένο ύφος κάνει τους επιστήμονες να φαίνονται σαν να ακολουθούν ένα σταθερό ερευνητικό σχέδιο. Ο Medawar (1963) αντέδρασε στο σύνθετο ύφος που παρουσιάζουν οι ερευνητικές εργασίες αποκαλώντας την επιστημονική εργασία απάτη καθώς η τελική μορφή στο περιοδικό σπάνια περιγράφει τον πραγματικό τρόπο με τον οποίο διερευνήθηκε το αντίστοιχο πρόβλημα.

Όσοι μελετούν τον τρόπο με τον οποίο δουλεύουν οι επιστήμονες έχουν δείξει ότι δεν υπάρχει μια καθολική επιστημονική μέθοδος (Carey, 1994, Gibbs and Lawson, 1992, Chalmers, 1990 και Gjertsen, 1989). Η ιδέα της μιας επιστημονικής μεθόδου είναι τόσο διαδεδομένη που πολλοί μαθητές πρέπει να απογοιτεύονται όταν ανακαλύπτουν ότι οι επιστήμονες δεν έχουν τον κατάλογο των βημάτων της επιστημονικής μεθόδου κορνιζαρισμένο πάνω από τον εργαστηριακό τους πάγκο.



Μια πιο προσεκτική μελέτη θα δείξει ότι οι επιστήμονες προσεγγίζουν και επιλύουν τα προβλήματα με φαντασία, δημιουργικότητα, πρότερη γνώση και καρτερικότητα. Αυτές, βεβαίως, είναι οι ίδιες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από όλους τους αποτελεσματικούς λύτες προβλημάτων. Το δίδαγμα είναι ότι η επιστήμη δεν διαφέρει από τις άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες όταν ερευνώνται αναπάντητα ερωτήματα. Ευτυχώς, αυτός είναι ένας μύθος που μπορεί τελικά να καταρριφθεί καθώς πολλά καινούργια διδακτικά βιβλία εγκαταλείπουν ή διευρύνουν τον κατάλογο μιλώντας για *μεθόδους* της επιστήμης.

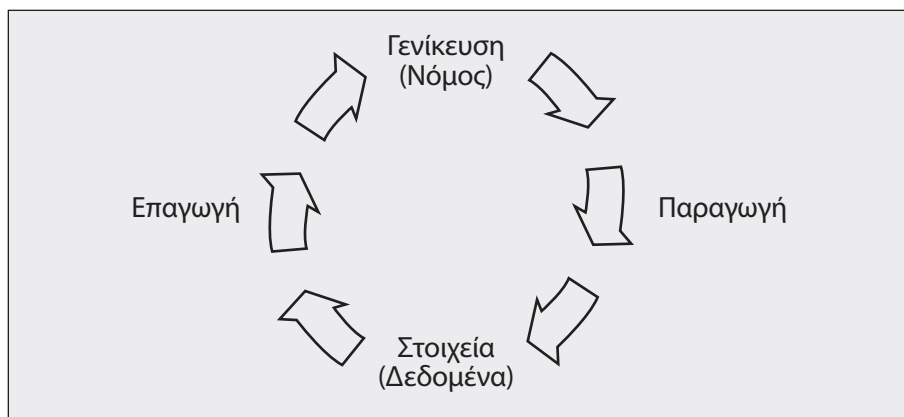
### **Μύθος 5: Τα στοιχεία που συγκεντρώνονται προσεκτικά θα οδηγήσουν σε βέβαιη γνώση**

Όλοι οι ερευνητές, μεταξύ αυτών και οι επιστήμονες, συλλέγουν και ερμηνεύουν εμπειρικά στοιχεία μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται επαγωγή. Αυτή είναι μια μέθοδος κατά την οποία μεμονωμένα στοιχεία συλλέγονται και εξετάζονται μέχρι να ανακαλυφθεί ένας νόμος ή να επινοηθεί μια θεωρία. Όμως, όσο χρήσιμη κι αν είναι αυτή η μέθοδος, ακόμα και ένας μεγάλος όγκος στοιχείων δεν εγγυάται την παραγωγή έγκυρης γνώσης εξαιτίας αυτού που είναι γνωστό ως το πρόβλημα της επαγωγής.

Η επαγωγή περιγράφηκε επίσημα ως μέθοδος από τον Francis Bacon κατά τον 17ο αιώνα. Στο βιβλίο του *Novum Organum* (1620), ο Bacon σύστησε ότι τα δεδομένα θα πρέπει να συνδυάζονται δίχως να υπάρχει προκατάληψη για το συμπέρασμα. Η μέθοδος της επαγωγής που πρότεινε είναι κατά ένα μέρος η βασική οδός μέσω της οποίας οι άνθρωποι παραδοσιακά παρήγαγαν γενικεύσεις που επέτρεπαν προβλέψεις. Η επαγωγή του Bacon, και η σχετική διαδικασία της παραγωγής (ή υποθετικο-παραγωγική μέθοδος) παρουσιάζονται στην εικόνα 3. Χωρίς το δημιουργικό άλμα (που φαίνεται αργότερα στην εικόνα 4), η διαδικασία της επαγωγής του Bacon χαρακτηρίζεται πιο σωστά ως αφελής επαγωγή.

Το πρόβλημα με την επαγωγή είναι ότι είναι αφενός αδύνατο να γίνουν όλες οι παρατηρήσεις που αφορούν μια δεδομένη κατάσταση και αφετέρου παράλογο να εξασφαλιστούν όλα τα σχετικά δεδομένα για όλο το φάσμα του χρόνου, δηλαδή και για το παρελθόν, και για το παρόν και για το μέλλον. Ωστόσο, μόνο πραγματοποιώντας όλες τις σχετικές παρατηρήσεις σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, θα μπορούσε να πει κανείς ότι κατέληξε σε κάποιο τελικό, βέσιμο συμπέρασμα. Σε προσωπικό επίπεδο, το πρόβλημα αυτό δεν έχει πολλές συνέπειες, αλλά στην επιστήμη το πρόβλημα αυτό είναι σημαντικό. Οι επιστήμονες διατυπώνουν νόμους και θεωρίες που υποτίθεται ότι ισχύουν ανεξάρτητα από τον τόπο και από το χρόνο, αλλά το πρόβλημα της επαγωγής καθιστά αδύνατη μια τέτοια εγγύηση. Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο στη βιολογία και σε ένα βαθμό στη γεωλογία. Για παράδειγμα, οι νόμοι της βιολογίας περιορίζονται προς το παρόν στο μοναδικό πλανήτη πάνω στον οποίο έχουν ελεγχθεί. Είναι απίθανο ότι οι κανόνες των επιστημών της ζωής, όπως τους γνωρίζουμε, θα μπορούσαν πράγματι να λειτουργούν σε άλλους πλανήτες όπου έχει εξελιχθεί η ζωή.

Η πρόταση ενός νέου νόμου ξεκινά μέσω της παραγωγής καθώς νέα δεδομένα προστίθενται σε άλλα σχετικά με αυτά. Η παραγωγή χρησιμεύει στον έλεγχο της εγκυρότητας



Εικόνα 4. Μια τυπική παρουσίαση της διαδικασίας παραγωγής γνώσης του Βακόν. Η άποψη του Βακόν (στα αριστερά) για την παραγωγή νέων γενικεύσεων και η παραγωγή, ή υποθετικο-παραγωγική μέθοδος (στα δεξιά) για τον έλεγχο τέτοιων γενικεύσεων. Το διάγραμμα αυτό δεν υπονοεί ότι οι νόμοι παράγουν νέα δεδομένα, αλλά μάλλον ότι ένας έγκυρος νόμος θα επέτρεπε την ακριβή προβλεψη δεδομένων που δεν είναι ακόμα γνωστά.

ενός νόμου. Για παράδειγμα, εάν αξιώσουμε ότι όλοι οι κύκνοι είναι λευκοί, μπορούμε να αξιολογήσουμε το νόμο προβλέποντας ότι ο επόμενος κύκνος που θα βρεθεί θα είναι επίσης λευκός. Εάν είναι, ο νόμος υποστηρίζεται αλλά δεν αποδεικνύεται. Ο εντοπισμός ενός μαύρου κύκνου θα θέσει το νόμο υπό αμφισβήτηση.

Η ίδια η φύση της επαγωγής είναι μια άλλη πλευρά αυτού του μύθου. Εάν αφήσουμε προσωρινά στην άκρη το πρόβλημα της επαγωγής, εξακολουθεί να υπάρχει το ζήτημα του πώς οι επιστήμονες κάνουν το τελικό άλμα από το πλήθος των δεδομένων στο συμπέρασμα. Σε μια ιδανική θεώρηση της επαγωγής, τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί θα οδηγήσουν απλά στη δημιουργία ενός νέου νόμου ή μιας θεωρίας με έναν διαδικαστικό ή αυτόματο τρόπο. Στην πραγματικότητα, δεν υπάρχει τέτοια μέθοδος. Το ζήτημα είναι πιο πολύπλοκο και ενδιαφέρον. Στο τελικό δημιουργικό άλμα από τα στοιχεία στην επιστημονική γνώση εστιάει ένας άλλος μύθος της επιστήμης (βλ. εικόνα 4).

## Μύθος 6: Η επιστήμη και οι μέθοδοί της παρέχουν απόλυτες αποδείξεις

Η γενική επιτυχία της επιστημονικής διαδικασίας δηλώνει ότι τα προϊόντα της θα πρέπει να είναι έγκυρα. Ωστόσο, ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της επιστήμης είναι ότι υπόκειται σε αναθεώρηση όταν προκύπτουν καινούργιες πληροφορίες. Η προσωρινότητα που οδηγεί σε μια έλλειψη δογματισμού είναι ένα από τα σημεία που διαφοροποιεί την επιστήμη από άλλες μορφές γνώσης. Τα συγκεντρωμένα στοιχεία μπορεί να υποστηρίξουν, να τεκμηριώσουν και να αιτιολογήσουν ένα νόμο ή μια θεωρία, αλλά δεν πρόκειται να αποδείξουν ότι αυτοί οι νόμοι και οι θεωρίες είναι αληθείς. Η ιδέα αυτή έχει αναλυθεί επαρκώς από τους

Horner & Rubba (1978) και Lopushinsky (1993).

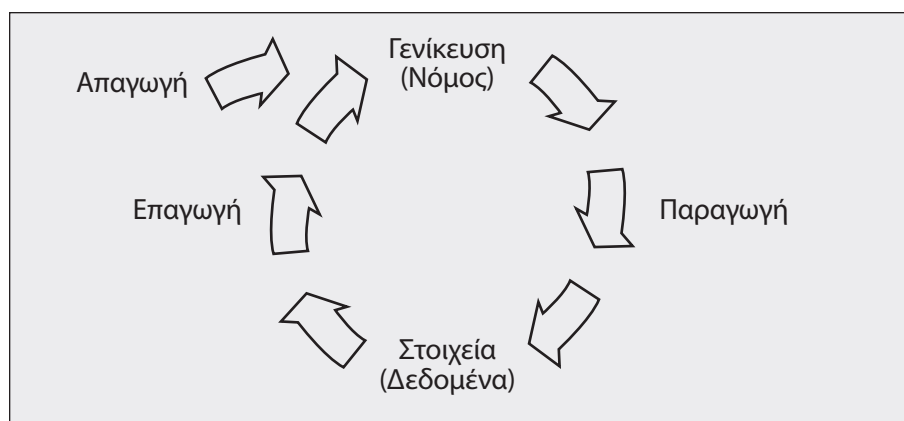
Το πρόβλημα της επαγωγής υποδεικνύει ότι δεν υπάρχει απόδειξη στην επιστήμη, αλλά υπάρχει ένα ακόμα στοιχείο του μύθου που αξίζει να μελετηθεί. Στην πραγματικότητα, η μοναδική πραγματικά βεβαιη γνώση που παράγεται από την επιστήμη προκύπτει όταν μια ιδέα διαψεύδεται. Αυτό σημαίνει ότι ανεξάρτητα από το ποια ιδέα μελετάται, εφόσον αρχίσουν να συγκεντρώνονται στοιχεία που δεν την επιβεβαιώνουν, γνωρίζουμε τουλάχιστον ότι η ιδέα αυτή είναι αναληθής. Σκεφτείτε το παράδειγμα των λευκών κύκνων που συζητήθηκε προηγούμενα. Κάποιος θα μπορούσε να ψάξει σε όλο τον κόσμο και να βρει μόνο λευκούς κύκνους, και να καταλήξει στη γενίκευση ότι «όλοι οι κύκνοι είναι λευκοί». Ωστόσο, η ανακάλυψη ενός μαύρου κύκνου έχει τη δυνατότητα να ανατρέψει, ή τουλάχιστον να τροποποιήσει, τον προτεινόμενο νόμο της φύσης. Η ανεύρεση ενός επιπλέον λευκού κύκνου δεν αποδεικνύει τίποτα, παρά μόνο παρέχει μικρή παρηγοριά ότι η αρχική ιδέα έχει κάποια αξία. Δυο πολύ ενδιαφέροντα ζητήματα είναι εάν οι επιστήμονες προσπαθούν συστηματικά να διαψεύσουν τις ιδέες τους, όπως έχει προταθεί από το φιλόσοφο της επιστήμης Karl Popper και πόσα αντίθετης φύσης στοιχεία χρειάζεται ένας επιστήμονας για να αλλάξει γνώμη (Lakatos, 1972).

## **Μύθος 7: Η επιστήμη είναι περισσότερο διαδικασία παρά δημιουργία**

Εμείς αποδεχόμαστε ότι καμία επιστημονική μέθοδος δεν μπορεί να εγγυηθεί την επιτυχία της επιστήμης, αλλά συνειδητοποιούμε ότι η επαγωγή, η συλλογή και η ερμηνεία μεμονωμένων δεδομένων που παρέχουν τις πρώτες ύλες για τους νόμους και τις θεωρίες, βρίσκεται στα θεμέλια των περισσότερων επιστημονικών διαδικασιών. Η επίγνωση αυτή αποτελεί ένα παράδοξο. Εάν η ίδια η επαγωγή δεν είναι μια εγγυημένη μέθοδος για τη συναγωγή συμπερασμάτων, με ποιον τρόπο οι επιστήμονες διαμορφώνουν χρήσιμους νόμους και θεωρίες; Η επαγωγή βασίζεται σε μεμονωμένα δεδομένα που συλλέγονται, αναλύονται και εξετάζονται. Ορισμένοι παρατηρητές μπορεί να αντιληφθούν ένα πρότυπο στα δεδομένα αυτά και να προτείνουν ένα νόμο, αλλά δεν υπάρχει κάποια λογική ή τυπική διαδικασία με την οποία προτείνεται το πρότυπο. Τα ίδια περίπου ισχύουν και για τη θεωρία. Μόνο η δημιουργικότητα κάθε επιστήμονα επιτρέπει την ανακάλυψη νόμων και την επινόηση θεωριών. Εάν υπήρχε πράγματι μια επιστημονική μέθοδος, δυο άτομα με την ίδια ειδικευση θα μπορούσαν να μελετήσουν τα ίδια δεδομένα και πιθανότατα να κατέληγαν σε πανομοιότυπα συμπεράσματα. Όμως δεν υπάρχει καμία εγγύηση για αυτό, διότι το εύρος, η φύση και η εφαρμογή της δημιουργικότητας είναι προσωπικό γνώρισμα κάθε ατόμου. Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται ο ρόλος της δημιουργικότητας στη διαδικασία παραγωγής γνώσης.

Δυστυχώς, πολλές κοινές προσεγγίσεις και μέθοδοι διδασκαλίας της επιστήμης δεν αναδεικνύουν το δημιουργικό χαρακτήρα της επιστήμης. Η πλειοψηφία των εργαστηριακών ασκήσεων, για παράδειγμα, είναι δραστηριότητες επαλήθευσης. Ο διδάσκων συζητά τη

πρόκειται να συμβεί στο εργαστήριο, ο εργαστηριακός οδηγός παρέχει οδηγίες βήμα προς βήμα και ο μαθητής αναμένεται να καταλήξει σε μια συγκεκριμένη απάντηση. Η προσέγγιση αυτή όχι μόνο είναι αντίθετη με τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη, αλλά επιπλέον δίνει στους μαθητές μια ανιαρή, ψυχρή και αδιάφορη εικόνα της επιστήμης. Στο βιβλίο της του 1990 με τίτλο *They are Not Dumb, They are Different*, η Tobias υποστηρίζει ότι πολλοί ικανοί και έξυπνοι μαθητές απορρίπτουν μια καριέρα στην επιστήμη επειδή δεν τους δίνεται η ευκαιρία να τη δουν ως μια συναρπαστική και δημιουργική ενασχόληση. Το ηθικό δίδαγμα της θέσης της Tobias είναι ότι η επιστήμη μπορεί να πωχεύσει όταν οι μαθητές που νιώθουν την ανάγκη για μια δημιουργική διεξόδο δεν τη θεωρούν μια πιθανή καριέρα εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο διδάσκεται.



Εικόνα 5. Μια πιο ακριβής απεικόνιση της διαδικασίας παραγωγής γνώσης στην επιστήμη. Εδώ το δημιουργικό άλμα (που μερικές φορές καλείται απαγωγή) παρουσιάζεται ως ένα απαραίτητο στοιχείο που οδηγεί από τα στοιχεία στη γενίκευση.

## Μύθος 8: Η επιστήμη και οι μέθοδοι της μπορούν να δώσουν απαντήσεις σε όλα τα ερωτήματα

Οι φιλόσοφοι της επιστήμης έχουν βρει χρήσιμη την αναφορά στο έργο του Karl Popper (1968) και στην αρχή της διαψευσιμότητας για να δώσουν έναν λειτουργικό ορισμό του τι σημαίνει επιστήμη. Ο Popper πρότεινε ότι μόνο οι ιδέες εκείνες που είναι δυναμικά διαψεύσιμες είναι επιστημονικές.

Για παράδειγμα, ο νόμος της βαρύτητας δηλώνει ότι τα αντικείμενα με τη μεγαλύτερη μάζα ασκούν ισχυρότερη βαρυτική έλξη από τα αντικείμενα με μικρότερη μάζα όταν η απόσταση είναι σταθερή. Αυτός είναι ένας επιστημονικός νόμος διότι θα μπορούσε να διαψευσθεί εάν νέο-ανακαλυφθέντα αντικείμενα συμπεριφέρονταν διαφορετικά σε ό,τι αφορά τη βαρυτική έλξη. Αντίθετα, η κεντρική ιδέα μεταξύ των δημιουργιστών είναι ότι τα είδη τοποθετήθηκαν στη γη στη σημερινή τους μορφή από μια υπερφυσική δύναμη. Προφανώς, δεν

υπάρχει κάποια επιστημονική μέθοδος με την οποία θα μπορούσε να δειχθεί ότι μια τέτοια πεποίθηση είναι ψευδής. Εφόσον η άποψη της ειδικής δημιουργίας είναι αδύνατο να διαψευσθεί, δεν είναι επιστημονική και ο όρος «επιστήμη της δημιουργίας» αποτελεί οξύμωρο. Η επιστήμη της δημιουργίας είναι μια θρησκευτική πεποίθηση και ως τέτοια δεν απαιτεί ότι θα πρέπει να μπορεί να διαψευσθεί. Εκατοντάδες χρόνια πριν, προνοητικοί θεολόγοι και επιστήμονες διαχώρισαν τις σφαίρες επιρροής και ειδίκευσής τους και έχουν συνυπάρξει έκτοτε με μικρές αντιπαραθέσεις. Στις μέρες μας, μόνο εκείνοι που δεν κατορθώνουν να κατανοήσουν τη διάκριση μεταξύ επιστήμης και θρησκείας συγχέουν τους κανόνες, τους ρόλους και τους περιορισμούς αυτών των δυο σημαντικών κοσμοθεωριών.

Θα πρέπει να είναι πλέον σαφές ότι ορισμένα ερωτήματα θα πρέπει απλώς να μην τίθενται στους επιστήμονες. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια μιας από τις πρόσφατες δίκες μεταξύ επιστήμης και δημιουργισμού, ζητήθηκε από επιστήμονες τιμημένους με το βραβείο Nobel να υπογράψουν μια δήλωση για τη Φύση της Επιστήμης, προκειμένου να καθοδηγήσουν το δικαστήριο. Εβδομήντα δυο από αυτούς τους διάσημους επιστήμονες έδωσαν μια πχηρή απάντηση προς υποστήριξη αυτής της δήλωσης. Άλλωστε, ήταν όλοι ειδικοί στο πεδίο της επιστήμης (Klayman, Slocombe, Lehman & Kaufman, 1986). Αργότερα, εκείνοι που ενδιαφέρονταν να αναφέρουν τη γνώμη των ειδικών στην αντιπαραθέση γύρω από τις εκτρώσεις, ζήτησαν από τους επιστήμονες να συντάξουν μια δήλωση σχετικά με τα συναίσθηματά για το θέμα. Σοφά σκεπτόμενοι, λίγοι συμμετείχαν. Η επιστήμη δεν μπορεί να δώσει απαντήσεις στα ερωτήματα σχετικά με τις ηθικές αρχές και την ηθική που προέκυψαν από το θέμα των εκτρώσεων. Βεβαίως, οι επιστήμονες ως άτομα έχουν προσωπικές απόψεις για πολλά ζητήματα, αλλά ως ομάδα θα πρέπει να σιωπούν εάν τα ζητήματα αυτά είναι εκτός του πεδίου της επιστημονικής διερεύνησης. Η επιστήμη απλά δεν μπορεί να απαντήσει σε ηθικά, αισθητικά, κοινωνικά και μεταφυσικά ερωτήματα, αν και μπορεί να είναι διαφωτιστικά διοραική. Για παράδειγμα, η επιστήμη και οι ακόλουθες τεχνολογικές εφαρμογές μπορεί να είναι σε θέση να κλωνοποιήσουν θηλαστικά, αλλά μόνο η κοινωνία μπορεί να αποφασίσει εάν αυτή η κλωνοποίηση είναι συμβατή με τις ηθικές αρχές και την ηθική.

## **Μύθος 9: Οι επιστήμονες είναι ιδιαίτερα αντικειμενικοί**

Οι επιστήμονες δεν διαφέρουν στο επίπεδο της αντικειμενικότητας από τους άλλους επαγγελματίες. Είναι προσεκτικοί στην ανάλυση των στοιχείων και στις διαδικασίες που εφαρμόζονται για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Με αυτήν την παραδοχή, μπορεί να φαίνεται ότι ο μύθος ισχύει, αλλά στοιχεία και από τη φιλοσοφία της επιστήμης και από την ψυχολογία αποκαλύπτουν ότι η απόλυτη αντικειμενικότητα είναι αδύνατη για τουλάχιστον τρεις βασικούς λόγους.

Πολλοί φιλόσοφοι της επιστήμης υποστηρίζουν την άποψη του Popper (1963) ότι η επιστήμη μπορεί να προαχθεί μόνο μέσω μιας διαδικασίας από αυτά που αποκαλούσε εικασία και κατάρριψη. Με άλλα λόγια, ο Popper συστήνει ότι οι επιστήμονες θα πρέπει να προτείνουν νόμους και θεωρίες ως εικασίες και στη συνέχεια να δουλεύουν εντατικά ώστε να

διαψεύσουν ή να απορρίψουν τις ιδέες αυτές. Ο Popper προτείνει ότι η απουσία αντίθετων σε αυτές στοιχείων, αποδεδειγμένη μέσω ενός ενεργού προγράμματος κατάρριψης, θα δώσει την καλύτερη δυνατή υποστήριξη. Μπορεί να φαίνεται ως ένας περίεργος τρόπος σκέψης για την επαλήθευση, αλλά η απουσία ανταποδείξεων θεωρείται υποστήριξη. Όμως, υπάρχει ένα βασικό πρόβλημα με την ιδέα της εικασίας και κατάρριψης. Ο Popper φαίνεται να την έχει προτείνει ως μια σύσταση για τους επιστήμονες, όχι ως μια περιγραφή του τι κάνουν οι επιστήμονες. Από φιλοσοφική σκοπιά η ιδέα είναι σωστή, αλλά δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι στην πράξη οι επιστήμονες αναζητούν στοιχεία που να μην επιβεβαιώνουν τις εικασίες.

Μια άλλη όψη της αδυναμίας των επιστημόνων να είναι αντικειμενικοί βρίσκεται στη φορτισμένη από θεωρία παρατήρηση, μια ψυχολογική ιδέα (Hodson, 1986). Οι επιστήμονες, όπως όλοι οι παρατηρητές, έχουν χιλιάδες προ-αντιλήψεις και προκαταλήψεις για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο κόσμος. Αυτές οι υποσυνείδητες ιδέες επηρεάζουν την ικανότητα κάθε ανθρώπου να κάνει παρατηρήσεις. Έτσι, είναι αδύνατο να γίνει συλλογή και ερμηνεία δεδομένων χωρίς προκατάληψη. Στην ιστορία της επιστήμης έχουν υπάρξει αμέτρητες περιπτώσεις στις οποίες οι επιστήμονες αμέλπησαν να συμπεριλάβουν συγκεκριμένες παρατηρήσεις στις τελικές αναφορές τους. Αυτό δεν συνέβη λόγω απάτης ή δόλου, αλλά εξαιτίας της πρότερης γνώσης κάθε ανθρώπου. Ορισμένα δεδομένα είτε δεν έγιναν καθόλου ανιληπτά, είτε θεωρήθηκαν ασήμαντα με βάση τις αρχικές προσδοκίες του επιστήμονα. Μιλώντας προηγουμένως για την επαγωγή, υποθέσαμε ότι δυο άτομα που μελετούν τα ίδια δεδομένα δεν αναμενόταν να καταλήξουν στα ίδια συμπεράσματα. Δεν είναι μόνο η δημιουργικότητα κάθε ατόμου που παίζει ρόλο, καθώς το ζήτημα της προσωπικής, φορτισμένης από τη θεωρία, παρατήρησης περιπλέκει επιπλέον την κατάσταση.

Τα παραπάνω έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη διδασκαλία της επιστήμης. Οι εκπαιδευτικοί συνήθως διδάσκουν τους μαθητές δίχως να λαμβάνουν υπόψη τις προηγούμενες γνώσεις τους. Στο εργαστήριο, για παράδειγμα, ζητείται από τους μαθητές να πραγματοποιήσουν δραστηριότητες, να κάνουν παρατηρήσεις και να διατυπώσουν συμπεράσματα. Μάλιστα, υπάρχει η προσδοκία ότι τα συμπεράσματα που θα διατυπωθούν θα είναι και προφανή και ενιαία. Με άλλα λόγια, οι εκπαιδευτικοί προσδοκούν ότι τα δεδομένα θα οδηγήσουν όλους τους μαθητές στα ίδια συμπεράσματα. Αυτό θα μπορούσε να συμβεί μόνο εάν όλοι οι μαθητές είχαν τις ίδιες αρχικές αντιλήψεις και διατύπωναν και αξιολογούσαν τις παρατηρήσεις με τον ίδιο τρόπο. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν συμβαίνει ούτε στην επιστήμη, ούτε στη σχολική τάξη.

Σχετική με το ζήτημα των παρατηρήσεων που βασίζονται στη θεωρία είναι η πίστη στο Παράδειγμα. Ο Thomas Kuhn (1970), στην καινοτομική του ανάλυση της ιστορίας της επιστήμης, πρότεινε ότι οι επιστήμονες εργάζονται στο πλαίσιο μιας ερευνητικής παράδοσης που ονομάζεται Παράδειγμα. Αυτή η ερευνητική παράδοση, την οποία μοιράζονται όσοι εργάζονται σε ένα συγκεκριμένο πεδίο, καθοδηγεί τους επιστήμονες σχετικά με το ποια ερωτήματα αξίζει να ερευνηθούν, υπαγορεύει ποια στοιχεία είναι αποδεκτά και προδιαγράφει τους ελέγχους και τις τεχνικές που είναι εύλογες. Παρά το γεγονός ότι το Παράδειγμα παρέχει ερευνητικές κατευθύνσεις, μπορεί επίσης να ανακόψει ή να περιορίσει την έρευνα. Όμως, οπδήποτε περιορίζει το ερευνητικό έργο αναγκαστικά περιορίζει την αντικειμενικότητα. Έτσι,

ενώ δεν υπάρχει συνειδητή επιθυμία εκ μέρους των επιστημόνων να περιορίσουν τη συζήτηση, είναι πιθανό ότι μερικές καινούργιες ιδέες στην επιστήμη απορρίπτονται εξαιτίας της ύπαρξης του Παραδείγματος. Όταν οι ερευνητικές εργασίες υποβάλλονται για δημοσίευση, υποβάλλονται σε κρίση από άλλους επιστήμονες που εργάζονται στο ίδιο πεδίο. Οι ιδέες εκείνες που προέρχονται έξω από το Παράδειγμα κινδυνεύουν να μη ληφθούν καν υπόψη ως αφελείς ή πτωχές και έτσι δεν θα δημοσιευθούν.

Παραδείγματα επιστημονικών ιδεών που αρχικά απορρίφθηκαν διότι βρισκόταν εκτός του αποδεκτού Παραδείγματος είναι το ηλιοκεντρικό ηλιακό σύστημα, το ότι οι δεινόσαυροι ήταν ομοιόθερμα ζώα, η θεωρία των λοιμωδών νοσημάτων και η ιδέα της μετατόπισης των ηπείρων. Όταν η ιδέα των μετακινούμενων ηπείρων προτάθηκε για πρώτη φορά στις αρχές του εικοστού αιώνα από τον Alfred Wegener, απορρίφθηκε σθεναρά. Οι επιστήμονες απλά δεν ήταν έτοιμοι να ενστερνιστούν μια ιδέα τόσο αντίθετη στα παραδοσιακά διδάγματα του επιστημονικού τους πεδίου. Η ιδέα της μετατόπισης των ηπείρων έγινε τελικά αποδεκτή κατά τη δεκαετία του 1960 με την πρόταση ενός μηχανισμού, ή θεωρίας, που εξηγούσε με ποιον τρόπο μετακινούνται οι ηπειρωτικές πλάκες (Hallam, 1973, Mendard, 1986). Αυτή η θεμελιώδης αλλαγή στις επιστήμες της γης, που ονομάστηκε επανάσταση από τον Kuhn, θα μπορούσε να έχει συμβεί δεκαετίες νωρίτερα εάν το Παράδειγμα που επικρατούσε δεν ήταν τόσο ισχυρό.

Ωστόσο, θα ήταν παραπλανητικό να καταλήξει κανείς σε μια αρνητική συζήτηση των επιστημονικών Παραδειγμάτων. Αν και οι περιπτώσεις που αναφέρθηκαν δείχνουν τις αντίθετες όψεις σχετικά με τη σταθερότητα των παραδειγμάτων, ο Kuhn πιθανότατα θα υποστήριζε ότι οι παρωπίδες που δημιουργεί η πίστη στο Παράδειγμα συντηρούν την επιστήμη. Η ανασκόπηση της ιστορίας της επιστήμης που έκανε δείχνει ότι τα Παραδείγματα ευθύνονται για πολλές περισσότερες επιτυχίες παρά για καθυστερήσεις στην επιστήμη.

## **Μύθος 10: Τα πειράματα είναι η κύρια οδός προς την επιστημονική γνώση**

Κατά τη διάρκεια της σχολικής τους ζωής, οι μαθητές προτιρέπονται να συσχετίσουν την επιστήμη με το πείραμα. Στην πράξη όλες οι πρακτικές δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχουν οι μαθητές στην τάξη ονομάζονται πειράματα ακόμα και εάν θα έπρεπε πιο σωστά να ονομάζονται τεχνικές, διερευνήσεις ή απλά δραστηριότητες. Τα πραγματικά πειράματα περιλαμβάνουν προσεκτικά μελετημένες διαδικασίες που συνοδεύονται από πειραματικές ομάδες και ομάδες ελέγχου. Συνήθως, τα πειράματα έχουν ως πρωταρχικό στόχο τη συσχέτιση αιτίας και αποτελέσματος. Βεβαίως, τα πειράματα είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την επιστήμη, αλλά δεν είναι η μοναδική οδός προς τη γνώση.

Πολλοί σημαντικοί επιστήμονες χρησιμοποίησαν τεχνικές που δεν ήταν πειραματικές για να προάγουν τη γνώση. Στην πραγματικότητα, σε ορισμένα επιστημονικά πεδία το πείραμα δεν είναι δυνατό, εξαιτίας της αδυναμίας ελέγχου των μεταβλητών. Πολλές θεμελιώδεις ανακαλύψεις στην αστρονομία βασίζονται σε εκτεταμένες παρατηρήσεις παρά σε

πειράματα. Ο Κοπέρνικος και ο Κέπλερ άλλαξαν την άποψή μας για το ηλιακό σύστημα χρησιμοποιώντας στοιχεία από εκτεταμένες και λεπτομερείς παρατηρήσεις, που συχνά είχαν πραγματοποιήσει άλλοι επιστήμονες, αλλά κανένας τους δεν πραγματοποίησε πειράματα.

Η ερευνητική τακτική του Καρόλου Δαρβίνου συχνά έμοιαζε περισσότερο με τις ποιητικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στις κοινωνικές επιστήμες παρά με τις πειραματικές τεχνικές που σχετίζονται με τις επιστήμες της φύσης. Για τις πλέον επαναστατικές του ανακαλύψεις, ο Δαρβίνος κατέγραφε τις εκτεταμένες παρατηρήσεις του σε σημειωματάρια με υπομνήματα για εικασίες και σκέψεις για τις παρατηρήσεις αυτές. Αν και ο Δαρβίνος υποστήριζε την επαγωγική μέθοδο που πρότεινε ο Bacon, γνώριζε ότι η παρατήρηση χωρίς εικασία και πρότερη κατανόηση ήταν και αναποτελεσματική και αδύνατη. Στην πραγματικότητα, εξέφρασε ξεκάθαρα την άποψη αυτή λέγοντας: «δεν μπορούσα να σταματήσω να κάνω υποθέσεις για ουδένποτε έβλεπα» (Darwin, 1958). Οι τεχνικές που ανέπτυξε ο Δαρβίνος έχουν εφαρμοστεί ευρύτατα από επιστήμονες όπως η Goodall και η Fossey στις μελέτες τους πάνω στα πρωτεύοντα θηλαστικά. Η επιστημονική γνώση κατακτάται με πολλούς τρόπους στους οποίους περιλαμβάνεται η παρατήρηση, η ανάλυση, η εικασία, η βιβλιογραφική έρευνα και το πείραμα.

## Μύθος 11: Τα επιστημονικά συμπεράσματα επανελέγχονται για την ακρίβειά τους

Όταν οι μαθητές ετοιμάζουν τις αναφορές των σχολικών πειραμάτων τους, συχνά τους ζητείται να παρουσιάσουν τις μεθόδους τους ξεκάθαρα ώστε να είναι δυνατόν κάποιος άλλος να επαναλάβει την έρευνα. Το συμπέρασμα που είναι πιθανό να βγάλουν οι μαθητές από την απαίτηση αυτή είναι ότι οι επαγγελματίες επιστήμονες κρίνουν τα πειράματα των άλλων σε μόνιμη βάση έτσι ώστε να υπάρχει έλεγχος. Δυστυχώς, αν και ένα τέτοιο σύστημα ελέγχου θα ήταν χρήσιμο, ο αριθμός των ευρημάτων ενός εργαστηρίου που ελέγχονται από άλλους είναι μικρός. Στην πραγματικότητα, οι περισσότεροι επιστήμονες είναι απλά πολύ απασχολημένοι και τα ερευνητικά κονδύλια πολύ περιορισμένα για έναν τέτοιο τύπο κρίσης.

Έχει ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι τα επιστημονικά πειράματα επαναλαμβάνονται συνήθως όταν το επιστημονικό συμπέρασμα πλήττει το κυρίαρχο παράδειγμα. Στην πρόσφατη περίπτωση της ψυχρής σύντηξης, οι επιστήμονες ανά τον κόσμο παράτησαν τις ασχολίες τους προκειμένου να προσπαθήσουν να επαναλάβουν τα ευρήματα των Fleishman και Pons. Για να είμαστε δίκαιοι, αυτοί οι δυο επιστήμονες όχι μόνο επιτέθηκαν στην κοινώς αποδεκτή άποψη αλλά παρουσίασαν τα αποτελέσματά τους σε μια συνέντευξη τύπου, αντί για ένα περιοδικό με κριτές. Έτσι, η επιστημονική κοινότητα είχε δυο λόγους να είναι καχύποπτη. Μπορεί να αντιληφθεί κανείς το μέγεθος της περιφρόνησης που έδειξε η επιστημονική κοινότητα προς την ψυχρή σύντηξη και τους «ανθρώπους που την ανακάλυψαν» στους τίτλους διάφορων νέων βιβλίων για το θέμα: *Bad Science: The Short Life and Weird Times of Cold Fusion* (Taubes, 1993) και *Cold Fusion: The Scientific Fiasco of the Century* (Huizenga, 1992), τα οποία διηγούνται την ιστορία του τι συμβαίνει όταν μια νέα ιδέα απέχει πολύ από



τους θεσμούς της επιστήμης - τουλάχιστον με τον τρόπο που γίνονται αντιληπτοί αυτοί οι θεσμοί σήμερα. Το γεγονός ότι δεν υπήρχε ψυχρή σύντηξη πιθανότατα δικαίωσε εκείνους που αμέσως την επέκριναν, αλλά το πιο ενδιαφέρον δίδαγμα ήταν ότι η ιδέα αυτή επικρίθηκε διότι απείχε πολύ από τις προσδοκίες της επιστημονικής κοινότητας.

Το αποτέλεσμα της έλλειψης απροσεξίας έκανε πρόσφατα την ίδια την επιστήμη να αντιμετωπίζεται με καχυποψία. Η πίεση της απόκτησης υψηλών θέσεων, τμητικών διακρίσεων και κονδυλίων οδηγούν σε καταστάσεις ξεκάθαρης επιστημονικής απάτης αλλά ευτυχώς οι περιπτώσεις αυτές είναι σπάνιες. Ωστόσο, ακόμα και χωρίς την απάτη, ο τεράστιος αριθμός των πρωτότυπων επιστημονικών ερευνών που δημοσιεύονται και η πίεση για την παραγωγή νέων πληροφοριών, αντί για την αναπαραγωγή της δουλειάς άλλων, αυξάνει δραματικά την πιθανότητα ότι κάποια λάθη θα περάσουν απαρατήρητα.

Μια ενδιαφέρουσα απόρροια αυτού του μύθου είναι ότι οι επιστήμονες πολύ σπάνια αναφέρουν έγκυρα αλλά αρνητικά αποτελέσματα. Ενώ αυτό είναι κατανοητό δεδομένου του περιορισμού του χώρου στα επιστημονικά περιοδικά, η αποτυχία της παρουσίασης του τι *δεν* δούλεψε αποτελεί πρόβλημα. Μόνο όταν οι άνθρωποι που δουλεύουν σε ένα συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο έχουν πρόσβαση σε κάθε πληροφορία σχετικά με ένα φαινόμενο μπορεί το πεδίο αυτό να προοδεύσει αποτελεσματικά.

## Μύθος 12: Η αποδοχή της νέας επιστημονικής γνώσης είναι άμεση

Η παρανόηση αυτή αφορά την πεποίθηση ότι όταν δοθεί μια πιο ακριβής ερμηνεία των στοιχείων θα γίνει αμέσως αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα. Τίποτα δεν θα μπορούσε να απέχει περισσότερο από την αλήθεια, όπως έχουμε ήδη δει σε τουλάχιστον έναν από τους προηγούμενους μύθους. Μια καινούργια ιδέα που δεν απέχει πολύ από τις προσδοκίες των επιστημόνων που δουλεύουν σε ένα συγκεκριμένο πεδίο πιθανότατα θα έμπαινε στα επιστημονικά περιοδικά χωρίς πολύ κόπο - ιδιαίτερα εάν προέρχεται από κάποιον που δουλεύει στο πεδίο αυτό. Ωστόσο, εάν η ιδέα είναι μια σημαντική καινοτομία ή *επανάσταση*, με τον τρόπο που Κλην χρησιμοποιεί τον όρο, και ιδιαίτερα εάν αντιτίθεται στη διαίσθηση ή προέρχεται από κάποιον εκτός του πεδίου, η αποδοχή της δεν είναι σε καμία περίπτωση άμεση και εύκολη.

Το δίδαγμα από το μύθο αυτό είναι ότι η επιστήμη είναι στην ουσία της μια ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι άνθρωποι είναι οι παραγωγοί της νέας γνώσης και επίσης οι κριτές του τι θεωρείται νέα γνώση. Ενώ δεν γίνεται κάτι σαν ψηφοφορία όταν προτείνεται μια καινούργια ιδέα, το σύστημα κρίσης από ειδικούς ελέγχει την πρόσβαση των καινούργιων ιδεών στα περιοδικά. Οι ιδέες εκείνες που δεν μπορούν να βρουν μια θέση στα περιοδικά δεν θα έχουν ποτέ την ευκαιρία να γίνουν αποδεκτές ή να απορριφθούν. Ακόμα και εκείνες οι νέες όψεις της πραγματικότητας που κατορθώνεται να μπουν στα περιοδικά έχουν ακόμα να περάσουν αυτό που θα μπορούσε καλύτερα να ονομαστεί «το τεστ του συνεδρίου» ώστε να γίνουν αποδεκτές. Οι αντιφατικές ιδέες είναι το θέμα συζήτησης στα επαγγελματικά συνέ-

δρια, όπου συζητούνται δημόσια τόσο στις αίθουσες των ομιλιών όσο και κατά τη διάρκεια των γευμάτων και των διαλειμμάτων. Ως παράδειγμα, σκεφθείτε την τρέχουσα αντιπαράθεση για την προέλευση των σύγχρονων ανθρώπων. Η μια άποψη προτείνει ότι οι σύγχρονοι άνθρωποι εμφανίστηκαν σε διάφορες περιοχές του κόσμου από προγονικά είδη ενώ η ανταγωνιστική άποψη τοποθετεί την προέλευση των σύγχρονων ανθρώπων στην Αφρική από όπου μετανάστευσαν για να εκποτίσουν τις πιο πρωτόγονες ανθρώπινες μορφές που ζούσαν αλλού. Η ιστορία περιγράφεται καλά σε ένα καταπληκτικό βιβλίο, το *The Neandertal Enigma* (Shreeve, 1995). Στο βιβλίο αυτό συζητούνται τα στοιχεία, οι προσωπικότητες και οι σκοπιμότητες που κατεύθυναν τη συζήτηση σχετικά με το ποια άποψη θα έπρεπε να επικρατήσει. Το τελικό αποτέλεσμα στην περίπτωση της προέλευσης του ανθρώπου δεν έχει ακόμα αποφασιστεί, αλλά σε πολλές περιπτώσεις η αποδοχή μιας νέας επιστημονικής ιδέας μπορεί να είναι θέμα τόσο της δυναμικής των εμπλεκόμενων προσώπων όσο και της ισχύος των επιχειρημάτων.

### **Μύθος 13: Τα επιστημονικά μοντέλα αναπαριστούν την πραγματικότητα**

Αυτός μπορεί να είναι ένας μύθος κοινός τόσο μεταξύ των επιστημόνων όσο και μεταξύ του κοινού και σχετίζεται με τη διάκριση ανάμεσα στις φιλοσοφικές απόψεις του ρεαλισμού και της εργαλειοκρατίας. Ο ρεαλισμός είναι η θέση ότι τα προϊόντα της επιστήμης όχι μόνο είναι λειτουργικά και επιτρέπουν την παραγωγή προβλέψεων ακριβείας αλλά ότι όντως αναπαριστούν και/ή περιγράφουν την πραγματική κατάσταση στη φύση όπως τη γνωρίζει κάποια οντότητα με παντογνωσία. Βεβαίως, ένας από τους βασικούς περιορισμούς της επιστήμης είναι ότι η «αληθινή» φύση της πραγματικότητας δεν μπορεί να γίνει ποτέ γνωστή διότι δεν υπάρχει κάποια οντότητα με παντογνωσία για να ερωτηθεί. Η επιστήμη επινοήθηκε, τουλάχιστον εν μέρει, για να απαντήσει σε ερωτήματα σχετικά με το φυσικό κόσμο και προσεγγίζει την «αλήθεια» όσο αυτό είναι δυνατό, όμως δεν υπάρχουν κουδουνάκια ή φωτάκια που να λένε στους επιστήμονες ότι βρήκαν την αλήθεια. Μια άλλη φιλοσοφική επιταγή είναι ότι όσο οι επιστημονικές ιδέες έχουν καλή εφαρμογή και είναι σύμφωνες με όλα τα στοιχεία, δεν ενοχλεί εάν ανταποκρίνονται ή όχι στην πραγματικότητα. Οι ιδέες είναι χρήσιμες και εμπειριστατωμένες και αυτό είναι όλο.

Με τη διάκριση αυτή μεταξύ ρεαλισμού και εργαλειοκρατίας κατά νου μπορούμε τώρα να γυρίσουμε στην ιδέα του επιστημονικού μοντέλου. Αν και δεν έχει γίνει ποτέ κάποια καταγραφή απόψεων για αυτό το ζήτημα, φαίνεται λογικό ότι οι επιστήμονες πιστεύουν ότι δεν παράγουν απλώς χρήσιμες ιδέες αλλά ότι οι ιδέες και οι περιγραφές τους ανταποκρίνονται σε μια πραγματικότητα εξωτερική ως προς τους ίδιους. Βεβαίως, ο μέσος άνθρωπος πιστεύει ότι αυτό είναι αληθινό. Είναι αμφίβολο εάν κάποιος αμφισβητεί σοβαρά το μοντέλο που προτείνει η κινητική θεωρία των μορίων της ύλης, το οποίο απεικονίζει τα άτομα και τα μόρια ως μικρές διακριτές σφαίρες που κάνουν ελαστικές κρούσεις, εξηγώντας με τον τρόπο αυτό πάρα πολλά φαινόμενα. Δεν έχει καμία σημασία το ότι κανείς δεν έχει ποτέ δει αυτές

τις μικρές σφαίρες ούτε έχει παρατηρήσει τις επιπτώσεις τους, αλλά ότι το μοντέλο δουλεύει: επιπρέπει και προβλέψεις και εξηγήσεις και συνεπώς πρέπει να είναι αληθινό. Ένας οπαδός του ρεαλισμού θα έλεγε ότι είναι αληθινό ενώ ένας οπαδός της εργαλειοκρατίας θα έλεγε ότι αυτό δεν έχει σημασία όσο η ιδέα έχει κάτι να προσφέρει.

Η ιστορία μπορεί να μην είναι πραγματική, αλλά λέγεται συχνά μεταξύ των εκπαιδευτών των εκπαιδευτικών, ότι όταν κάποτε ρωτήθηκαν κάποιοι μαθητές τι χρώμα είχαν τα άτομα, η απάντησή τους σχετιζόταν σιανά με το διδακτικό βιβλίο που χρησιμοποιούσαν. Εάν το βιβλίο απεικόνιζε τα άτομα με μπλε χρώμα, τότε μπλε ήταν το χρώμα που οι μαθητές έλεγαν ότι είχαν τα άτομα όταν τους ρωτούσαν. Θα ήταν πιθανώς χρήσιμο να θεωρούμε τα μοντέλα «χρήσιμες φαντασιώσεις», αλλά είναι αμφίβολο αν, εξαιρώντας κάποιους λίγους, έχει κανείς αυτήν την προειδοποίηση κατά νου. Στο κάτω-κάτω, αυτό που δημιούργησε πρόβλημα στο Γαλιλαίο δεν ήταν η υιοθέτηση και η υποστήριξη της ιδέας του ηλιοκεντρικού συστήματος, αλλά ότι το δίδαξε ως αλήθεια σε μια εποχή κατά την οποία η εκκλησία θεωρούσε ότι εκείνη είχε την εξουσία να καθορίσει τι θεωρείται αληθινό.

## **Μύθος 14: Η επιστήμη και η τεχνολογία είναι ταυτόσημες**

Μια κοινή παρανόηση αποτελεί η ιδέα ότι η επιστήμη και η τεχνολογία είναι ταυτόσημες. Στην πραγματικότητα, πολλοί πιστεύουν ότι η τηλεόραση, οι πύραυλοι, οι υπολογιστές ακόμα και τα ψυγεία είναι επιστήμη, όμως ένα από τα χαρακτηριστικά της επιστήμης είναι ότι δεν είναι απαραίτητα πρακτική ενώ τα ψυγεία σίγουρα είναι. Η αναζήτηση γνώσης αποκλειστικά για τη γνώση ονομάζεται βασική επιστήμη ενώ η αξιοποίησή της στην παραγωγή εμπορικών προϊόντων ονομάζεται εφαρμοσμένη επιστήμη ή τεχνολογία.

Στις μέρες μας, οι περισσότεροι ερευνητές εργάζονται πάνω σε προβλήματα που τουλάχιστον εν μέρει καθορίζονται από παράγοντες εκτός των εργαστηρίων τους. Οι επιστήμονες συνήθως εναρμονίζουν κατάλληλα τις αναζητήσεις της βασικής επιστήμης ώστε να απαντήσουν σε μια τεχνολογική πρόκληση. Η διάκριση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης επιστήμης δεν είναι τεράστιας σημασίας, αλλά έχει ενδιαφέρον να ερευνηθούν τα κίνητρα των επιστημόνων να δουλεύουν πάνω στα συγκεκριμένα προβλήματα. Λίγοι επιστήμονες έχουν την πολυτέλεια να θέτουν όποιο στόχο θέλουν καθώς οι περισσότερες επιστημονικές έρευνες χρηματοδοτούνται από οργανισμούς με συγκεκριμένους στόχους. Η σχέση που βασίζεται στη χρηματοδότηση δεν είναι απαραίτητα καταστροφική, αλλά η ελευθερία που είχαν οι γνήσιοι επιστήμονες της Βικτωριανής περιόδου έχει χαθεί εδώ και πολύ καιρό.

## **Μύθος 15: Η επιστήμη είναι μια μοναχική αναζήτηση**

Οι περισσότεροι πιθανότατα θα αποδέχονταν ότι η επιστήμη βασίζεται σε δουλειά που έχει προηγηθεί, αλλά ότι οι πραγματικά μεγάλες επιστημονικές ανακαλύψεις γίνονται από μεγάλους επιστήμονες. Ακόμα και τα βραβεία Nobel αναγνωρίζουν τα επιτεύγματα μεμο-

νωμένων επιστημόνων παρά ερευνητικών ομάδων. Κατά συνέπεια, η επιστήμη πρέπει να είναι μια μοναχική και ατομική αναζήτηση. Οι κοινωνιολόγοι της επιστήμης που μελετούν τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων έχουν δείξει ότι σπάνια μια επιστημονική ιδέα γεννάται στο νου ενός μόνο ατόμου, αξιολογείται από αυτό το ίδιο το άτομο και γίνεται αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα. Η διαδικασία μοιάζει περισσότερο με διαπραγμάτευση παρά με αποκάλυψη της αλήθειας. Οι επιστήμονες δουλεύουν μέσα σε ερευνητικές ομάδες και μέσα σε μια κοινότητα παρόμοια σκεπτόμενων ερευνητών. Πολλά προβλήματα στην επιστήμη είναι απλά πολύ πολύπλοκα για να τα αντιμετωπίσει κάποιος μόνος του λόγω περιορισμών στο χρόνο, στο πνευματικό κεφάλαιο και στη χρηματοδότηση.

## Συμπεράσματα

Το μήνυμα από τη μελέτη *Science and Engineering Indicators Study* (National Science Board, 1996) και από την αξιολόγηση των μύθων της επιστήμης που παρουσιάστηκε εδώ είναι απλό. Θα πρέπει να ξανασκεφτούμε τους στόχους της διδασκαλίας της επιστήμης. Τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να εστιάζουν στη φύση της επιστήμης παρά στα δεδομένα και στις αρχές της. Η σχολική επιστήμη θα πρέπει να δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να βιώσουν την επιστήμη και τις διαδικασίες της, απελευθερωμένοι από θρύλους, παρανοήσεις και εξιδανικεύσεις που ενυπάρχουν στους μύθους για τη φύση της επιστήμης. Θα πρέπει να υπάρχουν πολλές ευκαιρίες και για τους νέους και για τους έμπειρους εκπαιδευτικούς να μάθουν και να εφαρμόσουν τους πραγματικούς κανόνες της επιστήμης, παράλληλα με προσεκτική ανασκόπηση των διδακτικών βιβλίων, προκειμένου να εξαλειφθούν οι περιπτώσεις «fox terrier» που έχουν συμβάλει στην προώθηση μιας ανακριβούς εικόνας της επιστήμης και της φύσης της. Μόνο καθαρίζοντας την ομίχλη που προκαλούν οι μισές αλήθειες και αποκαλύπτοντας την επιστήμη όπως πραγματικά είναι, με επίγνωση και των δυνατοτήτων και των περιορισμών της, θα εκτιμήσουν όλοι οι μαθητές το αληθινό υπερθέαμα της επιστήμης και θα είναι σε θέση να κρίνουν αμερόληπτα τις διαδικασίες και τα παράγωγά της.

### Σημείωση

Το κείμενο αυτό αποτελεί μετάφραση του κεφαλαίου: McComas, W.F. (1998). *The principal elements of the nature of science: dispelling the myths*. In W. F. McComas (Ed.) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer (Springer) Academic Publishers (pp. 33-70).

## Βιβλιογραφία

- Bacon, F. (1952) [1620]. The new organon. In R. M. Hutchins, (ed.), Great books of the western world, Vol. 30. The works of Francis Bacon, Chicago, Encyclopedia Britannica, Inc., 107-195.
- Campbell, N. (1953). What is science?, New York, Dover Publications.
- Carey, S.S. (1994). A beginners guide to scientific method. Belmont, CA, Wadsworth Publishing Company.
- Chaikin, A. (1994). A man on the Moon: The voyages of the Apollo astronauts. New York, Viking Press.
- Chalmers, A. (1990). Science and its fabrication. Minneapolis, MN, University of Minnesota Press.
- Cole, K.C. (1986). Things your teacher never told you about science: Nine shocking revelations!, The Newsday Magazine, March 23, 21-27
- Darwin, C.R. (1958). The autobiography of Charles Darwin. Nora Barlow (ed.), New York, WW Norton & Company.
- Dunbar, R. (1995). The trouble with science. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Gibbs, A. & Lawson, A.E. (1992). The nature of scientific thinking as reflected by the work of biologists and by biology textbooks, The American Biology Teacher, (54), 137-152.
- Gjertsen, D. (1989). Science and philosophy past and present, New York, Penguin Books.
- Gould, S.J. (1988). The case of the creeping fox terrier clone, Natural History, (96), 16-24.
- Gould, S.J. (1991). An essay on a pig roast, in Bully for brontosaurus. New York, WW Norton, 432-447.
- Hallam, A. (1975). Alfred Wegener and the hypothesis of continental drift. Scientific American, (232), 88-97.
- Hodson, D. (1986). The nature of scientific observation. School Science Review, (68), 17-28.
- Horner, J.K. & Rubba, P.A. (1978). The myth of absolute truth. The Science Teacher, (45), 29-30.
- Horner, J.K. & Rubba, P.A. (1979). The laws are mature theories fable. The Science Teacher, (46), 31.
- Huizenga, J.R. (1992). Cold fusion: The scientific fiasco of the century, Rochester, NY, University of Rochester Press.
- Keeslar, O. (1945a). A survey of research studies dealing with the elements of scientific method. Science Education, (29), 212-216.
- Keeslar, O. (1945b). The elements of scientific method. Science Education, (29), 273-278.
- Klayman, R. A., Slocombe, W. B., Lehman, J. S. and Kaufman, B.S. 1986. Amicus curiae brief of 72 Nobel laureates, 17 state academies of science, and 7 other scientific organizations, in support of appellees in Edwards v. Aguillard, 85-1513.
- Kuhn, T. S. (1970). The structure of scientific revolutions. 2nd edition, Chicago, IL,

- University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1972). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In Imre Lakatos & Alan Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge* (pp.91-196). Cambridge University Press.
- Lopushinsky, T. (1993). Does science deal in truth?. *The Journal of College Science Teaching*, 23, 208.
- Medawar, P. B. (1963). Is the scientific paper a fraud? In P. B. Medawar (1991), *The threat and the glory*. New York, Harper Collins. (228-233)
- Menard, H. W. (1986). *The ocean of truth: a personal history of global tectonics*, Princeton, NJ, Princeton University Press.
- National Science Board (1996). *Science and engineering indicators: 1996*, Washington, DC., United States. Government Printing Office (NSB 96-21).
- Newton, I. (1946). *Sir Isaac Newton's mathematical principles of natural philosophy and his system of the world*, A Motte, trans; revised and appendix supplied by F. Cajori, Berkeley, CA, University of California Press, (Original work published 1720).
- Popper, K.R. (1963). *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge*, New York, Harper and Row.
- Popper, K.R. (1968). *The logic of scientific discovery*, 2nd ed. revised, New York, Harper Torchbooks.
- Rhodes, G. & Schaible, R. (1989). Fact, law, and theory, ways of thinking in science and literature. *Journal of College Science Teaching*, 18, 228-232 & 288.
- Rothman, M.A. (1992). *The science gap*. Buffalo, NY, Prometheus Books.
- Shreeve, J. (1995). *The Neandertal enigma: Solving the mystery of modern human origins*, New York, William Morrow and Company.
- Sonleitner, F.J. (1989). Theories, laws and all that. *National Center for Science Education, Newsletter*, 9, 3-4.
- Taubes, G. (1993). *Bad science: The short life and weird times of cold fusion*, New York, Random House.
- Tobias, S. (1990). *They're not dumb, they're different: Stalking the second tier*, Tucson, AZ, The Research Corporation.

# Επιστημολογική επάρκεια: μία θεμελιώδης συνιστώσα των μαθησιακών επιδιώξεων στις Φυσικές Επιστήμες

**Κώστας Π. Κωνσταντίνου & Νίκος Παπαδούρης**

*Πανεπιστήμιο Κύπρου*

---

## Εισαγωγή

Στην επιστήμη και την πρακτική της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών παρατηρείται ένα παράδοξο. Από τη μια, η καλλιέργεια επιστημολογικής επάρκειας, ή με άλλα λόγια μιας εξοικείωσης με τη φύση της επιστήμης, αναγνωρίζεται ευρέως ως μια θεμελιώδης μαθησιακή επιδίωξη της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (Bell, 2004, Flick & Lederman, 2004, Lederman, 1992, Lederman, 2004, McComas, 2000, Selley, 1989). Από την άλλη μεριά, τόσο το συμβατικό πρότυπο διδασκαλίας όσο και το πλαίσιο των μαθησιακών επιτευγμάτων τα οποία προδιαγράφονται στα συνήθη Αναλυτικά Προγράμματα δεν αναφέρονται ρητά σε αυτή. Αυτό το παράδοξο αποκτά ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο πρόσφατων προσπαθειών να προσδοθεί μια αυθεντική διάσταση στη σχολική επιστήμη (NRC 2007) καθώς επίσης και στο πλαίσιο των ποικίλων δράσεων ενίσχυσης του ενδιαφέροντος των νέων να επιλέξουν μαθήματα και σταδιοδρομίες στην ευρύτερη κατεύθυνση των θετικών επιστημών και της μηχανικής (OECD 2006, Gago et al. 2004, National Science Board, 2003). Η παρούσα εργασία εστιάζει σε αυτό το ζήτημα της επιστημολογικής επάρκειας ως αντικείμενο διδακτικού σχεδιασμού και δομείται σε δύο κύρια μέρη. Στο πρώτο συζητείται η σημασία της καλλιέργειας επιστημολογικής επάρκειας στη μάθηση στις φυσικές επιστήμες και επισημαίνεται η αδυναμία του συμβατικού διδακτικού προτύπου να ανταποκριθεί σε αυτή την επιδίωξη. Το δεύτερο μέρος, παρουσιάζει μια διδακτική επινόηση της Ερευνητικής Ομάδας Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες, για την προώθηση της εξοικείωσης των μαθητών με επιλεγμένες πτυχές της φύσης της επιστήμης.

## **Η επιστημολογία ως το γνωστικό αντικείμενο της φιλοσοφίας της επιστήμης**

Εδώ και αρκετές δεκαετίες έχει αναπτυχθεί μια έντονη δραστηριότητα στο πλαίσιο της Φιλοσοφίας σε σχέση με τη φύση της επιστήμης. Αυτή η δραστηριοποίηση εφαρμόζει την προοπτική της Φιλοσοφίας, ως μιας προσπάθειας επιστημονικής διερεύνησης επιστημολογικών, μεταφυσικών και ηθικών ζητημάτων, στο αντικείμενο της ίδιας της επιστημονικής δράσης. Μέσα από όλη αυτή την προσπάθεια, πολλοί φιλόσοφοι (και, χωρίς πολλές εξαιρέσεις, σε κάποια απόσταση από τους ενεργούς θετικούς επιστήμονες) έχουν απευθυνθεί σε ερωτήματα όπως είναι τα εξής:

- Ποια είναι η φύση και ποιος ο ρόλος των επιστημονικών θεωριών;
- Πώς λειτουργεί ο επιστημονικός πειραματισμός και τι συνεισφέρει;
- Ποια είναι η διασύνδεση μεταξύ θεωριών και πειραμάτων;
- Πώς αξιολογούνται αντιμαχόμενες θεωρίες;
- Σε τι συνίσταται μια επιστημονική εξήγηση;
- Πώς συνδέονται μεταξύ τους οι διάφοροι κλάδοι των επιστημών;  
Για παράδειγμα, μπορεί η Ψυχολογία να αναχθεί στη Βιολογία;
- Η επιστήμη ερμηνεύει τους μηχανισμούς των φαινομένων όπως πραγματικά υφίστανται ή είναι απλά ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διατύπωση αξιόπιστων προβλέψεων;
- Τι μας λέει η επιστήμη για τις θεμελιώδεις συνιστώσες του (φυσικού) κόσμου, για τα αντικείμενα, τα γεγονότα, το χώρο, το χρόνο...;
- Πώς αλληλεπιδρούν οι διάφορες γνωσιακές, λογικές, κοινωνικές και ανθρώπινες παράμετροι στο πλαίσιο της πορείας εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης;

Η εξέλιξη της Επιστημολογίας ως της Φιλοσοφίας της Επιστήμης έχει οδηγήσει σε διακριτούς κλάδους. Η Αντιστοιχία εξετάζει ζητήματα διασύνδεσης μεταξύ επιστήμης και φυσικού κόσμου. Ο θετικισμός, ως μια τάση σε αυτό τον κλάδο, προώθησε την άποψη της στενής «αντικειμενικής» αποτύπωσης των μηχανισμών λειτουργίας του φυσικού κόσμου χωρίς αναφορές σε «μεταφυσικά» ερωτήματα σχετικά με τη θεμελιώδη φύση των φυσικών μεγεθών (π.χ. τι είναι η βαρύτητα πέρα από το φαινόμενο που περιγράφεται από τον Παγκόσμιο Νόμο της Βαρύτητας;). Η σύγχρονη Φιλοσοφία της Επιστήμης δεν θέτει τέτοιους περιορισμούς στην επιστημονική δραστηριότητα. Ζητήματα αξιολόγησης της εγκυρότητας των επιστημονικών ισχυρισμών επίσης εμπίπτουν σε αυτό το πεδίο. Η Εξέλιξη των Επιστημονικών Θεωριών αποτελεί ένα δεύτερο πεδίο θεωρητικών αναζητήσεων. Τα Μεθοδολογικά Χαρακτηριστικά των Φυσικών Επιστημών διαμορφώνουν ένα τρίτο πεδίο το οποίο απευθύνεται και στην παρέμβαση εκ μέρους της επιστήμης στον ίδιο τον κόσμο καθώς και στο ζήτημα των σχέσεων παρατηρητή και φαινομένου. Το Κοινωνικό Πλαίσιο και οι Ανθρώπινες Αξίες συνθέτουν ένα τέταρτο πεδίο ως προς την επίδρασή τους στην επιστημονική αλλαγή σε σχέση με το χρόνο. Η Δομή και η Οριοθέτηση των Φυσικών Επιστημών εξετάζουν ζητήματα που άπτονται της διάκρισης των φυσικών επιστημών από τις άλλες επιστήμες καθώς και της επιστήμης από άλλες ανθρώπινες διεργασίες όπως είναι η τέχνη (Rosenberg, 2005, Ladyman, 2001, Curd & Cover, 1998).



## Επιστημολογική επάρκεια και εξοικείωση των μαθητών με τη φύση της επιστήμης: υφιστάμενη τεχνογνωσία

### *Η Φύση της Επιστήμης ως έννοια της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών*

Στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, η φύση της επιστήμης αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο παράγεται, δομείται, αξιολογείται, τεκμηριώνεται και εγκυροποιείται η επιστημονική γνώση. Αποκτά σημασία, τόσο ως προς την εικόνα που οικοδομούν οι μαθητές σε σχέση με το πώς εξελίσσεται η επιστημονική διεργασία, όσο και ως προς τους κανόνες που διέπουν τη λειτουργία της τάξης ως μιας κοινότητας επιστημονικής πρακτικής. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχει ένας συγκεκριμένος ορισμός που να περιγράφει τη φύση της επιστήμης, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχει συναίνεση σε μια σειρά από θεμελιώδεις πτυχές της που μπορούν να τύχουν διδακτικού χειρισμού στο πλαίσιο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, ξεκινώντας από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Πιο κάτω παρουσιάζονται και αναλύονται κάποιες από αυτές τις πτυχές της επιστημολογικής συνιστώσας της μάθησης στις φυσικές επιστήμες, ώστε να διασαφηνιστεί περαιτέρω το περιεχόμενο του όρου «φύση της επιστήμης».

#### *Ορόλος των εμπειρικών δεδομένων και η δομή του πειράματος στην επιστήμη*

Τα εμπειρικά δεδομένα δεν αποτελούν το μοναδικό, ή τον καθοριστικό, παράγοντα της εξέλιξης της επιστήμης ούτε και των επιστημονικών θεωριών. Εντούτοις, κατέχουν κεντρικό ρόλο στη λειτουργία της επιστήμης καθώς αποτελούν αντικείμενο συνεχούς μελέτης, λειτουργούν ως μέσο αξιολόγησης της επάρκειας θεωριών για την ερμηνεία φαινομένων και σε αρκετές περιπτώσεις συνεισφέρουν στη διάκριση μεταξύ αντιμαχόμενων θεωριών. Για τις περισσότερες σημαντικές ιδέες στην επιστήμη, υπάρχει πειραματική στήριξη ή επιβεβαίωση από παρατηρήσεις. Ταυτόχρονα, η συλλογή δεδομένων μέσω πειραμάτων ή απλών παρατηρήσεων, προσδίδει τη δυνατότητα επανάληψης, είτε από τον ίδιο ερευνητή, είτε από πολλούς ερευνητές για ποικιλία καταστάσεων (Smith & Scharmann, 1999).

Το πείραμα είναι μια βασική μέθοδος συλλογής εμπειρικών δεδομένων στην επιστήμη. Αποτελεί ένα ελεγχόμενο τρόπο εξέτασης της επίδρασης συγκεκριμένων παραγόντων στη λειτουργία ενός φυσικού συστήματος ή φαινομένου. Ωστόσο, ο σκοπός του πειράματος δεν είναι να αποδείξει πέραν πάσης αμφιβολίας ότι μια θεωρία/υπόθεση είναι σωστή ή λανθασμένη, αλλά απλά στοχεύει να διερευνήσει με έναν έμμεσο τρόπο κατά πόσο μια επιστημονική αξίωση είναι έγκυρη κι αξιόπιστη (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Με άλλα λόγια, ένα πείραμα απλά, αποσούρει ή προσθέτει αξιοπιστία σε μια υπόθεση ή μια θεωρία.

#### *Η φύση και η λειτουργία των θεωριών και των νόμων και η μεταξύ τους διάκριση*

Οι θεωρίες και οι νόμοι είναι εργαλεία αλλά και προϊόντα της επιστήμης (McComas, 2000). Και τα δύο χρησιμοποιούνται ως εργαλεία για την πρόβλεψη φαινομένων. Ως προϊόντα της επιστήμης, πρόκειται για δύο εντελώς χωριστά και λειτουργικώς διακριτά είδη

γνώσης (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, Schwartz, Lederman & Crawford, 2004).

Οι νόμοι είναι περιγραφικές δηλώσεις διακριτών μοτίβων ή σχέσεων ανάμεσα σε παρατηρήσιμες/μετρήσιμες φαινομενολογικές παραμέτρους. Ένα παράδειγμα είναι ο νόμος του Boyle ο οποίος συνδέει την πίεση ενός αερίου με τον όγκο του σε σταθερή θερμοκρασία. Θα μπορούσε να ισχυριθεί κανείς ότι ο νόμος ανακαλύπτεται μέσα από συστηματική διερεύνηση κι αυτό είναι λογικό από την άποψη ότι η σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές υπάρχει ανεξάρτητα από τον άνθρωπο. Ωστόσο υπάρχει κάποια συζήτηση σε σχέση με το ρόλο της επινοητικότητας στη διατύπωση των επιστημονικών νόμων (McComas, 2000).

Οι θεωρίες είναι εδραιωμένα, υψηλά εμπειριστατωμένα, εσωτερικά συνεπή συστήματα εξηγήσεων τα οποία έχουν προβλεπτική δυνατότητα και είναι σε κάποιο βαθμό αξιόπιστα και έγκυρα. Μπορεί να περιλαμβάνουν γεγονότα, νόμους, ερμηνείες/συμπεράσματα και ελεγχόμενες υποθέσεις (McComas, 2000). Για παράδειγμα, «η κινητική μοριακή» θεωρία ερμηνεύει φαινόμενα που σχετίζονται με αλλαγές στη φυσική κατάσταση της ύλης, τις χημικές αντιδράσεις, τη θερμότητα και τη διάδοσή της καθώς επίσης εξηγεί το νόμο του Boyle (Lederman et al., 2002).

Σε αντίθεση με τους νόμους, οι θεωρίες αποτελούν προϊόντα της ανθρώπινης διάνοσης τα οποία συνδέονται περισσότερο με δράσεις επινόησης παρά ανακάλυψης (McComas, 2000, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Οι επιστημονικές θεωρίες στηρίζονται συχνά σε αξιώματα και προτείνουν την ύπαρξη μη παρατηρήσιμων οντοτήτων. Γι' αυτό και οι θεωρίες δεν μπορούν να εξετασθούν άμεσα, αλλά ούτε και να αποδειχθούν τελεσίδικα (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, Abd-El-Khalick & Akerson, 2004).

### *Ο αβέβαιος και δυναμικός χαρακτήρας των επιστημονικών θεωριών*

Οι επιστημονικές θεωρίες αποτελούν ανθρώπινα κατασκευάσματα που προκύπτουν μέσα από δημιουργικές διεργασίες σύνθεσης και ανάλυσης. Αποσκοπούν στην ερμηνεία της λειτουργίας του φυσικού κόσμου. Συνεπώς, δεν είναι εφικτό να θεωρείται ότι υπάρχει μια μόνο δυνατή επιστημονική εξήγηση για ένα φαινόμενο. Αυτό υποδηλοί τον αβέβαιο χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης. Οι επιστημονικές θεωρίες αποτελούν δυναμικά συστήματα γνώσης, τα οποία υπόκεινται σε συνεχή έλεγχο, μέσα από την αντιπαραβολή των προβλέψεων που παρέχουν και των αντίστοιχων παρατηρήσεων ή (έμμεσων) δεδομένων. Μέσα από αυτή τη διαδικασία εξελίσσονται και αναθεωρούνται, ώστε, ανά πάσα στιγμή, να αναπαριστούν την τρέχουσα κατανόσή μας για τα σχετικά φαινόμενα. Η αδυναμία διασφάλισης πρόσβασης σε όλα τα φαινόμενα ή σε όλες τις δυνατές παρατηρήσεις, η οποία επιτρέπει την πιθανότητα εμφάνισης αντιφατικών δεδομένων σε μεταγενέστερο στάδιο, ενισχύουν την αβέβαιη φύση των επιστημονικών ισχυρισμών. Η τρέχουσα επιστημονική γνώση είναι η καλύτερη που υπάρχει εις γνώσιν μας μέχρι στιγμής (Bartholomew et al. 2004, Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Μπορεί να είναι αξιόπιστη και να αντέχει στο χρόνο, δεν είναι όμως ποτέ απόλυτη και σίγουρη (Lederman et al., 2002). Η γνώση η οποία μεταβάλλεται, περιλαμβάνει τα γεγονότα, τα μοντέλα, τις θεωρίες και τους νόμους, ακόμα και το μεθοδολογικό πλαίσιο της επιστήμης (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Η αλλαγή στην εδραιωμένη επιστημονική γνώση, συντελείται λόγω (α) της εμφάνισης νέων, απρό-

σμενων δεδομένων ή παρατηρήσεων, ασύμβατων με το τρέχον θεωρητικό πλαίσιο, στην οποία συμβάλλει και η επινόηση νέων οργάνων και τεχνολογικών διεργασιών, ή (β) της επινόησης νέων υποθέσεων και θεωριών, οι οποίες μπορεί να ερμηνεύουν ήδη υπάρχοντα δεδομένα με διαφορετικό τρόπο (Flick & Lederman, 2004).

*Η διασφάλιση της ποιότητας του επιστημονικού έργου  
και η ανάγκη δημοσιοποίησης της επιστημονικής γνώσης*

Η επιστήμη ως μια κοινωνική διεργασία είναι οργανωμένη σε ειδικότητες (π.χ. η βιοχημεία, η φυσική, η αστρονομία, η γεωλογία), οι οποίες όμως λειτουργούν σε ένα πλαίσιο που εδράζεται σε συγκεκριμένες αρχές (όπως, για παράδειγμα, η ανάγκη για επαναληψιμότητα των πειραμάτων και για κριτική αντιμετώπιση των ευρημάτων που δημοσιεύονται). Αυτό το πλαίσιο στοχεύει να διασφαλίσει ότι οι επιστημονικές αξιώσεις είναι, στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό, έγκυρες και αξιόπιστες (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Υπάρχουν δύο σημαντικά στοιχεία της κριτικής αντιμετώπισης των υποψηφίων προς αποδοχή επιστημονικών προϊόντων. Το πρώτο αφορά στη δημοσιοποίηση των μεθόδων και των διαδικασιών, μέσω των οποίων ο επιστήμονας ή η ομάδα επιστημόνων έφτασε στο συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Το δεύτερο αφορά στην κοινοποίηση των δεδομένων που θεμελιώνουν την προτεινόμενη επιστημονική γνώση (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Αυτά τα στοιχεία επιτρέπουν την αξιολόγηση, από την ευρύτερη επιστημονική κοινότητα, τόσο των δεδομένων που αξιοποιήθηκαν για να τεκμηριώσουν το σχετικό επιστημονικό ισχυρισμό όσο και του τρόπου με τον οποίο έχουν συλλεγεί και έχουν τύχει επεξεργασίας. Πρόσθετα στοιχεία που απαιτούνται κατά τη δημοσιοποίηση των επιστημονικών εξελίξεων παρέχουν τη δυνατότητα να εξετασθούν από την επιστημονική κοινότητα ενδεχόμενα αθέμιτες επιρροές εξωγενών παραγόντων στους επιστήμονες και τους οργανισμούς που εμπλέκονται.

Σε επίπεδο κοινωνικής λειτουργίας, η επιστημονική γνώση είναι δημόσια γνώση και πρέπει να είναι ελεύθερη και διαθέσιμη σε άλλους επιστήμονες, ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη πρόοδος της επιστημονικής έρευνας (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004).

*Η κοινωνικοπολιτισμική εξάρτηση της επιστήμης  
και η υποκειμενικότητα της επιστημονικής γνώσης*

Η επιστήμη δεν λειτουργεί ανεξάρτητα από την κοινωνία. Αντιθέτως, επηρεάζει κι επηρεάζεται από τα ποικίλα στοιχεία της κουλτούρας μέσα στην οποία αναπτύσσεται. Οι επιστήμονες δρουν σε ένα κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο, το οποίο συνδέεται με τις δεσμεύσεις τους (ηθικές, λειτουργικές κ.ά.) και αλληλεπιδρά δυναμικά με τις πεποιθήσεις τους, όσον αφορά στη φύση του σύμπαντος, καθώς και με τις προηγούμενες εμπειρίες, τις φιλοδοξίες και τις προσδοκίες τους, ώστε σε τελική ανάλυση να επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται και δρουν (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Το κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο επηρεάζει την προτεραιότητα που δίνεται στα ερωτήματα που διερευνώνται και στο είδος της ερευνητικής μεθοδολογίας που ακολουθεί-

ται (AAAS, 1993). Επιπλέον, επηρεάζει επίσης τον τρόπο με τον οποίο καταγράφονται και παρουσιάζονται τα επιστημονικά ευρήματα και την αυστηρότητα και την περιεκτικότητα των ελέγχων στους οποίους εκτίθεται κάθε νέο επίτευγμα προτού δημοσιοποιηθεί ή θεωρηθεί μέρος της εδραιωμένης επιστημονικής γνώσης (Bell, 2004). Ταυτόχρονα, οι κοινωνικοπολιτισμικές αξίες επιδρούν στην επιστήμη οδηγώντας συχνά στην απόρριψη ή εδραίωση επιστημονικών θεωριών (Abd-El-Khalick & Lederman 2000, Lederman et al. 2002). Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε μερικές περιπτώσεις, μια θεωρία μπορεί να αλλάξει ως αποτέλεσμα της δράσης ενός ατόμου ή μιας ομάδας ατόμων εκτός του συνηθισμένου πλαισίου. Αυτές οι ανατροπές οδηγούν στις αλλαγές επιστημονικού παραδείγματος στην επιστήμη (Kuhn, 1970).

Η επιστήμη ως τρόπος σκέψης και ως πλέγμα θεωριών έχει υποκειμενική και θεωρητικά εξαρτημένη βάση, όσον αφορά σε αρκετές πτυχές της όλης διεργασίας: στον καθορισμό των επιδιώξεων και των ερωτήσεων που διερευνώνται, στον τρόπο που εκτελούνται οι διερευνήσεις, στις παρατηρήσεις που καταγράφονται και σε αυτές που δεν καταγράφονται, στις ερμηνείες των δεδομένων και στα συμπεράσματα που διατυπώνονται.

Από την ίδια τη φύση της η επιστημονική διεργασία εμπεριέχει το υποκειμενικό στοιχείο: οι επιστήμονες δεν έχουν άμεση πρόσβαση στα πιο πολλά φυσικά φαινόμενα και η αναζήτηση ποτέ δεν ξεκινά από ουδέτερες παρατηρήσεις (Kuhn, 1970). Επιπρόσθετα, οι δομεύσεις των επιστημόνων σε συγκεκριμένα θεωρητικά πλαίσια, σε προηγούμενες εμπειρίες και προδοκίες, στο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο, αλλά και σε προηγούμενη εκπαίδευση και γνώσεις τείνουν να ενισχύουν την υποκειμενικότητα της επιστημονικής γνώσης. Ως αποτέλεσμα, είναι σύνηθες τα ίδια δεδομένα να ερμηνεύονται με ποικίλους τρόπους (Niaz, 2001). Για παράδειγμα, για πολλά χρόνια η μελέτη των θηλαστικών από άνδρες επιστήμονες εστιαζόταν στην ανταγωνιστική κοινωνική συμπεριφορά των αρσενικών μελών. Αργότερα, μέσα από την ενασχόληση γυναικών επιστημόνων δόθηκε έμφαση στη σημασία της συμπεριφοράς των θηλυκών όσον αφορά στην επικοινωνία (AAAS, 1993).

#### **A. Κύριες μαθησιακές επιδιώξεις των Φυσικών Επιστημών ως προς τη φύση της επιστήμης**

- Ο ρόλος των εμπειρικών δεδομένων και η δομή του πειράματος στην επιστήμη.
- Η φύση και η λειτουργία των θεωριών και των νόμων και η μεταξύ τους διάκριση.
- Ο αβέβαιος και δυναμικός χαρακτήρας των επιστημονικών θεωριών.
- Η διασφάλιση της ποιότητας του επιστημονικού έργου και η ανάγκη δημοσιοποίησης της επιστημονικής γνώσης.
- Η κοινωνικοπολιτιστική εξάρτηση της επιστήμης και η υποκειμενικότητα της επιστημονικής γνώσης.

#### **B. Αντίκρουση διάχυτων παρανοήσεων και υπέρβαση επιστημολογικών εμποδίων**

- Απουσία μιας μοναδικής «επιστημονικής μεθόδου».
- Η σχέση μεταξύ παρατηρήσεων και ερμηνειών και η διάκρισή μεταξύ τους.
- Ο ρόλος της δημιουργικότητας στην επιστήμη.
- Η διάκριση επιστήμης και τεχνολογίας.

Πίνακας 1. Επιστημολογικές διαστάσεις της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

## **Διάχυτες παρανοήσεις και επιστημολογικά εμπόδια σε σχέση με τη φύση της επιστήμης**

Πέραν από τις μαθησιακές επιδιώξεις των φυσικών επιστημών που σχετίζονται με τη φύση της επιστήμης, η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών έχει εντοπίσει μια σειρά από διαστάσεις οι οποίες σχετίζονται με παρανοήσεις που εμφανίζονται ευρέως ή επιστημολογικά εμπόδια τα οποία χρήζουν διδακτικού χειρισμού στο πλαίσιο των προγραμμάτων εκπαίδευσης. Ενδεικτικά, αναφέρονται πιο κάτω οι κυριότερες τέτοιες επιστημολογικές διαστάσεις.

### *Απουσία μιας μοναδικής «επιστημονικής μεθόδου»*

Η επιστημονική μέθοδος είναι ένας «μύθος» και απέχει πολύ από την πραγματικότητα όσον αφορά στο τι κάνουν οι επιστήμονες. Η επιστήμη δεν λειτουργεί εφαρμόζοντας κάποιο προκαθορισμένο αλγόριθμο ή μια συγκεκριμένη επιστημονική διαδικασία. Είναι αλήθεια ότι οι επιστήμονες παρατηρούν, συγκρίνουν, μετρούν, ελέγχουν, συλλογίζονται, κάνουν υποθέσεις, προβλέπουν, δημιουργούν ιδέες και γνωστικά εργαλεία και οικοδομούν θεωρίες κι επεξηγήσεις. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει μια και μοναδική σειρά βημάτων που πρέπει να ακολουθήσει κάποιος για να κάνει επιστήμη, ώστε να οδηγηθεί σε λειτουργική ή έγκυρη λύση, σίγουρη ή αληθινή γνώση. Αντίθετα, υπάρχουν πολλαπλές προσεγγίσεις και διεργασίες οι οποίες αξιοποιούνται συνδυαστικά στο πλαίσιο της επιστήμης και υπάρχει πάντοτε περιθώριο για ανθρώπινη επινόηση. Το μεθοδολογικό πλαίσιο των φυσικών επιστημών εμπεριέχει πολλές διεργασίες, μεθόδους, τεχνικές και εργαλεία τα οποία εξελίσσονται και επίσης χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση.

### *Η σχέση μεταξύ παρατηρήσεων και ερμηνειών και η διάκριση μεταξύ τους*

Οι παρατηρήσεις είναι περιγραφικές δηλώσεις για τα φυσικά φαινόμενα, οι οποίες συλλέγονται μέσω των ανθρώπινων αισθήσεων και των επεκτάσεών τους (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, Lederman et al., 2002) (π.χ. όργανα που ενισχύουν τις αισθήσεις μας - όπως τα μικροσκόπια - ή όργανα που επιτρέπουν τη συλλογή δεδομένων, κάπως διαφορετικών από αυτά που μπορούμε να ανιχνεύσουμε με τις αισθήσεις - όπως η ανίχνευση μαγνητικών πεδίων, η μέτρηση της ραδιενέργειας ή μη ορατής ακτινοβολίας). Οι επιστήμονες παρατηρούν παθητικά (π.χ. νιώθουν το σεισμό), συλλέγουν στοιχεία (π.χ. πέτρες, κοχύλια) και επενεργούν πάνω στο φυσικό περιβάλλον (π.χ. παρεμβαίνουν στο φλοιό της γης). Ενώ όμως, οι παρατηρήσεις περιορίζονται από τις ανιχνευτικές ικανότητες των ανθρώπων και είναι από τη φύση τους υποκειμενικές (Abd-El-Khalick et al., 1998), είναι γεγονός ότι οι παρατηρητές μπορούν με σχετική ευκολία να φτάσουν σε συμφωνία ως προς την περιγραφή μιας συγκεκριμένης παρατήρησης (Lederman et al., 2002).

Οι ερμηνείες των παρατηρήσεων είναι δηλώσεις για τα φαινόμενα και δεν προκύπτουν άμεσα από τις αισθήσεις μας ή τις επεκτάσεις των αισθήσεών μας. Για παράδειγμα, η έννοια της «βαρύτητας» είναι ερμηνευτική αφού μπορεί να εντοπισθεί ή να μετρηθεί μόνο μέσω των αποτελεσμάτων της, όπως είναι για παράδειγμα οι προβλεπόμενες τροχιές των

πλανητών, ή η απόκλιση του φωτός που έρχεται από τα αστέρια (Lederman et al., 2002).

Η κατανόηση της διαφοράς ανάμεσα στην *παρατήρηση* και την *ερμηνεία* αποτελεί το πρώτο βήμα στη διδακτική των φυσικών επιστημών για την κατανόηση της ποικιλίας των συμπερασματικών και θεωρητικών οντοτήτων και όρων που περιλαμβάνονται στην επιστήμη.

#### *Ο ρόλος της δημιουργικότητας στην επιστήμη*

Η εξέλιξη της επιστήμης δεν προκύπτει ως έμμεσο αποτέλεσμα της προσεκτικής παρατήρησης των δεδομένων και της εφαρμογής τυπικών κανόνων λογικής για την επεξεργασία τους. Αντίθετα, στηρίζεται, σε μεγάλο βαθμό, στη δημιουργικότητα η οποία υπεισέρχεται σε διάφορα στάδια της επιστημονικής έρευνας, όπως, για παράδειγμα κατά την επινόηση υποθέσεων, το σχεδιασμό ενός πειράματος και την ερμηνεία των δεδομένων που προκύπτουν από αυτό.

Η επινοτικότητα χρειάζεται, επίσης, για να αναγνωρίσει κάποιος το νόημα του απροσδόκητου. Κάποια δεδομένα, που μπορεί να αγνοήθηκαν από έναν επιστήμονα μπορεί να οδηγήσουν κάποιον άλλον σε νέες θεωρητικές αναζητήσεις (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Το αποτέλεσμα της δημιουργικής δραστηριότητας στην επιστήμη είναι η επινόηση συστημάτων επεξηγήσεων (δηλαδή θεωριών) που παρουσιάζουν εσωτερική συνοχή και συνέπεια, και η επινόηση μη άμεσα παρατηρήσιμων οντοτήτων ή διαδικασιών (π.χ. το ηλεκτρόνιο και η φυσική επιλογή, αντίστοιχα), με στόχο να ερμηνευθούν παρατηρήσεις (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

#### *Η διάκριση επιστήμης και τεχνολογίας*

Η επιστήμη είναι ένας μηχανισμός παραγωγής αξιόπιστης γνώσης. Η τεχνολογία είναι ένας μηχανισμός επίλυσης προβλημάτων και ανταπόκρισης σε ανθρώπινες ανάγκες. Η επιστήμη έχει ως κεντρικό σκοπό τη διερεύνηση των φυσικών φαινομένων και την επεξήγηση της λειτουργίας του κόσμου με όσο το δυνατό πιο απλό, λιτό και συνοπτικό τρόπο (Glasson & Bentley, 2000). Η τεχνολογία αποσκοπεί στη βελτίωση της ποιότητας ζωής μέσα από την επινόηση κατάλληλων οργάνων, εργαλείων, διεργασιών ή προϊόντων όπως είναι τα θερμόμετρα, η σκαπάνη, η διαδικτυακή επικοινωνία και τα φάρμακα.

Μια θεμελιώδης διεργασία στην επιστήμη είναι η διερεύνηση. Μια θεμελιώδης διεργασία στην τεχνολογία είναι ο σχεδιασμός. Συνεπώς, η επιστήμη και η τεχνολογία, παρόλο που αλληλεπιδρούν έντονα, συνιστούν διακριτούς κλάδους της ανθρώπινης δραστηριοποίησης, οι οποίοι διαφοροποιούνται ως προς τη βασική επιδίωξή τους και ως προς τα κεντρικά χαρακτηριστικά του μεθοδολογικού τους πλαισίου (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004).

Όσοι, ο ένας τομέας συμβάλλει στην εξέλιξη του άλλου, αφού η επιστήμη βοηθά με τις γνώσεις που παράγονται την τεχνολογία και η τεχνολογία, αφενός, προσδιορίζει ανάγκες για νέες επιστημονικές δράσεις και, αφετέρου, συνεισφέρει στην ανάπτυξη καλύτερων οργάνων και τεχνικών παρατήρησης, πειραματισμού και υπολογισμού για σκοπούς εξυπηρέτησης της επιστήμης (AAAS, 1993).

## ***Η χρησιμότητα της διδασκαλίας με αντικείμενο τη φύση της επιστήμης***

### *Επιστημολογική επάρκεια και εννοιολογική κατανόηση*

Μια πτυχή της συνεισφοράς των προσπαθειών εξοικείωσης των μαθητών με τη φύση της επιστήμης σχετίζεται με τη δυνατότητά της να στηρίζει την ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης σε σχέση με τις εδραιωμένες θεωρίες των φυσικών επιστημών. Συγκεκριμένα, μπορεί να συνεισφέρει στη διαμόρφωση ενός κατάλληλου πλαισίου που να προσδίδει νόημα στο εννοιολογικό υπόβαθρο. Η σύνδεση ανάμεσα σε αυτές τις δύο συνιστώσες της μάθησης στις φυσικές επιστήμες τεκμηριώνεται εμπειρικά με ερευνητικά δεδομένα που καταδεικνύουν τη θετική συσχέτιση ανάμεσα στις πεποιθήσεις των μαθητών για τη φύση της επιστήμης και τη δυνατότητά τους για ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης (Songer & Linn, 1991). Ένα απλό παράδειγμα που φανερώνει την υποστηρικτική δυνατότητα της επιστημολογικής επάρκειας σε σχέση με την προώθηση εννοιολογικής κατανόησης αφορά στην ερμηνεία της συμπεριφοράς ηλεκτρικών συστημάτων. Παρά το γεγονός ότι συχνά οι μαθητές είναι σε θέση να διατυπώσουν ορθές προβλέψεις για τη λειτουργία τους, χρησιμοποιώντας την ιδέα των ηλεκτρονίων, τείνουν να αποδίδουν σε αυτά υλική υπόσταση, κατατάσσοντας τα στην ίδια οντολογική κατηγορία με αντικείμενα όπως το δέντρο και το θρανίο (Chi et al., 1994) και αυτό δημιουργεί ένα ζήτημα για το κατά πόσο θα ήταν αποδεκτό να πιστωθούν με πραγματική εννοιολογική κατανόηση. Η επάρκεια των μαθητών θα μπορούσε να επωφεληθεί σε σημαντικό βαθμό από την κατανόσή τους για το ρόλο της δημιουργικότητας στην επιστήμη, τη δυνατότητα επινόησης θεωρητικών ιδεών, όπως το ηλεκτρόνιο, και το ρόλο των μοντέλων. Η ενημερότητα για αυτές τις επιστημολογικές ιδέες θα μπορούσε να λειτουργήσει συμπληρωματικά, ισχυροποιώντας την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών και περιορίζοντας, ταυτόχρονα, την άνευ νοήματος χρήση τεχνικής ορολογίας (Lederman, 2004).

### *Επιστημολογική επάρκεια και στάσεις των μαθητών σε σχέση με την επιστήμη*

Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών τείνει να εστιάζει συνήθως στην παρουσίαση βασικών νόμων και θεωριών σε περιγραφική μορφή και στην εφαρμογή μαθηματικών σχέσεων για την επίλυση ποσοτικών προβλημάτων (Kesidou & Roseman, 2002). Αυτό, ενδεχομένως, οδηγεί τους μαθητές να αναπτύξουν την εσφαλμένη αντίληψη ότι η μάθηση στις φυσικές επιστήμες στηρίζεται στην απομνημόνευση πληροφοριών και στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων (Hammer, 1995, Mazur, 1997), η οποία τείνει να υποσκάπτει την ανάπτυξη θετικών στάσεων σε σχέση με το μάθημα της επιστήμης (Driver et al., 1996). Η διδακτική επεξεργασία του περιεχομένου των φυσικών επιστημών με τρόπο που να τονίζει πτυχές της φύσης της επιστήμης, όπως ο κοινωνικός χαρακτήρας των επιστημονικών διεργασιών, μπορεί να συμβάλει στην κατάργηση αυτής της αντίληψης και να ενισχύσει το ενδιαφέρον και το κίνητρο των μαθητών για αυθεντική εμπλοκή με το μαθησιακό περιβάλλον των φυσικών επιστημών (Duschl, 1990, Lederman, 2004).

### *Επιστημολογική επάρκεια και συλλογιστικές στρατηγικές.*

Η επιστημολογική επάρκεια μπορεί να παρέχει ένα λειτουργικό πλαίσιο για τη στήριξη της προσπάθειας για καλλιέργεια δεξιοτήτων συλλογισμού και συλλογιστικών στρατηγικών. Μια πιθανή συνεισφορά της επιστημολογικής επάρκειας προς αυτή την κατεύθυνση σχετίζεται με τη διάκριση που γίνεται στη βιβλιογραφία ανάμεσα στην ικανότητα για εφαρμογή συλλογιστικών στρατηγικών (strategic competence) και στην κατανόηση του υποβάθρου και του οκεπτικού στο οποίο στηρίζονται (meta-strategic competence) (Kuhn, García-Mila, Zohar, & Andersen, 1995). Ένα σχετικό παράδειγμα που φανερώνει αυτό το σημείο συνδέεται με τη συλλογιστική στρατηγική του ελέγχου μεταβλητών, η οποία έχει λάβει αρκετά μεγάλη προσοχή στο ερευνητικό πεδίο της διδακτικής των φυσικών επιστημών (Chen & Klahr, 1999, Gott & Duggan, 2003, Linn & Lehman, 1999, Zohar, 1995). Η καλλιέργεια επάρκειας για συγκεκριμένα στοιχεία της φύσης της επιστήμης θα μπορούσε να στηρίξει την ανάπτυξη βαθύτερης κατανόησης για τις δυνατότητες και τους περιορισμούς της συγκεκριμένης στρατηγικής, ώστε να αποφεύγεται η μηχανική εκτέλεσή της και η λανθασμένη ερμηνεία των αποτελεσμάτων που παρέχει. Για παράδειγμα, η διδασκαλία θα μπορούσε να εστιάζει, παράλληλα με το συλλογιστικό μέρος, στην αδυναμία να διασφαλισθεί ότι έχουν ληφθεί υπόψη όλα τα πιθανά δεδομένα και στις συνέπειες που απορρέουν αναφορικά με τη βεβαιότητα με την οποία μπορούν να διατυπώνονται τα σχετικά συμπεράσματα.

### *Επιστημολογική επάρκεια και ικανότητα αλληλεπίδρασης με ζητήματα κοινωνικο-επιστημονικού χαρακτήρα*

Μια βασική πτυχή της αποστολής του εκπαιδευτικού συστήματος περιλαμβάνει την προετοιμασία των μαθητών, ώστε να μπορούν να αλληλεπιδρούν αποτελεσματικά με τα σύγχρονα ζητήματα κοινωνικο-επιστημονικού χαρακτήρα και να παρακολουθούν και να συνεισφέρουν στο δημόσιο διάλογο. Η κατανόηση βασικών στοιχείων για τη φύση της επιστήμης μπορεί να συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση καθιστώντας τους μαθητές ικανούς να αντιλαμβάνονται το ρόλο, την επίδωξη, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς της επιστήμης (Driver et al. 1996, Kolstø, 2001). Για παράδειγμα, η κατανόηση της αβεβαιότητας ως εγγενούς στοιχείου της επιστήμης, η εκτίμηση της σημασίας της αξιοπιστίας και η αναγνώριση βασικών στοιχείων που επηρεάζουν την αξιοπιστία των δεδομένων αποτελούν πτυχές της φύσης της επιστήμης οι οποίες συνδέονται άμεσα με την ικανότητα διαχείρισης ζητημάτων κοινωνικο-επιστημονικού χαρακτήρα.

### *Ενδοιασμοί αναφορικά με την καλλιέργεια επιστημολογικής επάρκειας*

Παρά την ευρεία αναγνώριση της ανάγκης για προώθηση επιστημολογικής επάρκειας υπάρχουν ερευνητές που διατυπώνουν ενδοιασμούς για την καταλληλότητά της ως αντικείμενου διδασκαλίας. Ένα σχετικό επιχείρημα στηρίζεται στην απουσία συναίνεσης για τον ορισμό της φύσης της επιστήμης (Kuhn, 1970, Latour, 1987) και εισηγείται ότι δεν θα



ήταν αποδεκτό να αναμένεται από τους μαθητές να αναπτύξουν κατανόηση για ένα θέμα για το οποίο δεν υπάρχει μια σαφώς καθορισμένη αντίληψη από τους ειδικούς που εκπροσωπούν το αντίστοιχο ακαδημαϊκό πεδίο. Ο Alters (1997) τεκμηριώνει αυτό το επιχειρήμα με εμπειρικά δεδομένα που καταδεικνύουν τη διάσταση στις απόψεις φιλόσοφων της επιστήμης αναφορικά με διάφορα χαρακτηριστικά της επιστήμης. Αυτή η θέση έχει συζητηθεί στη βιβλιογραφία και έχει κατακριθεί τόσο το μεθοδολογικό πλαίσιο το οποίο ακολουθήθηκε όσο και η ερμηνεία των δεδομένων που προέκυψαν (Osborne et al., 2003, Smith et al., 1997). Το βασικότερο αντεπιχείρημα προτείνει ότι η ασυμφωνία ανάμεσα στους φιλόσοφους της επιστήμης δεν αφορά στο εκπαιδευτικό σύστημα καθώς το μαθησιακό περιβάλλον των φυσικών επιστημών αποσκοπεί να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν κατανόηση για μερικά θεμελιώδη στοιχεία της φύσης της επιστήμης σε ένα απλό επίπεδο στο οποίο μπορεί να διασφαλισθεί συναίνεση (Osborne et al., 2003). Μια δεύτερη πτυχία του επιχειρήματος σχετίζεται με το γεγονός ότι η διδασκαλία θεμάτων για τα οποία δεν υπάρχει πλήρης συμφωνία στο αντίστοιχο ακαδημαϊκό πεδίο δεν περιορίζεται στη φύση της επιστήμης. Παρά το γεγονός ότι ο τομέας της φιλοσοφίας, από τη φύση του, ευνοεί τη συνεχή διαπραγμάτευση, αναδιατύπωση και επαναπροσδιορισμό ιδεών, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχουν αντίστοιχα παραδείγματα εννοιών, από το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών, οι οποίες τυγχάνουν διδακτικού χειρισμού χωρίς να καταγράφονται παρόμοιες επιφυλάξεις (Bell, 2004, Osborne et al., 2003).

### ***Το συμβατικό πρότυπο διδασκαλίας και η δυνατότητά του να προωθεί επιστημολογική επάρκεια***

Το συμβατικό πρότυπο διδασκαλίας τείνει να επικεντρώνεται αποκλειστικά στο εννοιολογικό περιεχόμενο και να αποφεύγει την άμεση διδακτική διαχείριση άλλων επιδιώξεων, περιλαμβανομένης της επιστημολογικής επάρκειας. Αυτό καθίσταται προφανές από τη δομή των σχολικών εγχειριδίων η οποία εστιάζεται στην περιγραφική παρουσίαση επιστημονικών θεωριών και νόμων σε τελική μορφή, και στην επίλυση ποσοτικών προβλημάτων (Kesidou & Roseman, 2002, Newton et al., 2002).

Η κάθε μαθησιακή επιδίωξη πρέπει να προωθείται μέσα από άμεση και στοχευμένη διδασκαλία. Η απόφαση για εξαίρεση κάποιας μαθησιακής επιδίωξης από διδακτικό χειρισμό πρέπει να τεκμηριώνεται και αυτό μπορεί να γίνει με δύο πιθανά επιχειρήματα. Το πρώτο αφορά γενικότερα στο βαθμό στον οποίο είναι αναγκαίο να διδάσκεται άμεσα μια μαθησιακή επιδίωξη. Συγκεκριμένα, αυτό το επιχειρήμα συνδέεται με την παραδοχή ότι υπάρχουν μαθησιακές επιδιώξεις οι οποίες αναπτύσσονται αυθόρμητα χωρίς να πρέπει απαραίτητα να τύχουν άμεσου διδακτικού χειρισμού. Πιο συγκεκριμένα, θεωρείται ότι προκύπτουν ως υποπροϊόν της επαφής των μαθητών με το μαθησιακό περιβάλλον και το εννοιολογικό περιεχόμενο και της απόκτησης σχετικών εμπειριών.

Το δεύτερο επιχειρήμα αφορά στην καταλληλότητα της μαθησιακής επιδίωξης σε σχέση με τις δυνατότητες των μαθητών στους οποίους απευθύνεται. Η ανάλυση της κάθε

μαθησιακής επίδωξης επιτρέπει τον καθορισμό επιμέρους στοιχείων που προϋποτίθενται για την επίτευξή της (π.χ. εννοιολογική κατανόηση για σχετικές ιδέες στις οποίες στηρίζεται και συλλογιστικές στρατηγικές). Αυτή η ανάλυση οδηγεί στη διατύπωση συγκεκριμένων προδιαγραφών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καθοριστεί κατά πόσο η υπό μελέτη μαθησιακή επίδωξη μπορεί να διδαχθεί σε μαθητές συγκεκριμένης ηλικίας. Για παράδειγμα, εάν δεν ικανοποιούνται τα προαπαιτούμενα στοιχεία μιας μαθησιακής επίδωξης τότε θα ήταν λογικό να εξαιρεθεί από τη διδακτική διαχείριση και να μετατεθεί χρονικά σε ένα μεταγενέστερο στάδιο όταν θα έχουν διασφαλισθεί προηγουμένως τα σχετικά προαπαιτούμενα και θα έχει καταστεί συμβατή με τις εξελικτικές δυνατότητες των μαθητών.

Η επόμενη ενότητα αναλύει το καθένα από τα δύο επιχειρήματα στην περίπτωση της μαθησιακής επίδωξης για επιστημολογική επάρκεια σε σχέση με τη φύση της επιστήμης με στόχο να τεκμηριώσει ότι κανένα από αυτά δεν μπορεί να δικαιολογήσει την τάση του συμβατικού προτύπου διδασκαλίας να αποφεύγει τον άμεσο διδακτικό χειρισμό της.

#### *Η επιστημολογική επάρκεια ως αυθόρμητο υποπροϊόν της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών*

Τα ερευνητικά δεδομένα από εμπειρικές εργασίες που έχουν δημοσιευθεί στη βιβλιογραφία της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αμφισβητούν την παραδοχή ότι η επιστημολογική επάρκεια αναπτύσσεται αυθόρμητα μέσα από το ευρύτερο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Αυτά τα εμπειρικά δεδομένα προκύπτουν από τέσσερις διαφορετικές κατευθύνσεις. Η πρώτη αφορά σε αξιολογήσεις του βαθμού κατανόησης των μαθητών για βασικά στοιχεία της φύσης της επιστήμης. Αυτά τα δεδομένα καταδεικνύουν με συνέπεια ότι οι μαθητές διαθέτουν αφελείς αντιλήψεις για τον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται και εγκυροποιείται η επιστημονική γνώση. Για παράδειγμα, τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα φανερώνουν την τάση των μαθητών να θεωρούν ότι (α) οι επιστημονικές θεωρίες αποτελούν αποδεδειγμένες, αντικειμενικά ορθές και μόνιμα αληθείς δηλώσεις για τη λειτουργία του φυσικού κόσμου, παρά δυναμικά και εξελισσόμενα πλαίσια ερμηνείας φαινομένων που χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα (β) η επιστήμη αποτελεί ένα αυστηρά δομημένο κλάδο που ακολουθεί μια προκαθορισμένη «επιστημονική μέθοδο» και (γ) οι επιστημονικές θεωρίες προκύπτουν άμεσα από την προσεκτική μελέτη και αξιολόγηση των εμπειρικών δεδομένων αποκλείοντας έτσι το ρόλο της δημιουργικότητας και της ανθρώπινης επινόησης (Driver et al., 1996, Kang et al., 2005, Lederman 2007, Sadler et al., 2004)

Η δεύτερη πηγή δεδομένων αφορά στη σύγκριση των επιστημολογικών αντιλήψεων μαθητών από διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης καθώς επίσης και εκπαιδευτικών. Αυτή η ερευνητική κατεύθυνση φανερώνει την απουσία σημαντικής διαφοροποίησης (Kang et al. 2005, Lederman 2007) και εισηγείται ότι η ηλικιακή ωρίμανση και η αυξανόμενη έκθεση των μαθητών στη διδακτική πρακτική που υλοποιείται παραδοσιακά στο συμβατικό εκπαιδευτικό σύστημα δεν έχει σημαντική επίδραση στις αντιλήψεις τους για τη φύση της επιστήμης και δεν επιτυγχάνει να συμβάλει στην προώθηση επιστημολογικής επάρκειας (Lederman, 2007).

Η τρίτη κατεύθυνση αφορά σε δεδομένα που προέκυψαν στο πλαίσιο διδακτικών

παρεμβάσεων αξιοποιώντας μαθησιακά περιβάλλοντα που έχουν σχεδιαστεί ειδικά, ώστε να εμπλέκουν τους μαθητές συστηματικά σε αυθεντικές διεργασίες διερώτησης χωρίς, ωστόσο, να συζητούνται άμεσα επιστημολογικά ζητήματα που αφορούν στη φύση της επιστήμης. Τα δεδομένα από την αξιολόγηση του αναμενόμενου μαθησιακού οφέλους σε σχέση με τις επιστημολογικές αντιλήψεις των μαθητών καταδεικνύουν, παραδόξως, ότι η συστηματική τους εμπλοκή με διεργασίες που περιλαμβάνονται στην επιστημονική έρευνα (π.χ. μελέτη παρατηρήσεων, αξιοποίηση εμπειρικών δεδομένων για τη διατύπωση υποθέσεων) δεν αποτελεί επαρκή και ικανή συνθήκη για τη βελτίωση των επιστημολογικών τους αντιλήψεων (Lederman, 2007, Meichtry, 1992, Sandoval & Morrison, 2003).

Τέλος, η τέταρτη πηγή δεδομένων εστιάζει στη μελέτη των αντιλήψεων επιστημόνων οι οποίοι κατέχουν διδακτορικούς τίτλους σε διάφορα πεδία των φυσικών επιστημών (π.χ. θεωρητική φυσική, οργανική χημεία κ.τ.λ.) και δραστηριοποιούνται ερευνητικά σε αυτά. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτή την κατεύθυνση καταδεικνύουν ότι ακόμη και σε αυτές τις περιπτώσεις εντοπίζονται συχνά αντιλήψεις που βρίσκονται σε σύγκρουση με κοινά αποδεκτές ιδέες στο χώρο της φιλοσοφίας της επιστήμης (Schwartz & Lederman, υπό δημοσίευση). Δύο ενδεικτικά παραδείγματα αφορούν στην τάση να αποδίδεται ιεραρχική σύνδεση ανάμεσα στους νόμους και τις θεωρίες, παρά να αναγνωρίζονται ως διακριτές δομές της επιστημονικής γνώσης, και στην αντίληψη ότι η δημιουργικότητα υπεισέρχεται στο στάδιο του σχεδιασμού μιας πειραματικής προσέγγισης αλλά δεν αφορά στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων που προκύπτουν. Αυτά τα δεδομένα φανερώνουν ότι η επιστημολογική επάρκεια δεν αναπτύσσεται ολοκληρωτικά ακόμη και σε περιπτώσεις όπου υπάρχει μια συνεχής και συστηματική σύνδεση με την έρευνα σε ακαδημαϊκά πεδία της επιστήμης. Αυτό αποτελεί μια ισχυρή ένδειξη κατά της εγκυρότητας της παραδοχής ότι η επιστημολογική επάρκεια μπορεί να προκύψει έμμεσα ως υποπροϊόν της εξοικείωσης με το εννοιολογικό περιεχόμενο και άλλες πτυχές των φυσικών επιστημών όπως οι δεξιότητες συλλογισμού και η ικανότητα ποσοτικής ανάλυσης.

#### *Η εξελικτική καταλληλότητα της επιστημολογικής επάρκειας ως αντικείμενου διδασκαλίας*

Ένα εύρημα που έχει προκύψει στο ερευνητικό πεδίο της διδακτικής των φυσικών επιστημών είναι ότι είναι εφικτή η επίδραση στις επιστημολογικές αντιλήψεις των μαθητών για τη φύση της επιστήμης, ξεκινώντας από τη δημοτική εκπαίδευση (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Αυτά τα δεδομένα έχουν άμεσες προεκτάσεις για το βαθμό πολυπλοκότητας και την εξελικτική καταλληλότητα της φύσης της επιστήμης, ως αντικείμενου διδασκαλίας. Παρόλο που δεν θα ήταν αποδεκτό να ισχυριστεί κανείς ότι μπορούν να διδαχθούν όλες οι πτυχές της φύσης της επιστήμης στο δημοτικό σχολείο ή στο γυμνάσιο είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι υπάρχουν κάποιες βασικές επιστημολογικές ιδέες οι οποίες είναι αρκετά απλές, ώστε να μπορούν να τύχουν αποτελεσματικού διδακτικού χειρισμού, μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένα μαθησιακά περιβάλλοντα, χωρίς στη διδασκαλία της επιστήμης (Carey et al., 1989, Khishfe & Abd-el-Khalick, 2002, Khishfe & Lederman, 2006). Ένα βασικό εύρημα που έχει προκύψει σε αυτό το πλαίσιο και αξίζει να σημειωθεί αφορά σε

ένα παράγοντα που καθορίζει, σε μεγάλο βαθμό, την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας για καλλιέργεια επιστημολογικής επάρκειας. Πιο συγκεκριμένα, τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι μια αναγκαία συνθήκη για την προώθηση επιστημολογικής επάρκειας περιλαμβάνει την εμπλοκή των μαθητών σε άμεση και στοχευμένη συζήτηση επιστημολογικού χαρακτήρα αναφορικά με τις επιδιωκόμενες πτυχές της φύσης της επιστήμης (Lederman, 2007, Sandoval & Morrison, 2003).

## Σχεδιασμός και ανάπτυξη επιστημολογικά ενημερωμένου διδακτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες

Η Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες προώθει ένα συντονισμένο ερευνητικό πρόγραμμα ανάπτυξης διδακτικού υλικού το οποίο προσεγγίζει τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες ως ένα σύνθετο οικοδόμημα το οποίο αναλύεται σε διάφορες συνιστώσες. Ανάμεσα σε αυτές περιλαμβάνεται η *απόκτηση εμπειριών* με το φυσικό κόσμο, η ανάπτυξη *εννοιολογικής κατανόησης* για τους μηχανισμούς λειτουργίας φυσικών φαινομένων και συστημάτων, η ικανότητα επιλογής και εφαρμογής αξιόπιστων *συλλογιστικών στρατηγικών* για την επεξεργασία δεδομένων και τη διατύπωση έγκυρων συμπερασμάτων, οι δεξιότητες αποτελεσματικής αλληλεπίδρασης με διεργασίες διερεύνησης (π.χ. χρήση οργάνων μέτρησης, οργάνωση πειραματικών δεδομένων και επικοινωνία αποτελεσμάτων χρησιμοποιώντας κατάλληλες αναπαραστάσεις), η *επιστημολογική επάρκεια* σε σχέση με τη φύση της επιστήμης και η ανάπτυξη θετικών στάσεων σε σχέση με τις φυσικές επιστήμες και τη διερεύνηση. Η μάθηση στις φυσικές επιστήμες προκύπτει μέσα από την ενιαία ανάπτυξη όλων των επιμέρους συνιστωσών. Συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για μετάθεση στο οκεπτικό στο οποίο στηρίζεται το συμβατικό πρότυπο διδασκαλίας, ώστε να διατυπώνονται μαθησιακές επιδιώξεις που εκτείνονται πέρα από το εννοιολογικό περιεχόμενο και καλύπτουν το εύρος των συνιστωσών. Αυτό, ωστόσο, δεν σημαίνει ότι κάθε διδακτική ενότητα θα πρέπει να περιλαμβάνει επιδιώξεις (και αντίστοιχες δραστηριότητες) για όλες τις συνιστώσες αλλά ότι η διδασκαλία των φυσικών επιστημών, συνολικά, θα πρέπει να επιδιώκει άμεσα και ρητά την προώθηση όλων των συνιστωσών.

Πιο κάτω ακολουθεί η περιγραφή μιας διδακτικής ενότητας που έχει αναπτυχθεί από την ερευνητική ομάδα για προώθηση επιστημολογικής επάρκειας. Όπως αναλύεται στη συνέχεια, το διδακτικό υλικό εστιάζει στη συνδυασμένη προώθηση κατανόησης για βασικές πτυχές της φύσης της επιστήμης και εννοιολογικής κατανόησης για την ενέργεια.

### *Μια διδακτική επιδίωξη για προώθηση επιστημολογικής επάρκειας: Η περίπτωση του ερευνητικού προγράμματος ΕΚΤΕΜΑ*

Λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη τεχνογνωσία, το ερευνητικό πρόγραμμα ΕΚΤΕΜΑ στηρίζεται στη θέση ότι η προώθηση επιστημολογικής επάρκειας για τη φύση

της επιστήμης χρειάζεται να προωθείται άμεσα στο πλαίσιο ειδικά σχεδιασμένων μαθησιακών περιβαλλόντων. Έτσι, το ίδιο ακριβώς σκεπτικό που εφαρμόζει στην περίπτωση των εννοιολογικά προσανατολισμένων μαθησιακών επιδιώξεων, το οποίο επιβάλλει την ανάπτυξη ο σχετικών ακολουθιών δραστηριοτήτων για την άμεση προώθησή τους (π.χ. δραστηριότητες για ανάπτυξη λειτουργικού ορισμού για έννοιες ή φυσικά μεγέθη όπως η μάζα και η θερμοκρασία), θα πρέπει να ισχύει και στην περίπτωση της επιστημολογικής επάρκειας (π.χ. δραστηριότητες για προώθηση κατανόησης για το ρόλο της δημιουργικότητας στην ανάπτυξη επιστημονικών θεωριών).

Το διδακτικό υλικό που έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του προγράμματος ΕΚΤΕΜΑ αποσκοπεί στη συνδυασμένη προώθηση (α) εννοιολογικής κατανόησης για την ενέργεια και, (β) επιστημολογικής επάρκειας για το δυναμικό χαρακτήρα των επιστημονικών θεωριών και το ρόλο της ανθρώπινης δημιουργικότητας και επινόησης στη διαμόρφωση και εξέλιξή τους.

Το πρόγραμμα συνδέεται με την πρόκληση που παρουσιάζει η διδασκαλία της ενέργειας, ιδιαίτερα στις βαθμίδες του δημοτικού και του γυμνασίου (Arons, 1999, Driver & Millar, 1986, Duit, 1981, 1986, 1987, Solomon, 1992). Η ενέργεια αποτελεί μια αφηρημένη μαθηματική ιδέα που έχει επινοηθεί στην επιστήμη λόγω της δυνατότητας που παρέχει για ποσοτική ανάλυση της συμπεριφοράς συστημάτων, η οποία απορρέει από το σχετικό νόμο διατήρησης. Ταυτόχρονα, η κατανόηση για την ενέργεια αποτελεί βασική μαθησιακή επιδίωξη της διδασκαλίας της επιστήμης, ξεκινώντας από τη δημοτική εκπαίδευση. Η ασυμβατότητα που παρατηρείται ανάμεσα στην αφηρημένη φύση της ενέργειας και στις γνωστικές δυνατότητες των μαθητών σε αυτές τις ηλικίες δημιουργεί την ανάγκη για διδακτικό μετασχηματισμό, ώστε να καταστεί εφικτή η ανάπτυξη ενός απλουσιευμένου, εξελικτικά κατάλληλου, αλλά, ταυτόχρονα, έγκυρου μοντέλου για την ενέργεια.

Το πρόγραμμα ΕΚΤΕΜΑ προτείνει μια επιστημολογικά ενημερωμένη διδακτική προσέγγιση για τη διαμόρφωση ενός πλαισίου εισαγωγής και διδακτικής διαπραγμάτευσης της ενέργειας. Το συμβατικό πρότυπο διδασκαλίας χειρίζεται, συνήθως, την ενέργεια ως ένα μεμονωμένο φυσικό μέγεθος, μια έννοια στο πεδίο της μηχανικής. Σε αντίθεση, το πρόγραμμα ΕΚΤΕΜΑ προτείνει ότι θα μπορούσε, εναλλακτικά, να τύχει διδακτικού χειρισμού σε ένα επιστημολογικά προσανατολισμένο πλαίσιο. Πιο συγκεκριμένα, η διδακτική πρόταση στηρίζεται στην εισαγωγή της ενέργειας ως ενός θεωρητικού πλαισίου, παρά ως μιας μεμονωμένης έννοιας, το οποίο έχει επινοηθεί στην επιστήμη για την ενοποιημένη ερμηνεία μεταβολών σε φυσικά συστήματα, ανεξάρτητα από το πεδίο από το οποίο προέρχονται<sup>1</sup>.

Το διδακτικό υλικό μπορεί να διακριθεί σε δύο βασικές ενότητες. Στην πρώτη επιχειρείται η διαμόρφωση ενός επιστημολογικού πλαισίου στο οποίο εισάγεται, σε επόμενο στάδιο, η ενέργεια. Αυτό το πλαίσιο αναφέρεται στις ακόλουθες ιδέες από τη φύση της επιστήμης:

<sup>1</sup> Μια πιο λεπτομερής περιγραφή της ακολουθίας δραστηριοτήτων μέσα από τις οποίες προωθείται η σταδιακή διαπραγμάτευση της ενέργειας είναι διαθέσιμη στην ηλεκτρονική σελίδα του προγράμματος ΕΚΤΕΜΑ στη διεύθυνση <http://bg.ucy.ac.cy/tesearch/ekteta>.

(α) διάκριση ανάμεσα στις παρατηρήσεις και την ερμηνεία της παρατήρησης, με έμφαση στο γεγονός ότι η ερμηνεία δεν ενυπάρχει στα δεδομένα, παρόλο που στηρίζεται σε αυτά, αλλά αποτελεί προϊόν ανθρώπινης επινόησης, (β) οι επιστημονικές θεωρίες ως συγκροτημένα πλαίσια ιδεών για την ερμηνεία και πρόβλεψη παρατηρήσεων που εντάσσονται σε μια συγκεκριμένη κλάση φαινομένων, (γ) ο ρόλος της δημιουργικότητας στην επινόηση θεωριών, με έμφαση στη δυνατότητα επινόησης θεωρητικών/υποθετικών οντοτήτων και (δ) ο αβέβαιος και δυναμικός χαρακτήρας των επιστημονικών θεωριών.

Στην επόμενη ενότητα, αξιοποιώντας την επιστημολογική συζήτηση που έχει προηγηθεί, εισάγεται και τυγχάνει σταδιακής διαπραγμάτευσης η ενέργεια ως ένα θεωρητικό πλαίσιο που έχει επινοηθεί στην επιστήμη με στόχο την ενιαία ερμηνεία μεταβολών σε φυσικά συστήματα. Η βασική ιδέα στην οποία στηρίζεται η αρχική εκδοχή του θεωρητικού πλαισίου είναι ότι η ενέργεια είναι μια υποθετική οντότητα που υπάρχει σε ένα σύστημα και η οποία μπορεί να διαδίδεται από ένα μέρος του σε κάποιο άλλο, ή να μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη, προκαλώντας με αυτό τον τρόπο μεταβολές σε μετρήσιμα μεγέθη. Σε επόμενο στάδιο, οι μαθητές καθοδηγούνται να αναπτύξουν την ιδέα της *ενεργειακής αλυσίδας* ως ενός μοντέλου που επιτρέπει την εφαρμογή του θεωρητικού πλαισίου της ενέργειας στο υπό μελέτη φυσικό σύστημα σε κάθε περίπτωση. Αυτό το μοντέλο αξιοποιείται στη συνέχεια για την ποιοτική ανάλυση της συμπεριφοράς φυσικών συστημάτων, περιγράφοντας την πορεία της ενέργειας με αναφορά στις σχετικές μορφές ενέργειας σε *διάδοση* και *αποθήκευση*. Μέσα από την ανάλυση επιλεγμένων συστημάτων με το μοντέλο της ενεργειακής αλυσίδας προωθείται η εισαγωγή της ιδιότητας της ενέργειας να διατηρείται σταθερή σε ποσότητα και, ταυτόχρονα, να διασκορπίζεται στο σύστημα και να υποβαθμίζεται σε ποιότητα.

### ***Πρώτη επιστημολογικής επάρκειας στο πλαίσιο του διδακτικού υλικού***

Η κατανόηση των μαθητών για τις υπό έμφαση πτυχές της φύσης της επιστήμης προωθείται μέσα από την άμεση και στοχευμένη εμπλοκή τους σε επιστημολογική συζήτηση σε τρία διαφορετικά πλαίσια, τα οποία συζητούνται πιο κάτω.

#### *Επιστημολογική συζήτηση ανεξάρτητα από το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών*

Η πρώτη δραστηριότητα στο διδακτικό υλικό περιλαμβάνει επιστημολογική συζήτηση αναφορικά με τη διαφοροποίηση ανάμεσα στην *παρατήρηση* και την *ερμηνεία παρατήρησης* σε ένα πλαίσιο το οποίο δεν παρουσιάζει σύνδεση με το αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών (Lederman & Abd-El-Khalick, 2000). Συγκεκριμένα, ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν παρατηρήσεις σε σχέση με ένα διάγραμμα που περιλαμβάνει μια διάταξη από στίγματα/ίχνη και να διατυπώσουν πιθανές ερμηνείες για την εμφάνιση της παρατηρούμενης διάταξης. Σε αυτό το πλαίσιο, οι μαθητές εμπλέκονται σε επιστημολογική συζήτηση για (α) τη διευκρίνιση του όρου *παρατήρηση* (πληροφορίες που καταγράφονται

με τις αισθήσεις μας ή με τις πρόσθετες δυνατότητες που παρέχουν τα όργανα μέτρησης) και τη διάκρισή του από την *ερμηνεία παρατήρησης*, η οποία αναφέρεται σε κάποιο μηχανισμό που εξηγεί τις υπό μελέτη παρατηρήσεις, (β) το ρόλο της ανθρώπινης δημιουργικότητας στην επινόηση μηχανισμών για την ερμηνεία παρατηρήσεων, καθώς οι μηχανισμοί δεν ενυπάρχουν στα εμπειρικά δεδομένα αλλά εκτεινούνται πέρα από αυτά και αποτελούν προϊόν ανθρώπινης επινόησης, (γ) τη δυνατότητα για πολλαπλές πιθανές ερμηνείες για τις ίδιες παρατηρήσεις και (δ) τη σύγκριση της σχετικής ευκολίας με την οποία αναμένεται να μπορεί να διασφαλισθεί συναίνεση, αφενός, γύρω από τις παρατηρήσεις και, αφετέρου, για την ερμηνεία των παρατηρήσεων.

*Επιστημολογική συζήτηση στο πλαίσιο της μελέτης περιπτώσεων από την ιστορία των φυσικών επιστημών*

Οι μαθητές εμπλέκονται σε επιστημολογική συζήτηση στο πλαίσιο δύο μελετών περίπτωσης από την ιστορία των φυσικών επιστημών. Η πρώτη αφορά στην αριστοτελική φυσική για την κίνηση και η δεύτερη στη θεωρία του θερμιδικού. Η κάθε μελέτη περίπτωσης συνοδεύεται από σχετικές δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές καθοδηγούνται να εντοπίσουν τις σχετικές παρατηρήσεις (π.χ. μεταβολές στη θερμοκρασία δύο σωμάτων που αλληλεπιδρούν) και το μηχανισμό που έχει προταθεί για την ερμηνεία τους (π.χ. διάδοση θερμιδικού από το ζεστό στο κρύο σώμα).

*Επιστημολογική συζήτηση στο πλαίσιο της επεξεργασίας του θεωρητικού πλαισίου ενέργειας*

Κατά τη διαπραγμάτευση του θεωρητικού πλαισίου της ενέργειας μέσα από τη σταδιακή εισαγωγή των βασικών ιδιοτήτων της (διάδοση, μετατροπή μορφής, διατήρηση, υποβάθμιση) δίνεται έμφαση σε κάθε περίπτωση, στην ανάδειξη της συνεισφοράς τους στην ενίσχυση της προβλεπτικής και ερμηνευτικής δυνατότητας του θεωρητικού πλαισίου. Έτσι, οι μαθητές εμπλέκονται συστηματικά σε σχετικές επιστημολογικές συζητήσεις. Για παράδειγμα κατά την εισαγωγή της ενέργειας οι μαθητές εμπλέκονται σε συζήτηση για το αίτημα της απλότητας και την ανάγκη διασφάλισης ότι η οποιαδήποτε επινόηση χρειάζεται να συμβάλλει στη βελτίωση της προβλεπτικής και ερμηνευτικής δυνατότητας της επιστήμης. Αυτό παρέχει ένα πλαίσιο για επιστημολογική συζήτηση δύο σχετικών ζητημάτων. Το πρώτο αφορά στη σημασία της ενοποίησης φαινομένων ως ένδειξης βελτίωσης της κατανόησης σε σχέση με τη λειτουργία τους (π.χ. η ενοποιημένη προσέγγιση φαινομένων που θεωρούνταν διακριτά και ασύνδετα αποτελεί βήμα προόδου για την κατανόησή τους). Το δεύτερο ζήτημα αφορά στη συνεισφορά της ενέργειας, η οποία επιδιώκει την ενοποίηση της ανάλυσης φυσικών φαινομένων προς αυτή την κατεύθυνση.

## Καταληκτικά σχόλια

Στην παρούσα εργασία επιχειρήσαμε να θεμελιώσουμε την άποψη για πιο ρητή προώθηση της επιστημολογικής επάρκειας σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες συνιστώσες της μάθησης στις φυσικές επιστήμες. Παρουσιάσαμε τα στοιχεία που έχουν προκύψει μέσα από έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών υπέρ αυτής της άποψης. Αναλύσαμε το περιεχόμενο του όρου φύση της επιστήμης, όπως προσδιορίζεται στο γνωστικό αντικείμενο της Φιλοσοφίας. Με βάση αυτή την ανάλυση προσδιορίσαμε ένα πλέγμα αξόνων που μπορούν να καθοδηγούν τις διδακτικές προσπάθειες για προώθηση της εξοικείωσης των μαθητών με τη φύση της επιστήμης. Τέλος, σε μια προσπάθεια να τεκμηριώσουμε τη δυνατότητα εφαρμογής αυτού του διδακτικού πλαισίου, περιγράψαμε ένα παράδειγμα από τον σχεδιασμό διδακτικού υλικού σε σχέση με την έννοια της ενέργειας, το οποίο αποσκοπεί στην ενίσχυση της επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών.

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F. & Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88, 785-810.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of NOS. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057- 1095.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L and Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural, *Science Education*, 82, 417-436.
- Alters, B. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- American Association for the Advancement of Science (1993) *Benchmarks for Science Literacy*. Project 2061.USA: Oxford University Press.
- Arons, A. (1999). Development of energy concepts in introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 67(12), 1063-1067.
- Bartholomew, H., Osborne, J. and Ratcliffe, M. (2004). Teaching students' "ideas – about –science": five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88, 655-682.
- Bell, R. L. (2004). Perusing Pandora's box. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and the nature of science* (pp. 427-446). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Unger, C., & Jay, E. (1989). An experiment is when you try and see if it works: A study of grade 7 students' understandings of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.
- Chen, A., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child development*, 70(5), 1098-1120.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & Leeuw, N. D. (1994). From things to processes: A theory of



- conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Curd M. and Cover, J. A. (1998). *Philosophy of science: the central issues*. W. W. Norton & Co., NY.
- Driver, R., & Millar, R. (Eds.). (1986). *Energy matters*: University of Leeds.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Duit, R. (1981). Understanding energy as conserved quantity. *European Journal of Science Education*, 3(3), 291-301.
- Duit, R. (1986). In search of an energy concept. In R. Driver & R. Millar (Eds.), *Energy matters* (pp. 67-102). Leeds: University of Leeds.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, 9, 139-145.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: The importance of scientific theories and their development*. New York: Teachers College Press.
- Flick, L.B. & Lederman, N.G. (2004). *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gago, J.M., Caro, P., Constantinou, C.P., Davies, Gr., Parchmann, I., Rannikmaa, M., Sjöberg, Sv., Ziman, J. (2004). *Europe Needs More Scientists: Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*. Report of the High Level Group on Human Resources for Science and Technology in Europe, European Commission, DG Research, Brussels.
- Glasson, G.E. & Bentley, M.L. (2000) Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. *Science Education*, 84(4), 469-485.
- Gott, R., & Duggan, S. (2003). *Understanding and using scientific evidence*. London: Sage Publications.
- Hammer, D. (1995). Epistemological considerations in teaching introductory physics. *Science Education*, 79(4), 393-413.
- Kang, S., Scharmann, C. L., & Noh, T. (2005) Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89, 314-334.
- 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.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth grades' views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551- 578.
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Kolstø, S. D. (2001). 'to trust or not to trust,' pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*,

- 23(9), 877 - 901.
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A. and Andersen, C. (1995) Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the society for research in child development*, 60 (4, Serial No. 245).
- Kuhn, T.S., (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Ladyman, J. (2001). *Understanding the philosophy of science*. Routledge, London.
- Latour, B. (1987) *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press
- Lederman, G. N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-360.
- Lederman, N. G. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and the nature of science* (pp. 301-317). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present and future. In K. S. Abell & G. N. Lederman (Eds.), *Handbook of research in science education* (pp. 831-880). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N., & Abd-El-Khalick, F. (2000). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education* (pp. 83-126).
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. & Schwartz, R. (2002). "View of nature of science questionnaire": toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Linn, X., & Lehman, J. (1999). Supporting learning of variable control in a computer based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 937-858.
- Mazur, E. (1997) *Understanding or memorization: Are we teaching the right thing*, Conference on the Introductory Physics Course. New York: Wiley.
- McComas, F. W. (2000). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case study of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.
- National Research Council of the National Academies (2007). Duschl, R.A., Schweingruber, H. A., House, A. W. (eds.) *Taking science to school: learning and teaching science in Grades K-8*, The National Academies Press, Washington DC.
- National Science Board (2003). *The Science and Engineering workforce: realizing America's potential*. <http://www.nsf.gov/nsb/documents/2003/nsb0369/nsb0369.pdf>.
- Newton, L. D., Newton, D. P., & Blake, A. (2002). Do primary school science books for children show a concern for explanatory understanding? *Research in Science &*

- Technological Education, 20(2), 227-240.
- Niaz M., (2001). Understanding Nature of Science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85, 684-690.
- OECD (2006). *Women in scientific careers: unleashing the potential* (Complete Edition - ISBN 9264025375).
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. and Duschl, R. (2003). What “ideas-about science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Rosenberg, A. (2005). *Philosophy of science: a contemporary introduction*. Routledge, NY.
- Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004) Student conceptualisations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26, 387-409.
- Sandoval, A. W., & Morrison, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392.
- Schwartz, R., & Lederman, N. (υπό δημοσίευση). What scientists say: scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G. & Crawford, B.A. (2004). Developing views of Nature of Science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Teacher Education*, 88, 610-645.
- Selley, J. N. (1989). Philosophies of science and their relation to scientific processes and the science curriculum. In J. Wellington (Ed.), *Skills and processes in science education*. London: Routledge.
- Smith, M., Lederman, N.G., Bell, R., McComas, W. F., & Clough, M. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: A response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 1101-1103.
- Smith, M.U. & Scharmann, L.C. (1999). Defining versus describing the NOS: a pragmatic analysis for classroom teacher and science educators. *Inc. Sc. Education*. 83, 493-509.
- Solomon, J. (1992). *Getting to know about energy: In school and in society*. London: Falmer Press.
- Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761-784.
- Zohar, A. (1995). Reasoning about interaction between variables. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1039-1063.



# Φυσικές επιστήμες για τον πολίτη: από την απόκρυψη στην αποκάλυψη της κειμενικότητας του εκπαιδευτικού υλικού στο σχολείο

**Κώστας Δημόπουλος**

*Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου*

---

## Εισαγωγή

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο με στόχο τη διαμόρφωση ευαισθητοποιημένων και υπεύθυνων πολιτών μιας πολυσύνθετης κοινωνίας η οποία εξαρτάται με ολόένα και περισσότερους τρόπους από την Επιστήμη και την Τεχνολογία, αποτελεί κεντρική επιδίωξη μιας σειράς εκπαιδευτικών μεταρρυθμίσεων σε πολλές χώρες του κόσμου, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των δυο τελευταίων δεκαετιών (AAAS, 1993, Aikenhead, 1990, Bybee, 1997, Fensham, 1997, Hurd, 1998). Η επιδίωξη αυτή προϋποθέτει τον επαναπροσανατολισμό της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών από μια προσέγγιση η οποία εμπνέεται από επιστημικές αρχές του εσωτερικού πεδίου των σχετικών γνωστικών αντικειμένων, προς μια προσέγγιση η οποία συγκροτείται με βάση τους όρους διεπαφής τους με την κοινωνία και το δημόσιο πεδίο ευρύτερα. Η βασική λογική της σχετικής μετάβασης αναπαρίσταται στο σχήμα 1.

Οι επεξεργασίες ωστόσο σχετικά με τον εν λόγω επαναπροσανατολισμό, συνήθως εξαντλούνται στη διαμόρφωση διαφορετικών αρχών επιλογής περιεχομένου για τα Αναλυτικά Προγράμματα και δεν υπεισέρχονται στη διαφορετική επιστημολογική υφή της σχολικής επιστήμης και της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο ως διακριτών σωμάτων γνώσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της αντίληψης είναι η προσπάθεια από πολλούς σχεδιαστές αναλυτικών προγραμμάτων να προσδιορίσουν ποια είναι εκείνα τα ελάχιστα στοιχεία γνώσεων και ικανοτήτων που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες τα οποία θα επέτρεπαν στους σημερινούς μαθητές και αυριανούς πολίτες να επιτελούν με επάρκεια μια σειρά από ρόλους

Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ως ενός **ακαδημαϊκού σώματος γνώσης** με κύριο στόχο τη μύηση των μαθητών στην **εσωτερική λογική των αντίστοιχων αντικειμένων** (disciplines) και την **επιλογή των καταλληλότερων** για την στελέχωση της μελλοντικής γενιάς **επιστημόνων και τεχνολόγων**.



Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών **ως ενός λειτουργικού για την επίλυση των διαφόρων προβλημάτων, σώματος γνώσης** με κύριο στόχο τον εφοδιασμό όλων των μαθητών με τις κατάλληλες φυσικο-επιστημονικές γνώσεις και δεξιότητες ώστε οι τελευταίοι να καταστούν **ικανοί πολίτες** που να είναι σε θέση να διαχειρίζονται και να τοποθετούνται απέναντι σε σχετικά θέματα που εμφανίζονται στο δημόσιο πεδίο.

Σχήμα 1. Η σύγχρονη τάση επαναπροσανατολισμού της διδασκαλίας των Φ.Ε

τους οποίους η σύγχρονη κοινωνική πραγματικότητα επιφυλάσσει για το κάθε άτομο (π.χ. εργαζόμενος, καταναλωτής, ενεργός πολίτης) (Jenkins, 1997). Η συνήθης απάντηση η οποία δίνεται στην περίπτωση αυτή είναι η επιλογή φυσικο-επιστημονικού περιεχομένου με συνάφεια (relevance) με την τεχνο-επιστημονική θεματολογία που κυριαρχεί στο δημόσιο πεδίο (π.χ. περιβάλλον, αγωγή υγείας, τρόφιμα, βιοτεχνολογία), με υπόστρωμα στο οποίο αξιοποιούνται σύγχρονες διδακτικές τεχνικές όπως για παράδειγμα το παιχνίδι ρόλων, ο διάλογος, ή οι μελέτες περίπτωσης ώστε να αναλυθούν περαιτέρω σύγχρονα κοινωνικο-επιστημονικά προβλήματα (π.χ. φαινόμενο του θερμοκηπίου, κίνδυνοι από γενεϊκά μεταλλαγμένα τρόφιμα, κλωνοποίηση) (Kortland & Lijnse, 1996, Ratcliffe, 1996, Kolstoe, 2000, 2001, Newton, 1999). Τουλάχιστον μέχρι σήμερα αυτή είναι η κλασσική απάντηση των προγραμμάτων τύπου STS (Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία), τα οποία άρχισαν να εμφανίζονται ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του ογδόντα, στην ανάγκη γεφύρωσης του χάσματος μεταξύ της σχολικής και της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο (Solomon & Aikenhead, 1994).

Παρά ωστόσο τις επιμέρους πρωτοβουλίες και τα προγράμματα που έχουν αναπτυχθεί, η αλήθεια είναι ότι η συνολική κατάσταση αναφορικά με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει μόνο λίγο αλλάξει (Wang & Schmidt, 2001). Παρά τη γενικευμένη συνθηματολογία για «Φυσικές Επιστήμες για τον Πολίτη», στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων οι προτάσεις που διατυπώνονται δεν αντιμετωπίζουν ως κεντρικό ζήτημα τη διαφορετική επιστημολογική υφή της υφιστάμενης σχολικής επιστήμης και της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο, ως διακριτών οσμάτων γνώσης (Levinson & Turner, 2001, Osborne & Collins, 2000).

Ένα πρόσθετο, εξίσου σοβαρό πρόβλημα είναι η έλλειψη κατάλληλων διδακτικών μέσων τα οποία θα μπορούσαν να αναδείξουν τη διαφορετική επιστημολογική συγκρότηση της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο και άρα να αποτελέσουν το όχημα για την οικειοποίηση αυτής της συγκρότησης από τους μαθητές.

Με βάση τις δυο αυτές διαπιστώσεις στις επόμενες ενότητες της παρούσας εργασίας θα επιχειρηθεί καταρχήν η αποτύπωση των κυριότερων επιστημολογικών διαφορών μεταξύ της υφιστάμενης σχολικής επιστήμης και της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο και εν συνεχεία η παρουσίαση κειμενικών τεχνικών οι οποίες ενσωματώνονται στα σχολικά βιβλία θα μπορούσαν να μετασχηματίσουν την επιστημολογική εικόνα της επιστήμης που προβάλλεται στο σχολείο σε εικόνα περισσότερο συμβατή με την επιστήμη που προβάλλεται στο δημόσιο πεδίο (Cross & Price, 1996, Levinson & Turner, 2001).

## **Η υφιστάμενη σχολική επιστήμη και η επιστήμη στο δημόσιο πεδίο**

Η επιστήμη ως σώμα γνώσης μεταφερόμενη από το αρχικό πλαίσιο παραγωγής της σε άλλα πλαίσια όπως είναι το Σχολείο, ή το δημόσιο πεδίο, υφίσταται έναν επιλεκτικό μετασχηματισμό ο οποίος μεταβάλλει κατά τόσο ουσιώδη τρόπο την επιστημολογική της εικόνα ώστε να μπορούμε να μιλάμε στην ουσία όχι για ένα απλώς τροποποιημένο σώμα γνώσης, αλλά για εντελώς διακριτά σώματα γνώσης (Τσατσαρώνη & Κουλαϊδής, 2001).

Η πολυετής έρευνα (π.χ. Matthews, 1994, McComas, 1998, Κηαίν, 2001) αναφορικά με την επιστημολογική εικόνα της σχολικής επιστήμης, έχει καταλήξει σε ορισμένα βασικά και σε πολλά διαφορετικά εθνικά πλαίσια ισχύοντα, συμπεράσματα. Σύμφωνα λοιπόν με τα συμπεράσματα αυτά η σχολική επιστήμη, όπως κατά τεκμήριο προβάλλεται στα σχολικά βιβλία, παρουσιάζεται ως μια στατική, τελική ή ακόμα και σε πολλές περιπτώσεις ανιστορική, υπεράνω οποιασδήποτε αμφισβήτησης και γενικής ισχύος γνώση, η οποία ανακαλύπτεται<sup>1</sup> από ευφυείς και ανιδιοτελείς μεμονωμένους επιστήμονες έπειτα από επίπονες προσπάθειες, οι οποίες όμως πάντοτε τελικά στέφονται από επιτυχία. Όπως αναφέρει και ο Kuhn, (1970) τα σχολικά βιβλία παρουσιάζουν το «παράδειγμα» της κάθε επιστημονικής περιοχής, αλλά μάλλον στις περισσότερες των περιπτώσεων, για να χρησιμοποιήσουμε τις κατηγορίες των εννοιών που η Masterman, (1970) εντόπισε ως αποδιδόμενες στον όρο αυτό, αυτό που κυριαρχεί είναι το φιλοσοφικό παράδειγμα, δηλαδή οι βασικές οντολογικές αντιλήψεις, όπως η βεβαιότητα ύπαρξης των πεδίων, των ηλεκτρονίων, κλπ. Αντίθετα, φαίνεται να απουσιάζει από τα σχολικά βιβλία, η παρουσίαση τόσο του παραδείγματος-«τεχνήματος», δηλαδή του παραδείγματος ως υποδείγματος επίλυσης επιστημονικών προβλημάτων, αφού η επιστημονική γνώση παρουσιάζεται συνήθως ως «έτοιμη λύση» παρά ως «πρόβλημα», όσο όμως και του κοινωνιολογικού παραδείγματος δηλαδή του συνόλου των παραδεκτών κανόνων κοινωνικής διαπραγμάτευσης της γνώσης αφού όπως ήδη αναφέραμε η σχολική επιστήμη παρουσιάζεται ως γνώση υπεράνω κοινωνικής διαπραγμάτευσης. Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι το βασικό χαρακτηριστικό της σχολικής επιστήμης είναι η υπερβατικότητα της

<sup>1</sup> Ο όρος «ανακάλυψη» έχει σημαντική επιστημολογική σημασία, καθώς υπονοεί ότι οι επιστημονικές αλήθειες προϋπάρχουν περιμένοντας να ανακαλυφθούν. Αντίθετα όροι όπως «επινόηση», ή «αποτελέσματα» αφήνουν ανοικτό το δρόμο για την εμπλοκή της επιστημονικής κοινότητας στην κατασκευή της επιστημονικής γνώσης.

και άρα η απόκριση κάθε στοιχείου που μπορεί να παραπέμψει στην ιδέα ότι αποτελεί μια «κατασκευή» ή αλλιώς ένα προϊόν διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στο πλαίσιο συγκεκριμένων επιστημικών, πολιτισμικών, πολιτικών, οικονομικών ή άλλου τύπου επιρροών.

Από την άλλη πλευρά, η επιστήμη στο δημόσιο πεδίο προβάλλεται συνήθως είτε λόγω της σύμφυσής της με άλλα πεδία της ανθρώπινης δραστηριότητας και του πολιτισμού όπως η πολιτική, η οικονομία, η ηθική, κλπ, είτε λόγω του καινοτομικού και του νεοτερικού χαρακτήρα της (νέες επιστημονικές θεωρίες, τεχνολογικές καινοτομίες), είτε λόγω των αντιπαράθεσεων (controversies) που προκαλούνται τόσο στο εσωτερικό της επιστημονικής κοινότητας όσο και μεταξύ της επιστημονικής κοινότητας και εκπροσώπων άλλων κοινωνικών θεσμών, είτε τέλος λόγω της συνάφειάς της με την πρόκληση αλλά και την προστασία από σύγχρονες μορφές διακινδύνευσης (risks) (Δημόπουλος, 2001).

Ακριβώς λοιπόν οι παραπάνω λόγοι, επιβάλλουν η επιστημολογική εικόνα της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο να είναι αυτή ενός δυναμικού, υπό αμφισβήτηση και συνεχή κοινωνική διαπραγμάτευση, περίπλοκου και εξαρτώμενου από τις ιδιαίτερες συνθήκες του κάθε πλαισίου εφαρμογής του, σώματος γνώσης, το οποίο διαμορφώνεται με βάση τη συνεργασία πολυεπιστημονικών ομάδων ειδικών έπειτα από πολλές παλινδρομήσεις μεταξύ επιτυχιών αλλά και πληθώρας αποτυχιών. Στο δημόσιο πεδίο είναι ιδιαίτερα εμφανής η επιρροή στη διαμόρφωση του συγκεκριμένου σώματος γνώσης ποικιλώνυμων συμφερόντων-ενδιαφερόντων προερχόμενων από διάφορες ομάδες πίεσης (π.χ. βιομηχανία, κυβερνήσεις, διεθνείς οργανισμοί, οργανώσεις πολιτών, ΜΚΟ).

Στον Πίνακα 1 εκτίθενται συνοπτικά οι σημαντικότερες επιστημολογικές διαφορές της υφιστάμενης σχολικής επιστήμης με την επιστήμη στο δημόσιο πεδίο.

Τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται στον πίνακα δεν είναι πιθανώς τα μόνα αλλά είναι αρκετά για να τεκμηριωθεί η άποψη ότι πράγματι η σχολική επιστήμη και η επιστήμη στο δημόσιο πεδίο αποτελούν δυο διακριτά και αποκλίνοντα σώματα γνώσης.

ΣΧΟΛΙΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ	ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΣΤΟ ΔΗΜΟΣΙΟ ΠΕΔΙΟ
Στατική-Τελική	Δυναμική-Εν τω γεννάσθαι
Ανιστορική	Εξελικτική/Με τομές
Υπεράνω αμφισβήτησης	Υπό αμφισβήτηση και διαπραγμάτευση
Μονωμένη από συμφέροντα/ενδιαφέροντα-αποκλειστικά διανοητική προσπάθεια	Υπό την επίρρεια συμφερόντων/ενδιαφερόντων
Καθολικής ισχύος	Τοπικής ισχύος/εξάρτηση από το πλαίσιο εφαρμογής
Γραμμική-Ντετερμινιστική	Μη γραμμική-Στοχαστική
Από μεμονωμένους επιστήμονες	Από πολυεπιστημονικές ομάδες συνεργαζόμενων ειδικών
Γραμμική πορεία με επιτυχή κατάληξη	Παλινδρομήσεις μεταξύ επιτυχιών αλλά και αποτυχιών

Πίνακας 1: Οι σημαντικότερες επιστημολογικές διαφορές της σχολικής επιστήμης από την επιστήμη στο δημόσιο πεδίο



Με βάση τα συμπεράσματα μιας σειράς σύγχρονων εθνομεθοδολογικής προσέγγισης μελετών με επίκεντρο το είδος των πρακτικών της επιστημονικής κοινότητας στη συγκρότηση της τεχνο-επιστημονικής γνώσης, οι οποίες προέρχονται κατά κύριο λόγο από το ρεύμα της Κοινωνιολογίας της Επιστημονικής Γνώσης (SSK) (π.χ. Latour & Woolgar, 1979, Pickering, 1984, Knorr-Cetina, 1999) φαίνεται ότι η εικόνα της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο είναι περισσότερο αντιπροσωπευτική του τρόπου παραγωγής τεχνο-επιστημονικής γνώσης στο πλαίσιο των σημερινών κοινωνικών συνθηκών από ό,τι η εικόνα της σχολικής επιστήμης.

Προκειμένου το σημείο αυτό να καταστεί σαφές θα πρέπει να αναφερθούμε στην θεωρία των Gibbons et al., (1994) σχετικά με το σύγχρονο τρόπο παραγωγής της τεχνο-επιστημονικής γνώσης. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή ήδη μετά από το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου έχει αρχίσει να συντελείται μια δραματική αλλαγή στον τρόπο παραγωγής της τεχνο-επιστημονικής γνώσης. Η αλλαγή αυτή περιγράφεται από μια μετάβαση από τον Τρόπο 1 στον Τρόπο 2 (οι όροι ανήκουν στους Gibbons et al., 1994). Ο Τρόπος 1 αντιστοιχεί σε αυτό που παραδοσιακά ονομάζεται *ακαδημαϊκή Επιστήμη και Τεχνολογία* και του οποίου τα κυριότερα χαρακτηριστικά είναι (Ziman, 2000):

- η αναζήτηση οικουμενικών νόμων χάριν της αντικειμενικής αλήθειας,
- ο χειρισμός των τεχνο-επιστημονικών προβλημάτων από στενά εξειδικευμένους μεμονωμένους επιστήμονες,
- ο περιορισμός της τεχνο-επιστημονικής εργασίας σε ακαδημαϊκού τύπου ιδρύματα (π.χ. Πανεπιστήμια, Ακαδημίες, κλπ) και
- η σχετική αυτονομία της τεχνο-επιστημονικής έρευνας από την ανάγκη να λογοδοτεί σε διάφορους κοινωνικούς εταίρους.

Από την άλλη πλευρά ο Τρόπος 2 αντιστοιχεί σε αυτό που ονομάζεται *μετα-ακαδημαϊκή Επιστήμη και Τεχνολογία* (Gibbons et al., 1994, Ziman, 2000) και η οποία αναφέρεται σε έναν νέο τρόπο παραγωγής της αντίστοιχης γνώσης. Ο τρόπος αυτός ολοένα και περισσότερο τις τελευταίες δεκαετίες κερδίζει έδαφος σε βάρος της ακαδημαϊκής Επιστήμης και της Τεχνολογίας σε τέτοιο βαθμό μάλιστα, ώστε σήμερα να θεωρείται ο κυρίαρχος. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του Τρόπου 2 είναι:

- η αναζήτηση πρακτικών λύσεων σε υπαρκτά προβλήματα πολύ περιορισμένης κλίμακας πολλές φορές,
- ο χειρισμός των προβλημάτων από πολυπληθείς επιστημονικές ομάδες οι οποίες αποτελούνται από ειδικούς διαφόρων τεχνο-επιστημονικών πεδίων,
- η διεξαγωγή της τεχνο-επιστημονικής εργασίας στα πλαίσια μη-ακαδημαϊκών ιδρυμάτων και κυρίως ιδρυμάτων που σχετίζονται με κρατικά ή επιχειρηματικά συμφέροντα και τέλος
- η απαίτηση η τεχνο-επιστημονική έρευνα να διαχειρίζεται με αποτελεσματικότητα τους πόρους που διατίθενται για αυτήν και άρα να λογοδοτεί για τα αποτελέσματά της απέναντι σε διάφορους κοινωνικούς εταίρους (κοινό, κυβερνήσεις, ιδιωτικά συμφέροντα, κλπ).

Είναι σαφές από την παραπάνω ανάλυση ότι η περιγραφή της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο (π.χ. στα ΜΜΕ) βρίσκεται πλησιέστερα στο «μετα-ακαδημαϊκό» μοντέλο λειτουργίας

της παρά στο παραδοσιακό «ακαδημαϊκό» μοντέλο. Αντίστοιχα η σχολική επιστήμη, τουλάχιστον όπως αυτή προβάλλεται στα σχολικά βιβλία, φαίνεται να είναι περισσότερο συμβατή με το ακαδημαϊκό μοντέλο. Η εικόνα αυτή κατασκευάζεται κατά τεκμήριο με βάση ρητορικού τύπου μέσα. Ο όρος «ρητορική» στην περίπτωση αυτή αναφέρεται στα μέσα πειθούς και κατασκευής συναίνεσης τα οποία αξιοποιούνται από τα σχολικά βιβλία προκειμένου να εδραιώσουν την «αλήθεια» των ισχυρισμών που προβάλλονται σε αυτά (Gross, 1996). Τα μέσα αυτά αναφέρονται κυρίως στο επίπεδο των γλωσσικών εκφραστικών μέσων που χρησιμοποιούνται για τη συγκρότηση των αντίστοιχων νοημάτων. Η αποτελεσματικότητά τους δε, έγκειται στο γεγονός ότι μέσω της συχνής χρήσης τους, τα μέσα αυτά εσωτερικεύονται από τους μαθητές ως ο κανονικός (canonical) Λόγος των Φυσικών Επιστημών, και άρα φυσικοποιούνται καθιστώντας τη ρητορική τους λειτουργία άρατη.

Κατά συνέπεια μια ουσιώδης «κίνηση» προς την κατεύθυνση της αλλαγής της επιστημολογικής εικόνας της υφιστάμενης σχολικής επιστήμης προκειμένου αυτή η εικόνα να γίνει περισσότερο συμβατή με τη φύση της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο, θα απαιτούσε τη δραστική αναίρεση αυτών των ρητορικών μέσων και την υιοθέτηση εναλλακτικών στη θέση τους.

## Η απόκρυψη της κειμενικότητας του εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές Επιστήμες

Η εικόνα των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο όπως περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα κατασκευάζεται με βάση μια σειρά από ρητορικά μέσα τα οποία συγκλίνουν σε μια προσπάθεια το υλικό αυτό να εμφανίζεται ως μονολογικό, αυτοαναφορικό και να αποκρύπτει την κειμενικότητά του, δηλαδή ότι και το ίδιο αποτελεί μια «κατασκευή». Τα μέσα αυτά ενισχύουν την απολυτοποίηση της σχολικής γνώσης και τη μετατροπή του σχολικού βιβλίου σε «σύμβολο της γνώσης». Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

α) *Η αποσιώπηση των υποκειμένων της επιστημονικής δράσης* μέσω της συχνής χρήσης ρημάτων σε παθητική φωνή, ρημάτων σε γ' ενικό ή πληθυντικό πρόσωπο με υποκείμενα φυσικές οντότητες ή σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων αυτών, προτάσεων δηλωτικού χαρακτήρα, αλλά και της έλλειψης παραπομπών σε παράλληλα κείμενα, πηγές, ή εναλλακτικές απόψεις.

Τα μέσα αυτά επιχειρούν να αποσύρουν από το σκηνικό τη δράση και άρα τη συμβολή των επιστημόνων στη διαδικασία συγκρότησης της επιστημονικής γνώσης. Αντίθετα η έμφαση δίνεται στον δεδομένο, ανιστορικό και ρεαλιστικό χαρακτήρα των φυσικών οντοτήτων και των αιτιοκρατικών νόμων που διέπουν τη συμπεριφορά τους. Η εικόνα που δίνεται είναι όπως αναφέρει και ο Woolgar, (1988α, σελ.69) «ως εάν οι επιστήμονες απλώς να σκοντάφουν πάνω σε αιώνια προϋπάρχουσες αλήθειες» οι οποίες απλώς δεν είχαν μέχρι σήμερα ανακαλυφθεί. Πρόκειται στην ουσία για μια προσπάθεια συγκρότησης μιας πεποιθής μεταφυσικού ρεαλισμού, δηλαδή μιας πεποιθής σύμφωνα με την οποία οι φυσικο-επιστημονικές οντότητες και νόμοι αντιστοιχούν σε οντότητες και

δομές του φυσικού κόσμου.

Για παράδειγμα στο απόσπασμα που ακολουθεί η αίσθηση που δημιουργείται είναι ότι υπάρχει ένας ανώνυμος αφηγητής ο οποίος μπορεί να ταυτίζεται στη συνείδηση του αναγνώστη είτε με «τη φωνή του βιβλίου», είτε ακόμα και με «τη φωνή ολόκληρης της επιστημονικής κοινότητας», ο οποίος περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο φυσικός κόσμος. Στο ρητορικό αυτό αποτέλεσμα συμβάλλει αποφασιστικά η χρήση του γ' ενικού προσώπου που φέρνει σε πρώτο πλάνο την αναφορά στις οντότητες και τις σχέσεις που περιγράφονται (π.χ. ένας πλανήτης που έχει δυναμική ενέργεια, ένα ηλεκτρόνιο που περιστρέφεται, μια τεντωμένη χορδή που έχει δυναμική ενέργεια, σώματα που επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση) καθώς επίσης και η χρήση παθητικής φωνής (π.χ. περιστρέφεται, επανέρχονται, εξαρτάται, ισούται, ασκήθηκε).

### Παράδειγμα 1

Ένας πλανήτης που περιφέρεται γύρω από τον ήλιο έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια λόγω της βαρυτικής ελκτικής δύναμης που ασκεί ο ήλιος στον πλανήτη. Αλλά και ένα ηλεκτρόνιο που περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου έχει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια λόγω της ελκτικής ηλεκτρικής δύναμης που του ασκεί ο πυρήνας.

Δυναμική ενέργεια έχει επίσης μια τεντωμένη χορδή, ένα συμπιεσμένο ελατήριο ή μια παραμορφωμένη μπάλα. Σ' όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η παραμόρφωση είναι ελαστική, δηλαδή τα σώματα επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση όταν πάψει να ασκείται η δύναμη που τα παραμόρφωσε. Κάθε σώμα που έχει υποστεί ελαστική παραμόρφωση, έχει δυναμική ενέργεια, που εξαρτάται από το μέγεθος της παραμόρφωσής του. **Η δυναμική ενέργεια καθενός από τα σώματα αυτά ισούται με το έργο της δύναμης που τους ασκήθηκε για να τα παραμορφώσει** (εικόνες 5.15, 5.16).

*Πηγή: Ν. Αντωνίου, Π. Δημητριάδης, Κ. Καμπούρης, Κ. Παπαμιχάλης, Λ. Παπαιοίμπα, (2007). Φυσική Β' Γυμνασίου, Αθήνα: ΟΕΔΒ, σελ. 94.*

β) *Η ενίσχυση της πίστης στην αντικειμενική υπόσταση των οντοτήτων και των νόμων των Φυσικών Επιστημών* μέσω του ρητορικού σχήματος της εικονικότητας (iconicity) ή του εμπειρικού εικονισμού (experiential iconism) (Enkvist, 1981), της χρήσης του ενεστώτα, καθώς και της σχεδόν παντελούς έλλειψης τροπικότητας (modality) των διατυπώσεων.

Η εικονικότητα ή ο εμπειρικός εικονισμός αντιστοιχούν σε σχήματα λόγου σύμφωνα με τα οποία η δομή της γλώσσας έχει μια ισομορφική σχέση με τη δομή της εμπειρικής πραγματικότητας. Με άλλα λόγια η διάταξη των κειμενικών στοιχείων αντιστοιχεί στην προλαμβανόμενη διάταξη των στοιχείων της εμπειρίας (χρονική, χωροταξική, αιτιολογική, κλπ).

Για παράδειγμα στο απόσπασμα από ένα σχολικό βιβλίο Χημείας που ακολουθεί η χρονικοί προσδιορισμοί και οι ενέργειες αντιπροσωπεύονται ισομορφικά με τη γραμμική τους διάταξη στο κείμενο.

## Παράδειγμα 2

Στον πρώτο δοκιμαστικό σωλήνα σχηματίζεται ένα λευκό θόλωμα, στο δεύτερο ένα λευκοκίτρινο και στον τρίτο ένα κίτρινο θόλωμα, που οφείλεται στο σχηματισμό δυσδιάλυτων κόκκων χλωριούχου αργύρου, βρομιούχου αργύρου και ιωδιούχου αργύρου αντίστοιχα. Μετά από αρκετή ώρα οι αδιάλυτοι κόκκοι θα καταβυθιστούν στον πυθμένα των σωλήνων.

Πηγή: Π.Θεοδωρόπουλος, Π.Θεοράνου, Φ.Σιδέρη. (2007), Χημεία Γ Γυμνασίου, Αθήνα: ΟΕΔΒ, σελ.76.

Επιπλέον η χρήση ρημάτων σε ενεστώτα, σε συνδυασμό με τη χρήση προτάσεων κρίσεως, διευκολύνει την εμφάνιση της φυσικο-επιστημονικής γνώσης ως άχρονης ή διαχρονικής, «αιώνιας αλήθειας» η οποία δεν έχει κάποιο συγκεκριμένο χρονικό εύρος ισχύος.

Τέλος η τροπικότητα των εκφράσεων αποτελεί «ένα από τα σημαντικότερα μέσα έκφρασης της στάσης του πομπιού απέναντι στο λογικό περιεχόμενο ενός εκφωνήματος» (Λέκκα, 2005, σελ.77). Η προσθήκη εκφράσεων που δηλώνουν τροπικότητα (π.χ. μπορεί να, κάτω από ορισμένες συνθήκες ισχύει, είναι πιθανό ότι, ο επιστήμονας Χ ισχυρίζεται ότι) έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή υποτίμηση ή υποβάθμιση της αντικειμενικής υπόστασης των ισχυρισμών που προβάλλονται.

γ) Η έμφαση στην επιστημονική γνώση ως τελικό προϊόν και η υποβάθμιση της επιστημονικής διαδικασίας μέσω της υπερβολικής χρήσης στα βιβλία του κειμενικού είδους των αναφορών και την αντίστοιχη ελάχιστη χρήση των κειμενικών ειδών του πειράματος και της ιστορικής αφήγησης (Κουλαϊδής κ.ά, 2002).

Καταρχήν οι αναφορές περιγράφουν το πώς είναι φτιαγμένος ο φυσικός κόσμος. Υπάρχουν αναφορές ορισμών και ταξινόμησης, που εισάγουν και ταξινομούν επιστημονικές έννοιες, αναφορές περιγραφής λειτουργιών κ.ά.

Στα πειράματα περιγράφεται η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί κατά την εκτέλεσή τους ή κατά τη φάση της εμπειρικής παρατήρησης διαφόρων φαινομένων που εκτίθενται μέσω των εικόνων του βιβλίου. Τέλος οι ιστορικές αφηγήσεις περιγράφουν ένα συγκεκριμένο ιστορικό γεγονός που έχει να κάνει με την Επιστήμη (π.χ. η πορεία μιας επιστημονικής ανακάλυψης). Σύμφωνα με τη Σκλαβενίτη, (2003) στα σχολικά βιβλία των Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού και του Γυμνασίου της αμέσως προηγούμενης από την σημερινή γενιάς, το 80% των μονάδων κειμένου κατατάσσονται στις αναφορές, το 13.2% στα πειράματα και μόλις το 6.8% στις ιστορικές αφηγήσεις.

Συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι και τα τρία προηγούμενα στοιχεία λειτουργούν συμπληρωματικά προς την κοινή κατεύθυνση της εδραίωσης αλλά και της ενδυνάμωσης του αντικειμενικού χαρακτήρα της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, επιχειρώντας παράλληλα συστηματικά την εξαφάνιση από τη θέαση του αναγνώστη του κατασκευασμένου χαρακτήρα της. Με την έννοια αυτή στο επίπεδο της διαμόρφωσης της επιστημολογικής εικόνας της Επιστήμης η γλώσσα ως μέσο αναπαράστασης φαίνεται να υποβάλλει ένα είδος αμνησίας σε σχέση με αυτό της τορόλο (Serres, 2001). Οι μαθητές αναγνώστες επιχειρείται να πειστούν ότι δεν υπάρχει στο

λεκτικό παίγνιο καμία προσπάθεια πειθούς. Η γραπτή γλώσσα στην περίπτωση αυτή εσωτερικεύεται ως αδρανές μέσο-διάλογος «αντικειμενικής» περιγραφής του φυσικού κόσμου.

Φαίνεται μάλιστα πως αυτή η λειτουργία της γραπτής γλώσσας προς την κατεύθυνση της «σκληρότητας των δεδομένων» (hardening of facts) κατά τους Collins & Pinch, (1998), και της απόκρυψης της κειμενικότητας της επιστημονικής γνώσης είναι τόσο πιο έντονη όσο περισσότερο απομακρυσμένο (κοινωνικά ή/και χρονικά) είναι το πλαίσιο της μετάδοσής της από το πλαίσιο της πρωτογενούς παραγωγής της.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της τάσης αυτής είναι η εξέλιξη των διατυπώσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή του quark. Το 1969 ο Ολλανδός Φυσικός J.J. Kokkedee από τους πρωτοπόρους στην έρευνα για το εν λόγω σωματίδιο, έκανε λόγο για αυτό με τον εξής τρόπο: *«αυτή τη στιγμή το μοντέλο του quark δεν θα πρέπει να θεωρείται τίποτε περισσότερο από αυτό που είναι, δηλαδή τη δοκιμαστική και απλουσιευτική έκφραση μιας ακόμα ασαφούς υποβόσκουσας δυναμικής στο πλαίσιο του κόσμου των αδρονίων.»* (όπως αναφέρεται από τον Pickering, 1984, σελ.91).

Το 1974, δηλαδή μόλις πέντε χρόνια αργότερα ο Feynman θεωρεί το quark ως σχεδόν πραγματικό αναφέροντας ότι: *«Υπάρχει σημαντικός όγκος ενδείξεων, και καμιά πειραματική ένδειξη εναντίον, της ιδέας ότι τα αδρόνια αποτελούνται από quarks...Ας θεωρήσουμε λοιπόν πως τα quark υφίστανται στην πραγματικότητα.»* Μέχρι το 1982 οι διατυπώσεις έχουν προχωρήσει αρκετά περισσότερο προς την κατεύθυνση της αντικειμενικής ύπαρξης των quarks. Ο διάσημος φυσικός George Zweig ανέφερε: *«Το μοντέλο των quark περιγράφει με άριστο τρόπο τον μισό φυσικό κόσμο»* (όπως αναφέρεται στο Pickering, 1984, σελ. 114, 147). Έτσι σε διάστημα λιγότερο από δύο δεκαετίες το quark από βολική σύμβαση των θεωρητικών φυσικών, μετατράπηκε σε υπαρκτή οντότητα η οποία μάλιστα ερμηνεύει την αιτιακή δομή μεγάλου μέρους του φυσικού κόσμου.

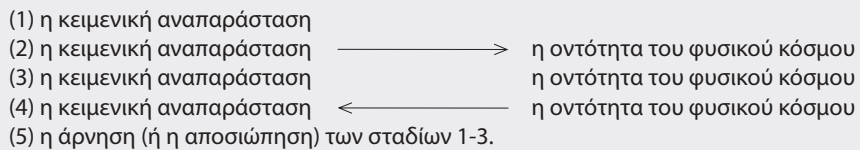
Παρόμοια πορεία έχει ακολουθήσει και η εξέλιξη διαφόρων επιστημονικών αντιπαραθέσεων. Είναι χαρακτηριστική η περίπτωση της εδραίωσης και της καθιέρωσης της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης (Big Bang) τη στιγμή που στο εσωτερικό πεδίο της επιστημονικής κοινότητας η θεωρία αυτή συναγωνίζεται σε ισότιμη βάση με τουλάχιστον άλλες δύο ανταγωνιστικές θεωρίες για την γέννηση και την εξέλιξη του σύμπαντος, αυτές της «σταθερής κατάστασης του Σύμπαντος»<sup>2</sup> των Fred Hoyle, Thomas Gold και Herman Bondi και του «πληθωριστικού Σύμπαντος»<sup>3</sup> του Alan Guth (Bucchi, 1998). Οι θιασώτες της Μεγάλης

<sup>2</sup> Σύμφωνα με τη θεωρία της «σταθερής κατάστασης του Σύμπαντος» που πρωτοδιατυπώθηκε το 1948, το Σύμπαν βρίσκεται διαρκώς σε μια κατάσταση σταθερής πυκνότητας καθώς η διαρκώς δημιουργούμενη νέα ύλη, εξισορροπείται από τη διαδικασία της συμπαντικής διαστολής.

<sup>3</sup> Σύμφωνα με τη θεωρία του «πληθωριστικού Σύμπαντος» που διατυπώθηκε το 1981, το Σύμπαν κατά την αρχική φάση εξέλιξής του πέρασε μια σύντομη περίοδο επιταχυνόμενης διαστολής στην οποία το φως είχε τη δυνατότητα να διαδοθεί σε όλο το διαμορφούμενο Σύμπαν στο διαθέσιμο χρόνο. Η θεωρία αυτή απαντάει στην αδυναμία της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξης (που παραδόξως θεωρείται και η πειραματική της επιβεβαίωση) να εξηγήσει την ομοιομορφία της κοσμικής ακτινοβολίας υποβάθρου στο Σύμπαν καθώς σύμφωνα με αυτή το φως δεν είχε τον απαραίτητο χρόνο να διασχίσει όλες τις περιοχές του σχηματιζόμενου Σύμπαντος. Η θεωρία ωστόσο του «πληθωριστικού Σύμπαντος» περιλαμβάνει τη θεωρητική δυσκολία να προβλέπει την ύπαρξη αρνητικής βαρύτητας κατά την πρώτη φάση επιταχυνόμενης διαστολής του Σύμπαντος.

Έκρηξις μέσω της χρήσης βασικά ρητορικών μέσων<sup>4</sup> προσπάθησαν και εν πολλοίς πέτυχαν να εδραιώσουν τη θεωρία αυτή στο πεδίο της εκπαίδευσης (σήμερα στη συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών βιβλίων η ισχύς της θεωρίας της Μεγάλης Έκρηξις θεωρείται αδιαμφισβήτητη) αλλά και στο δημόσιο πεδίο περιθωριοποιώντας τις άλλες δύο ανταγωνιστικές θεωρίες.

Η τάση προς σταδιακή απόκρυψη του κατασκευασμένου και άρα του κειμενικού χαρακτήρα της φυσικο-επιστημονικής γνώσης περιγράφεται από το μοντέλο του «οξίσματος και της αντιστροφής» αναπαράστασης και οντοτήτων των φυσικού κόσμου, το οποίο οχηματοποιεί τη διαδικασία της επιστημονικής ανακάλυψης με βάση τη μελέτη περίπτωσης της ανακάλυψης των pulsars από τους Hewish, Bell και άλλα τρία μέλη της ομάδας ερασιτεχνικής Αστρονομίας στα τέλη της δεκαετίας του εξήντα (Woolgar, 1988a). Το μοντέλο αυτό, το οποίο επιχειρεί να ερμηνεύσει την κειμενική και άρα κατασκευασμένη φύση της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, περιλαμβάνει τα πέντε στάδια που αναπαρίστανται στο οχήμα 2.



Σχήμα 2. Το μοντέλο του οξίσματος και της αντιστροφής (*splitting and inversion model*)

Κατά τη διάρκεια του πρώτου σταδίου οι επιστήμονες χειρίζονται κειμενικού χαρακτήρα αναπαραστάσεις υπό τη μορφή καταγραφών οργάνων (π.χ. γραφήματα ως εξόδους καταγραφικών οργάνων), άρθρων δημοσιευμένων σε ακαδημαϊκά περιοδικά, πίνακες με εμπειρικά αποτελέσματα προηγούμενων προσπαθειών. Στο δεύτερο στάδιο οι επιστήμονες μέσα από μια έντονη διαδικασία αντιπαράθεσεων και συζητήσεων επιλέγουν ή συνδυάζουν ορισμένες από αυτές τις κειμενικές αναπαραστάσεις προκειμένου να συναγάγουν (*infer*) την ύπαρξη μιας οντότητας του φυσικού κόσμου. Συνεπώς κατά τη φάση αυτή η κειμενικότητα της φυσικο-επιστημονικής γνώσης είναι η πλέον ορατή. Στο τρίτο στάδιο επέρχεται το οξίσμα μεταξύ της οντότητας και των κειμενικών αναπαραστάσεων με βάση τις οποίες αυτό προέκυψε. Με άλλα λόγια η οντότητα υποστασιοποιείται, ξεκινώντας την αυτόνομη ύπαρξή της. Στο τέταρτο στάδιο η σχέση μεταξύ οντότητας και κειμενικών αναπαραστάσεων αντιστρέφεται. Έτσι, στη φάση αυτή δημιουργείται η εικόνα πως ένα κείμενο αναφέρεται σε μια οντότητα η οποία ανέκαθεν υπήρχε. Η φάση αυτή αντιστοιχεί συνήθως στη φάση της επιστημονικής δημοσίευσης κατά την οποία ο ρητορικός στόχος είναι να πειστούν οι ομότεχοι (*peers*) για την αλήθεια των ισχυρισμών. Ωστόσο και στη φάση αυτή τα ρητορικά μέσα και άρα ο κειμε-

<sup>4</sup> Στο πλαίσιο αυτής της στρατηγικής εντάσσεται η έκδοση από τον υποστηρικτή αυτής της θεωρίας Steven Hawking του έργου το «Χρονικό του Χρόνου», το οποίο εκτίναξε το ενδιαφέρον του κοινού για τα τεχνο-επιστημονικά θέματα και αναβίωσε τις εκδόσεις εκλαϊκευτικών επιστημονικών έργων, πουλώντας σύμφωνα με τον Rodgers, (1992) τεσσαράμις εκατομμύρια αντίτυπα σε όλο τον κόσμο.

νικός χαρακτήρας της φυσικο-επιστημονικής γνώσης είναι ακόμα ορατά.

Τέλος, ακολουθεί το κρίσιμο πέμπτο στάδιο το οποίο περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση, την άρνηση ή την υποβάθμιση όλων των σταδίων της προηγούμενης διαδικασίας. Στο τελικό αυτό στάδιο επαναουγγράφεται η ιστορία της επιστημονικής ανακάλυψης ώστε να εδραιωθεί πλήρως η αντικειμενική οντολογική υπόσταση των φυσικο-επιστημονικών όρων και σχέσεων. Στη φάση αυτή, σύμφωνα με την προηγούμενη ανάλυσή μας, αντιστοιχεί η εικόνα που προβάλλεται από τα σχολικά βιβλία.

## Προς μια πρόταση για την αποκάλυψη της κειμενικότητας του εκπαιδευτικού υλικού για τις Φυσικές Επιστήμες

Με δεδομένο ότι όπως ήδη έχουμε αναφέρει, η επιστήμη στο δημόσιο πεδίο αντιστοιχεί σε μια μορφή γνώσης υπό διαμόρφωση, το πρόβλημα που τίθεται είναι με ποια ρητορικά μέσα είναι δυνατό να αναδείξουμε τον κειμενικό και άρα κατασκευασμένο χαρακτήρα της γνώσης αυτής, όπως προκύπτει κατά τα πρώτα τέσσερα στάδια κατασκευής της, σύμφωνα με το μοντέλο του «οχίσματος και της αντιστροφής».

Άλλωστε δεν θα πρέπει να ξεχνάει κανείς πως η ίδια η ετυμολογία της λέξης «κείμενο» στη λατινική της εκδοχή (η σημερινή αγγλική λέξη *text* προέρχεται από το λατινικό ουσιαστικό *textum*-ρήμα *texo* που σημαίνει υφαντό ή κατασκευή με βάση αλληλοδιαπλεκόμενα τμήματα ξύλου) παραπέμπει σε ένα τέχνημα με περίπλοκα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά το οποίο κατασκευάζεται από το συνδυασμό πολλών επιμέρους στοιχείων (Lehtonen, 2000).

Σε ένα μεταφορικό επίπεδο λοιπόν θα λέγαμε πως το ζητούμενο είναι το ξήλωμα των επιμέρους «νημάτων» που συγκροτούν αυτή την «κατασκευή» που λέγεται κείμενο, προκειμένου να αναδειχθεί η διαδικασία διαμόρφωσής του, δηλαδή με άλλα λόγια η κειμενικότητά του (*textuality*). Μια τέτοια διαδικασία αντιμετωπίζει το κείμενο-αναπαράσταση της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, περισσότερο ως μια διαδικασία παρά ως ένα τελικό και στατικό προϊόν (Barthes, 1986).

Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται κειμενικά στοιχεία τα οποία θα επανέφεραν στο προοκίνιο:

- α) τους δρώντες της επιστημονικής διαδικασίας (τους επιστήμονες, το συγγραφέα του σχολικού βιβλίου, άλλους εμπλεκόμενους παράγοντες)
- β) τις δραστηριότητες αυτών των δρώντων (ισχυρισμοί, διατύπωση υποθέσεων, συλλογή πειραματικών μετρήσεων) και
- γ) τις προγενέστερες συνθήκες που οδηγούν στις σχετικές δραστηριότητες (κίνητρα, συμφέροντα, ενδιαφέροντα, κλπ) (Woolgar, 1988a).

Τέτοια όμως στοιχεία θα ήταν απαραίτητο να θέσουν σε κριτική δοκιμασία την ισχύ εκείνων των ρητορικών μέσων που σύμφωνα με την προηγούμενη ανάλυσή μας τείνουν να αυξάνουν την πίστη σε ένα μεταφυσικού τύπου ρεαλισμό που καλλιεργείται από τα σχολικά βιβλία των Φυσικών Επιστημών. Η θέση περί κριτικής δοκιμασίας των συμβατικών ρητορικών μέσων που τείνουν να χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στις Φυσικές

Επιστήμες, προκύπτει από την προσπάθεια αποφυγής μιας μάταιης απόπειρας διαφυγής από την ούτως ή άλλως σχηματοποιητική και κατασκευαστική δύναμη κάθε είδους αναπαράστασης. Σχευικά με το ερώτημα ποιες είναι οι καταλληλότερες κειμενικές τεχνικές ώστε να δημιουργηθούν οι συνθήκες αμφισβήτησης της κυρίαρχης ρητορικής πρακτικής απόκρυψης της κειμενικότητας της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, η Κοινωνιολογία της Επιστημονικής Γνώσης (Woolgar, 1988b, Ashmore, Myers & Potter, 1995, Cooper, 1997) έχει προτείνει ως απάντηση όλες εκείνες τις μορφές λόγου που μέσω της μη συμβατικότητάς τους τείνουν να καταδεικνύουν την αμοιβαία σχέση μεταξύ φόρμας και περιεχομένου (new literary forms). Αυτές οι μορφές λόγου χαρακτηρίζονται από την αποθέωση της ετερογένειας, την εισαγωγή της κειμενικής αστάθειας και την τοποθέτηση σε πρώτο πλάνο της διαδικασίας της κατασκευής του κειμένου, δηλαδή της ίδιας της ιδέας της κειμενικότητας. Τέτοιου είδους κείμενα, τα οποία καθιστούν το εκπαιδευτικό υλικό λιγότερο μονολογικό και αυτοαναφορικό, τείνουν να αναπτύσσουν την αναστοχαστικότητα (reflexivity) και άρα τον έλεγχο από την πλευρά του μαθητή-αναγνώστη (Cooper, 1997). Ο Lawson, (1985, σελ.363) χαρακτηριστικά αναφέρει ότι: *«η κίνηση προς την αναστοχαστικότητα επιτρέπει στο κείμενο να υποδεικνύει ότι υπάρχει κάτι περισσότερο από το νόημα που ήδη αναφέρεται»*.

Η κίνηση προς κείμενα που ενισχύουν την αναστοχαστικότητα έχει στη βάση της την αρχή της συμμετρίας (Bloer, 1976) σύμφωνα με την οποία οι διάφορες αντιμαχόμενες ή/και επίμαχες εκδοχές της φυσικο-επιστημονικής γνώσης (σύγχρονης ή σε προγενέστερες ιστορικές φάσεις) θα πρέπει να αντιμετωπίζονται (έστω και αναδρομικά εάν πρόκειται για εγκατεστημένες πλέον θεωρίες) ως διερχόμενες τις φάσεις (1) και (2) του μοντέλου του σχίσματος και της αντιστροφής.

Στόχος επομένως της χρήσης των μη-συμβατικών μορφών λόγου είναι η αμφισβήτηση της άρρητης αφοσίωσης σε μια ορθόδοξη επιστημολογία που διέπει τα φυσικο-επιστημονικά κείμενα στο πεδίο της εκπαίδευσης (και ίσως όχι μόνο) και ταυτόχρονα η αποσαφήνιση και άρα το άνοιγμα σε οποιοδήποτε τύπου πρόκληση της βάσης των ισχυρισμών που διατυπώνονται.

Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί με δυο τρόπους: αφενός μεν με την εισαγωγή στο εκπαιδευτικό υλικό κειμενικών ειδών τα οποία φέρνουν στο προσκήνιο πολλαπλές «φωνές» για το ίδιο ζήτημα και αφετέρου με τη δημιουργική χρήση σχημάτων λόγου τα οποία μέσω της έκπληξης και της έντασης στο επίπεδο της έκφρασης που δημιουργούν, καθιστούν περισσότερο ορατό τον κατασκευασμένο χαρακτήρα του κειμένου ενώ παράλληλα αφήνουν το περιεχόμενο περισσότερο ανοικτό σε αναστοχαστικού τύπου ερμηνείες από την πλευρά του αναγνώστη (βλέπε τη διαφορά ανάμεσα σε «κλειστά» δηλαδή φορμαλιστικά τυλιζαρισμένα και «ανοικτά», δηλαδή εκφραστικά λιγότερο τυποποιημένα κείμενα που επισημαίνει ο Eco, (1979), ή την αντίστοιχη εστίαση περισσότερο στη φόρμα από ό,τι στο περιεχόμενο της αφαιρετικής τέχνης που δημιουργεί τις συνθήκες για περισσότερο ανοικτού τύπου ερμηνείες, Gombrich, 1960). Μάλιστα αναφορικά με τη στρατηγική εισαγωγής μη συμβατικών σχημάτων λόγου ως στρατηγική ενίσχυση της αναστοχαστικότητας του κειμένου ο Gross, (1996) αναφέρει ότι η αποφυγή τέτοιων σχημάτων λόγου από την τυπική επιστημονική γραφή έχει ως στόχο την καλλιέργεια της εντύπωσης ότι η επιστήμη περιγράφει την πραγματικότητα



χωρίς να είναι αναγκαίο να προσφεύγει στη διαμεσολάβηση των εκφραστικών μέσων. Είναι με άλλα λόγια μια αντίληψη σύμφωνα με την οποία η επιστημονική αλήθεια μιλάει από μόνη της χωρίς να έχει ανάγκη ρητορικούς διακόσμους.

Χαρακτηριστικά κειμενικά είδη με την πρώτη από τα παραπάνω δυο είδη λειτουργιών (δηλαδή την εισαγωγή πολλαπλών φωνών) αποτελούν ο διάλογος, η θεατρική γραφή, η απόδοση ανθρώπινης φωνής σε διάφορες οντότητες (πραγματικές ή φανταστικές), το ημερολόγιο, η επισκόπηση της βιβλιογραφίας, η περιγραφή των παρασκηνιακών συνθηκών για τη συγγραφή ενός κειμένου, και η παράθεση αυτούσιων περικοπών από τα λεγόμενα κάποιου (quotation).

Επίσης παραδείγματα σχημάτων λόγου τα οποία μέσω της έκπληξης που προκαλούν συνεισφέρουν σε μια πιο αναστοχαστική στάση του μαθητή-αναγνώστη αποτελούν η ειρωνεία, η παραδοξολογία, η υπερβολή, οι ρητορικές ερωτήσεις, η αυτό-αναφορά (Cooper, 1997), και η ενίσχυση της τροπικότητας των διατυπώσεων (Woolgar & Latour, 1979). Στη συνέχεια αναλύεται λεπτομερέστερα καθεμία από τις παραπάνω μορφές.

## Κειμενικά είδη

### *Ο διάλογος*

Ο διάλογος είναι ένα κειμενικό είδος το οποίο επιτρέπει οι θέσεις του συγγραφέα να αμφισβητούνται από φορείς εναλλακτικών σε αυτές προσεγγίσεων. Με άλλα λόγια ο διάλογος επιτρέπει ως κειμενικό είδος την εισαγωγή στο εκπαιδευτικό υλικό πολλαπλών «φωνών» πέρα από τη δική του. Αποτελεί δε προσομοίωση μιας συζήτησης και μάλιστα, εάν το ύφος του προσεγγίζει αυτό του προφορικού λόγου, αποκλίνει σημαντικά από το ύφος της τυπικής επιστημονικής γραφής, προ(σ)καλώντας και λόγω αυτού του πρόσθετου στοιχείου την αναστοχαστικότητα από την πλευρά του αναγνώστη. Πέρα από την άμεση μορφή του, ο διάλογος μπορεί να εισαχθεί στο εκπαιδευτικό υλικό και έμμεσα μέσω της παράθεσης αντιτιθέμενων απόψεων σε μορφή πίνακα, ή παράλληλων κειμένων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου είδους γραφής αποτελούν οι περίφημοι διάλογοι με τους οποίους ο Γαλιλαίος παρουσιάζει τις απόψεις του στα έργα του μέσω των φωνών πρωτίστως του Salviati και δευτερευόντως του Sagredo, ενώ παράλληλα εκφράζει και τον αριστοτελικό αντίλογο σε αυτές μέσω της φωνής του Simplicio<sup>5</sup>.

### *Η θεατρική γραφή*

Η θεατρική γραφή πέρα από τους διαλόγους που περιλαμβάνει και η αξία των οποίων αναλύθηκε προηγουμένως, επιπλέον περιλαμβάνει σκηνικές περιγραφές και περιγραφές

<sup>5</sup> Οι λόγοι που σύμφωνα με τον Shamos, (1987) οδήγησαν το Γαλιλαίο στην υιοθέτηση αυτού του τρόπου γραφής είναι αφενός μεν η προσπάθειά του να εμφανιστεί προσεκτικός και λιγότερο απόλυτος στη διατύπωση των θέσεων του ενόψει της αναμενόμενης αντίδρασης που αυτές θα επέφεραν και αφετέρου ο θαυμασμός του για το έργο του Πλάτωνα (από τα τριάντα εξ έργα του Πλάτωνα όλα είναι διαλογικά με εξαίρεση την «Απολογία»).

της ψυχολογικής κατάστασης των πρωταγωνιστών τα οποία αποτελούν στοιχεία που επιτρέπουν εκτός από τις θέσεις που διατυπώνονται αυτές καθαυτές, να αναστοχαστεί κανείς και σε σχέση με το συγκεκριμένο (context) των θέσεων αυτών. Χαρακτηριστική περίπτωση του είδους αποτελεί το θεατρικό έργο *Κοπερχάγν*, του Michael Frayn το οποίο πραγματεύεται τη συνάντηση που έλαβε χώρα το Σεπτέμβριο του 1941 στην υπό γερμανική κατοχή Κοπερχάγν μεταξύ του Heisenberg και του Bohr με υπόβαθρο την κατασκευή της ατομικής βόμβας. Παρόμοιες περιπτώσεις αποτελούν τα θεατρικά έργα *η Ζωή του Γαλιλαίου* του Brecht, *Οι Φυσικοί* του Durrenmatt όπου τίθεται το ζήτημα της ηθικής ευθύνης των επιστημόνων σχετικά με τη χρήση των αποτελεσμάτων της έρευνάς τους, ή η κωμωδία *ο Πικάσο στο Larin Agile* (περιγραφή μιας συνάντησης του Πικάσο και του Αϊνστάϊν σε ένα καφέ ένα απόγευμα του 1904, δηλαδή μια χρονιά πριν τη διατύπωση της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας) του Martin. Η Yoon, (2004) μάλιστα διακρίνει τα θεατρικά έργα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες στις εξής κατηγορίες: α) εκείνα που αποδίδουν το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών, β) αυτά που περιγράφουν τη ζωή κάποιων επιστημόνων, γ) αυτά που αναφέρονται σε επεισόδια από την ιστορία της επιστήμης, δ) αυτά που αναφέρονται στις κοινωνικές διαστάσεις της επιστήμης και τέλος ε) αυτά όπου οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν απλώς την αφορμή για να εκτυλιχθεί η θεατρική πλοκή.

#### *Η απόδοση ανθρώπινης φωνής σε οντότητες*

Η προσέγγιση αυτή έλκει την έμπνευσή της από τη θεωρία του Δικτύου των Δρώντων (Actor Network Theory) του Latour, (1987) σύμφωνα με την οποία η συγκρότηση φυσικο-επιστημονικής γνώσης είναι μια διαδικασία που συνίσταται στη δημιουργία δικτύων που αποτελούνται από ετερογενή στοιχεία όπως κείμενα, βιβλιογραφικές αναφορές, τεχνήματα, τεχνολογίες, ανθρώπους, ιδρύματα, κλπ. Η θέση αυτή υποδεικνύει ότι για να μελετήσουμε την επιστήμη εν τω γεννάσθαι και τη δημιουργία αυτών των δικτύων θα πρέπει να εγκαταλείψουμε όλες τις *a priori* διακρίσεις μεταξύ των ανθρώπων και των μη ανθρώπινων παραγόντων. Είναι χαρακτηριστικός ο τρόπος με τον οποίο διάφοροι ερευνητές στο πεδίο της Κοινωνιολογίας της Επιστημονικής γνώσης έχουν χρησιμοποιήσει την τεχνική της απόδοσης ανθρώπινης φωνής σε οντότητες προκειμένου να χειριστούν τις διαδικασίες συγκρότησης της φυσικο-επιστημονικής γνώσης ως διαδικασίες διαμόρφωσης κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων, όπως ο Mulkay, (1991a) ο οποίος έδωσε φωνή στα δελφίνια, ο ίδιος ερευνητής σε έμβρυα στη μήτρα (Mulkay, 1991b), ή ακόμα ο Low, (1992) στο ίδιο το κείμενό του (σε διάλογο με το συγγραφέα και με άλλες φωνές).

Στο επίπεδο του εκπαιδευτικού υλικού η απόδοση ανθρώπινης φωνής σε οντότητες συναντάται στις μικρές τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης υπό τη μορφή του ανιμισμού. Στην περίπτωση αυτή δεν φαίνεται να επιτυγχάνεται το αναστοχαστικό αποτέλεσμα. Οτιόσο σε μεγαλύτερες ηλικίες η χρήση αυτής της τεχνικής μπορεί να δημιουργήσει τις απαιτούμενες συνθήκες αναστοχαστικότητας (π.χ. βλέπε τις περιπτώσεις απόδοσης φωνής στον πλανήτη Γη ή σε διάφορα ζωικά είδη σε κείμενα Οικολογίας).

### *Το ημερολόγιο*

Ο συγκεκριμένος τρόπος γραφής επιτρέπει την καταγραφή της εξέλιξης της σκέψης ενός επιστήμονα με την πάροδο του χρόνου, καθώς επίσης και την καταγραφή του κοινωνικού και του ιστορικού πλαισίου τουλάχιστον όπως αυτά τα πλαίσια προσλαμβάνονται από τον ίδιο, εντός των οποίων λαμβάνει χώρα η εξέλιξη αυτή. Η ίδια η περιγραφή αυτής της εξελικτικής διαδικασίας καταδεικνύει στα μάτια του μαθητή-αναγνώστη ότι η επιστημονική σκέψη περνάει από πολλαπλά στάδια διαμόρφωσης και επηρεάζεται από πολλές συγκυρίες ή ακόμα και τυχαία περιστατικά. Στο κειμενικό αυτό είδος θα μπορούσε επίσης να ενταχθεί και η αυτοβιογραφία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτού του είδους αποτελούν το αυτοβιογραφικό χρονικό της ανακάλυψης της δομής της διπλής έλικας του DNA όπως παρουσιάστηκε από έναν από τους δυο επιστήμονες που έκαναν την ανακάλυψη αυτή, τον James Watson (ο άλλος επιστήμονας ήταν ο Francis Crick) υπό τον τίτλο *Η Διπλή Έλικα* (Watson, 1966) ή αποσπάσματα από το *Κόκκινο Σημειωματάριο* στο οποίο ο Δαρβίνος κρατούσε όλες τις σημειώσεις του σχετικά με τις παρατηρήσεις που έκανε καθώς και τις σκέψεις του σχετικά με αυτές, κατά τη διάρκεια των πενήντα πέντε μηνών του ταξιδιού του με το Beagle.

### *Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας*

Η αναφορά και ο σχολιασμός της σχετικής με ένα ζήτημα βιβλιογραφίας, παρά το γεγονός ότι αποτελεί εδραιωμένη πρακτική στα επιστημονικά κείμενα, εντούτοις συνήθως αποσιάζει από το εκπαιδευτικό υλικό. Η υιοθέτηση ωστόσο αυτής της κειμενικής πρακτικής στο εκπαιδευτικό υλικό θα έπρεπε να υποβαθμίσει τον απόλυτο χαρακτήρα των λεγομένων σε αυτό, και άρα θα ενίσχυε την αναστοχαστικότητα. Εξάλλου η ίδια η φύση της συγκεκριμένης πρακτικής υποδηλώνει με σαφήνεια το γεγονός της διαμόρφωσης της φυσικο-επιστημονικής γνώσης ως αποτέλεσμα κοινωνικής αλληλεπίδρασης στο εσωτερικό της επιστημονικής κοινότητας και άρα παραπέμπει στον κειμενικό χαρακτήρα της.

### *Η περιγραφή των παρασκηνιακών συνθηκών που οδήγησαν στη συγγραφή των κειμένων του εκπαιδευτικού υλικού*

Η κειμενική αυτή πρακτική συναντάται αρκετά συχνά σε προλόγους κειμένων, όπου οι συγγραφείς υιοθετώντας ένα εξομολογητικό ή/και απολογιστικό ύφος περιγράφουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες παράχθηκε το κείμενό τους (Genette, 2001). Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές αναγνώστες μπορούν πολύ πιο άμεσα να κατανοήσουν τον κατασκευασμένο χαρακτήρα του κειμένου στο οποίο εκτίθενται καθώς και να αντιληφθούν τις ειδικές περιστάσεις (π.χ. επιρροές από συναδέλφους, επικοινωνία με κριτές και εκδότες, ψυχολογική ή συναισθηματική κατάσταση του συγγραφέα την περίοδο της συγγραφής, κ.ο.κ) υπό τις οποίες αυτό συγγράφηκε.

### *Η παράθεση αυτούσιων περικοπών από τα λεγόμενα κάποιου (quotations)*

Η παράθεση αυτούσιων περικοπών από τα λεγόμενα κάποιου αποτελεί ρωγμή στη συνήθη μονολογικότητα του εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες, καθώς επιτρέ-

πει την εισαγωγή πρόσθετων και πέρα από τη «φωνή» του συγγραφέα «φωνών». Μάλιστα η αναστοχαστική λειτουργία στην περίπτωση αυτή αυξάνεται όταν οι περικοπές που παρατίθενται βρίσκονται σε αντιπαράθεση με τους βασικούς ισχυρισμούς του κυρίως κειμένου του εκπαιδευτικού υλικού.

## Τα σχήματα λόγου

### *Η ειρωνεία*

Σε αυτό το σχήμα λόγου ο συγγραφέας φαίνεται να λέει κάτι αλλά στην πράξη εννοεί κάτι άλλο. Με τον τρόπο αυτό στο ίδιο σχήμα λόγου εμφανίζονται αντικρουόμενα νοήματα από τα οποία ο μαθητής-αναγνώστης μπαίνει στη διαδικασία να επιλέξει το ορθό και άρα καθίσταται περισσότερο αναστοχαστικός. Η αναστοχαστική λειτουργία της ειρωνείας ενισχύεται ακόμα περισσότερο από το γεγονός ότι προκειμένου να λειτουργήσει επικοινωνιακά οφείλει να αναφέρεται στα κοινά ερμηνευτικά μέσα τόσο του πομπού συγγραφέα όσο και του μαθητή αναγνώστη. Με τον τρόπο όμως αυτό οι δυο αυτοί παράγοντες έρχονται στο προσκήνιο και αποκαλύπτεται το κείμενο ως προϊόν συγγραφικής δραστηριότητας και άρα κατασκευασμένο. Σύμφωνα με τον Γιαννακόπουλο, (1991) η ειρωνεία αποτελεί κατά κανόνα αντίφραση, δηλαδή είναι σύμφωνη με εκείνο το σχήμα «*με το οποίο γίνεται έκφραση μιας έννοιας ή μιας κρίσης με λέξεις που σημαίνουν ακριβώς το αντίθετο*» (σελ.517) Παρόμοια ρητορική λειτουργία με αυτή της ειρωνείας έχει ο αστεϊσμός και ο ευφημισμός. Όλα αυτά τα σχήματα λόγου αποτελούν από την ίδια τους τη φύση προσπάθειες υπονόμησης του νοήματος που εκφέρεται και άρα αντιστοιχούν σε ευθεία κριτική της αντικειμενικότητάς τους.

### *Το παράδοξο*

Το παράδοξο αντιστοιχεί σε ένα σχήμα λόγου το οποίο ενώ από πρώτη άποψη εμφανίζεται μη αληθές ή/και μη πραγματοποιήσιμο, σε δεύτερη ανάγνωση μπορεί να αναγνωριστεί από τον μαθητή-αναγνώστη ως συμβατό με την πραγματικότητα (π.χ. το παράδοξο του Λαγού και της Χελώνας του Ζίνωνα, το παράδοξο των Διδύμων του Einstein). Θα λέγαμε ότι ο αναστοχαστικός χαρακτήρας του παραδόξου έγκειται στο γεγονός ότι επισημαίνει με έμφαση το γεγονός ότι ορισμένοι ισχυρισμοί οι οποίοι αρχικά φαίνονται μη αληθείς μπορούν υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις ή συνθήκες να είναι αληθινόι. Παραπλήσια λειτουργία με το παράδοξο έχει και το σχήμα λόγου του οξύμωρου.

### *Η υπερβολή*

Σύμφωνα με τον Παντίδο, (2008) στο σχήμα της υπερβολής οι διατυπώσεις απομακρύνονται πολύ από το συνηθισμένο (το συνήθως ισχύον), με στόχο την πρόκληση εντυπωσιασμού. Είναι αυτή ακριβώς η απόκλιση που προ(σ)καλεί τον μαθητή-αναγνώστη να αναλογιστεί την ακρίβεια ή μη του ισχυρισμού και άρα τον καθιστά περισσότερο αναστοχαστικό.

### *Οι ρητορικές ερωτήσεις*

Πρόκειται για ερωτήσεις οι οποίες τίθενται προσηματικά προκειμένου να οδηγήσουν αμέσως μετά στην απάντησή τους. Ωστόσο και μόνο το γεγονός ότι τίθενται υποδηλώνει με σαφήνεια το γεγονός ότι οι επιστημονικοί ισχυρισμοί δεν αναδύονται άμεσα από τη φύση, αλλά αποτελούν απαντήσεις σε ερωτήματα που θέτουν οι επιστήμονες. Με την έννοια αυτή, μια ρητορική ερώτηση επαναφέρει στο προσκήνιο την επιστημονική κοινότητα όχι ως παθητικούς αναγνώστες του «βιβλίου της φύσης» αλλά ως ενεργούς δρώντες που διαμορφώνουν το ίδιο το πεδίο των αναζητήσεών τους. Η τεχνική των ρητορικών ερωτήσεων έχει χρησιμοποιηθεί από τον Νεύτωνα στο έργο του *Οπτική*. Συγκεκριμένα σε αυτό το έργο ο Νεύτωνας έχει συμπεριλάβει τριανταμία τέτοιες ερωτήσεις προκειμένου να ανασκευάσει την κριτική άλλων επιστημόνων και κυρίως του Hooke για τη σωματιδιακή φύση του φωτός την οποία πρέσβευε (Gross, 1996).

### *Η αυτό-αναφορά*

Η «φωνή» του συγγραφέα καθίσταται εμφανής σε κάθε περίπτωση ρητής διατύπωσης σε πρώτο ενικό πρόσωπο (ή σε πρώτο πληθυντικό πρόσωπο εάν πρόκειται για πολλαπλούς συγγραφείς). Οι σχετικές διατυπώσεις μπορούν να αφορούν είτε την επιστημική (π.χ. βαθμός ισχύος, βεβαιότητα, καινοτομικότητα, γενικότητα, συμβατότητα, πιθανότητα, δυνατότητα) είτε την συναισθηματική (π.χ. χρησιμότητα, κομψότητα, ηθικότητα, αποδεκτικότητα), αξιολογική στάση του συγγραφέα αναφορικά είτε με τους δικούς του ισχυρισμούς, είτε με τους ισχυρισμούς άλλων. Οι αυτό-αναφορές στο κείμενο του εκπαιδευτικού υλικού σχετικοποιούν την αξία των ισχυρισμών που προβάλλονται και αφήνουν ανοικτό το πεδίο στο μαθητή-αναγνώστη να συμφωνήσει ή και να διαφωνήσει με τη ρητή διατυπωμένη θέση του συγγραφέα.

### *Η ενίσχυση της τροπικότητας των διατυπώσεων*

Εκτός από τη ρητή διατύπωση της επιστημικής στάσης του συγγραφέα, είναι δυνατόν το είδος αυτό της στάσης να εκφέρεται και έμμεσα μέσω της τροπικότητας των διατυπώσεων που χρησιμοποιούνται. Η τροπικότητα στην περίπτωση αυτή αφορά συνήθως το βαθμό βεβαιότητας που αποδίδεται σε κάθε ισχυρισμό. Οι Woolgar και Latour, (1979) διέκριναν πέντε επίπεδα τροπικότητας των επιστημονικών διατυπώσεων. Στο επίπεδο 5 ανήκουν οι ισχυρισμοί οι οποίοι εμφανίζονται ως οι πλέον βέβαιοι και προφανείς στο εσωτερικό ενός επιστημονικού πεδίου. Στο επίπεδο 4 ανήκουν ισχυρισμοί οι οποίοι ενώ διατυπώνονται ως αναμφισβήτητοι εντούτοις συνοδεύονται από λεπτομερείς διευκρινήσεις. Οι ισχυρισμοί του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιείται για τις Φυσικές Επιστήμες στο σχολείο ανήκουν σε αυτά τα δυο επίπεδα. Οι ισχυρισμοί που ανήκουν στα επίπεδα 3 και 2 περιλαμβάνουν εκφράσεις επιφύλαξης, περιορισμού, προϋποθέσεων, οι οποίοι υποδηλώνουν ότι το νόημα του ισχυρισμού δεν είναι αδιαμφισβήτητο. Ειδικότερα στους ισχυρισμούς του επιπέδου 3 οι εκφράσεις αυτές είναι δυοδιάκριτες (π.χ. η παράθεση μιας βιβλιογραφικής αναφοράς εξασθενεί την βεβαιότητα ενός ισχυρισμού αφού χρειάζεται να υποστηριχτεί και εξωτερικά από το κείμενο). Στο επίπεδο 2 οι εκφράσεις τροπικότητας είναι πολύ ισχυρότερες και

οι διατυπώσεις παραπέμπουν στη διαθεσιμότητα ή στην έλλειψη ενδείξεων και στοιχείων που να ενισχύουν την αλήθεια της. Τέλος, οι διατυπώσεις του επιπέδου 1 είναι ανοικτά και ειλικρινά εικοτολογικές και ενσωματώνουν παραδοχές σχετικά με την έλλειψη επαρκών ενδείξεων περί της αλήθειας τους. Καθώς λοιπόν οι διατυπώσεις που περιλαμβάνονται στο εκπαιδευτικό υλικό μετακινούνται από τα επίπεδα 5 και 4 στα επίπεδα 3, 2 και 1 αυξάνεται η τροπικότητά τους, και άρα είναι πιθανό να αυξάνεται η αναστοχαστικότητα του αναγνώστη-μαθητή ως προς την ισχύ τους.

Κλείνοντας την αναφορά μας στα κειμενικά είδη και στα σχήματα λόγου που αναδεικνύουν την κειμενικότητα του εκπαιδευτικού υλικού δεν θα πρέπει να διαφύγει της προσοχής του αναγνώστη το γεγονός ότι τα εν λόγω στοιχεία λόγου χρησιμοποιούνται κατά κόρο σε δυο επικοινωνιακά πεδία της φυσικο-επιστημονικής γνώσης, αυτά των δημοσιεύσεων σε εξειδικευμένα επιστημονικά περιοδικά με κριτές και των εκλαϊκευτικών εκδόσεων στο δημόσιο πεδίο.

Και στα δυο αυτά πεδία η επιλογή της ανάδειξης της κειμενικότητας υποστηρίζεται από την ανάγκη να καταστήσουν τους σκεπτικιστές αναγνώστες τους αναστοχαστικούς, προκειμένου να τους πείσουν. Στη μεν περίπτωση των επιστημονικών δημοσιεύσεων, τα σχετικά κείμενα παράγονται πολύ κοντά στο μέτωπο της πρωτογενούς κατασκευής της φυσικο-επιστημονικής γνώσης και άρα είναι ανάγκη να εμφανίζονται ως περισσότερο αναστοχαστικά ως προς την ακρίβεια των ισχυρισμών τους, ακριβώς για να μπορέσουν να ξεπεράσουν τη δοκιμασία του κατά Μερτον οργανωμένου σκεπτικισμού των ομοτέχνων (peers) αναγνωστών τους. Από την άλλη πλευρά στο δημόσιο πεδίο τα κείμενα απευθύνονται σε μη-ειδικούς, οι οποίοι μη διαθέτοντας κάποια επιστημική δέσμευση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες ως εξειδικευμένο σώμα γνώσης, αλλά και ταυτόχρονα λειτουργώντας σε ένα κλίμα αυξανόμενου σκεπτικισμού σχετικά με τα αποτελέσματα της τεχνο-επιστήμης, είναι ανάγκη να πειστούν, ιδιαίτερα στις σύγχρονες συνθήκες της κατά Giddens αναστοχαστικότητας της νεωτερικότητας (Giddens, 2001), όπου γνώση και κοινωνικές πρακτικές αλληλοτροφοδοτούνται με έναν διαλεκτικό τρόπο.

## Σύνοψη

Η εργασία αυτή ξεκινάει από τη διαπίστωση ότι οι επιστημολογικές εικόνες της σχολικής επιστήμης και της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο, όπως τουλάχιστον αυτές αποτυπώνονται στα κείμενα του κάθε πεδίου, είναι σημαντικά διαφοροποιημένες. Η διαφοροποίηση αυτή αποτελεί ουσιαστικό εμπόδιο για την υιοθέτηση προσεγγίσεων με στόχο τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για τον Πολίτη.

Σημαντικό μέρος της εικόνας της σχολικής επιστήμης διαμορφώνεται από τα ρητορικά μέσα που χρησιμοποιούνται στα σχολικά βιβλία. Κοινός παρανομαστικός αυτών των μέσων είναι η απόκρυψη της κειμενικότητας των εγχειριδίων και η συνδεδεμένη με αυτό απολυτοποίηση της φυσικο-επιστημονικής γνώσης στο όνομα ενός μεταφυσικού ρεαλισμού.

Προκειμένου να αναιρεθεί αυτή η εικόνα προς την κατεύθυνση της σύγκλισης της

εικόνας της σχολικής επιστήμης με την επιστημολογική εικόνα της επιστήμης στο δημόσιο πεδίο, προτείνεται η συμπερίληψη στο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιείται στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών μη συμβατικών κειμενικών ειδών και σχημάτων λόγου τα οποία αποκαλύπτουν την κειμενικότητά του και άρα τον κατασκευασμένο και κοινωνικά διαπραγματεύσιμο χαρακτήρα της επιστήμης εν τω γεννάσθαι όπως είναι η επιστήμη που συνήθως προβάλλεται στο δημόσιο πεδίο.

Η συμπερίληψη τέτοιου είδους κειμενικών στοιχείων εν δυνάμει ενισχύει την αναστοχαστικότητα του μαθητή-αναγνώστη και άρα τον βοηθά να οικειοποιηθεί μια πιο ρεαλιστική εικόνα για τους όρους συγκρότησης αλλά και αλλαγής της φυσικο-επιστημονικής γνώσης.

Σε μια εποχή όπου η παρουσία της τεχνο-επιστήμης βρίσκεται ολοένα και με μεγαλύτερη ένταση στο προσκήνιο του δημόσιου βίου, μόνο η αναστοχαστικότητα και ο υγιής σκεπτικισμός που αυτή δημιουργεί ως στάση του πολίτη απέναντι στις τεχνο-επιστημονικές εξελίξεις μπορεί να αποτελέσει μια θετική προοπτική απέναντι τόσο στην τυφλή υποταγή σε ένα επιστημονικό αποκρυφισμό (επιστημονισμός) όσο και στην πλήρη άρνηση των αντι-επιστημονικών, ψευδο-επιστημονικών και αντυρθολογικών ρευμάτων της μετανεωτερικότητας.

## Υστερόγραφο

Εάν μέχρι τώρα ο αναγνώστης της εργασίας μου δεν έχει επισημάνει την κραυγαλέα αντίφαση της πρότασής μου σχετικά με την ανάγκη χρήσης κειμενικών ειδών και σχημάτων λόγου που ενισχύουν την αναστοχαστικότητα, με τον τρόπο που την εκφέρω (παντελής έλλειψη τέτοιων στοιχείων στο ίδιο το κείμενό μου), τότε αυτό σημαίνει ότι η προσφυγή μου στις συνήθεις συμβάσεις της επιστημονικής γραφής έχει πετύχει το στόχο της να αποκρύψει την κειμενικότητα της εργασίας μου, δηλαδή ότι και αυτή αποτελεί απλώς μια επινοημένη από εμένα θέση. Όπερ έδει δείξει.<sup>6</sup>

## Βιβλιογραφία

- AAAS. (1993). *Science for All Americans: Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- Aikenhead, G. S. (1990). Scientific/technological literacy, critical reasoning and classroom practice. In S. P. Norris & L. M. Phillips (Eds.), *Foundations of literacy policy in Canada*. Calgary, AB, Canada: Detselig Enterprises.
- Ashmore, M., Myers, G. & Potter, J. (1995). Discourse, Rhetoric, Reflexivity: Seven Days in the Library. In S.Jasanoff, G.E.Markle, J.C.Petersen and T.Pinck (Eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*. London: Sage.

<sup>6</sup> Το Υστερόγραφο αυτό αποτελεί τη μοναδική αναστοχαστικού τύπου αναφορά σε ένα κείμενο που κατά τα άλλα παίρνει θέση υπέρ της ενσωμάτωσης της αναστοχαστικότητας ως διαδικασίας στο εκπαιδευτικό υλικό.

- Barthes, R. (1986). From Work to Text. In R. Barthes (Ed.), *The Rustle of Language*. Oxford: Basil Blackwell.
- Bloor, D. (1976). *Knowledge and Social Imagery*. London: Routledge and Keagan Paul.
- Bucchi, M. (1998). *Science and the Media: Alternative routes in scientific communication*, London: Routledge.
- Bybee, R. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Graber & C. Bolte (Eds.), *Scientific literacy*. Kiel: Institute for Science Education (IPN).
- Γιαννακόπουλος, Π. (1991). *Συντακτικό της Νεοελληνικής Γλώσσας*. Αθήνα: Παπαδήμας.
- Collins, H. & Pinch, T. (1998). *The Golem: What You Should Know About Science?* Cambridge: Cambridge University Press.
- Cooper, G., (1997). *Textual Technologies: New Literary Forms and Reflexivity*. In J.H.Collier & D.M. Toomey (Eds.), *Scientific and Technical Communication: Theory, Practice and Policy*. London: Sage.
- Cross, R. T. & Price, R. F. (1996). Science teachers' social conscience and the role of controversial issues in the teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 319- 333.
- Δημόπουλος, Κ. (2001). Η εικόνα της επιστήμης και της τεχνολογίας στον ελληνικό ημερήσιο τύπο. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Eco, U. (1979). *The role of the Reader*. Bloomington: Indiana University Press.
- Enkvist, N. E. (1981). Experiential iconism in text strategy. *Text*, 1, 77-111.
- Fensham, P. (1997). School Science and its Problems with Scientific Literacy. In R. Levinson & J. Thomas (Eds.), *Science Today*. London: Routledge.
- Genette, G. (2001). Πριν από το κείμενο. Στο Γ.Κουζέλης (επιμ.), *Γραφή και Ανάγνωση: Για τη Χρήση της Γλώσσας στις Επιστήμες*. Αθήνα: Εταιρεία Μελέτης των Επιστημών του Ανθρώπου.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwatzman, S., Scott, P. & Trow, M. (1994). *The New Production of Knowledge*. London: Sage.
- Giddens, A. (2001). *Οι συνέπειες της νεωτερικότητας*. Αθήνα: Κριτική.
- Gombrich, E.H. (1960). *Art and Illusion*. London: Phaidon Press.
- Gross, A.G., (1996). *The rhetoric of science*. Cambridge: Harvard University Press.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. *Science Education*, 82, 407-416.
- Jenkins, E. (1997). Towards a Functional Public Understanding of Science. In R. Levinson & J. Thomas, (Eds.), *Science Today*. London: Routledge.
- Knain, E. (2001). Ideologies in school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 23, 319-329.
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic Cultures : How the Sciences Make Knowledge*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Kolstoe, S. D. (2000). Consensus projects: teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22, 645-664.
- Kolstoe, S. D. (2001). *Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the*



- Science Dimension of Controversial Socio-scientific Issues. *Science Education*, 85, 291-310.
- Kortland, K. and Lijnse, P. (1996). Decision-making on the waste issue: The classroom trial of a problem-posing teaching/learning process. In K. Calhoun, R. Panwar, S. Shrum (Eds.), *International Organization for Science and Technology Education 8th Symposium Proceedings*. Edmonton, Canada: Continuing Professional Education.
- Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ. & Χρηστίδου, Β. (2002). Τα κείμενα της τεχνο-επιστήμης στον δημόσιο χώρο. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Kuhn, T.S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Latour, B. & Woolgar, S., (1979). *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. Beverly Hills, California: Sage.
- Latour, B. (1987). *Science in Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lawson, H. (1985). *Reflexivity: The postmodern predicament*. Melbourne: Hutchinson.
- Lehtonen, M. (2000). *The Cultural Analysis of Texts*. London: Sage.
- Λέκκα, Β. (2005). *Η Γλώσσα των Επιστημονικών Κειμένων*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Levinson, R. & Turner, S. (2001). *The teaching of social and ethical issues in the school curriculum, arising from developments in biomedical research: a research study of teachers*. Final Report to The Wellcome Trust by The Science and Technology Group. Institute of Education, University of London.
- Low, J. (1992). *Human and nonhumans in the computer department*. Paper presented at the Discourse Analysis and Reflexivity Workshop, Brunel University.
- Masterman, M. (1970). The Nature of a Paradigm. In I.Lakatos & A.Musgrave (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. London: Routledge.
- McComas, W.F. (1998). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- Mulkay, M. (1991a). *Sociology of science: A sociological pilgrimage*. Milton Keynes: Open University Press.
- Mulkay, M. (1991b). Intruders in the Fallopian tube-or a dream of perfect human reproduction. *Human Reproduction*, 6, 1480-1486.
- Newton, P. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553-576.
- Osborne, J. & Collins, S., (2000). *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. Study Funded by The Wellcome Trust. London: King's College.
- Παντίδος, Π. (2008). Η Συγκρότηση «Λεξικού» Όρων Σημειωτικής Ανάλυσης για τη Διδασκαλία της Φυσικής: Ένα Πλαίσιο Μελέτης των Διδακτικών Πρακτικών με Μητρικό Πεδίο τη Σημειωτική του Θεάτρου. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.

- Pickering, A. (1984). *Constructing Quarks: A Sociological History of Particle Physics*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ratcliffe, M. (1996). Pupil decision-making about socio-scientific issues, within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19, 167-182.
- Rodgers, M., (1992), The Hawking phenomenon, *Public Understanding of Science*, 1(3), 231-234.
- Serres, M. (2001). *Η Σιγή της Γλώσσας*. Στο Γ.Κουζέλης (επιμ.), *Γραφή και Ανάγνωση: Για τη Χρήση της Γλώσσας στις Επιστήμες*. Αθήνα: Εταιρεία Μελέτης των Επιστημών του Ανθρώπου.
- Shamos, M.H. (1987). *Great Experiments in Physics: Firsthand Accounts from Galileo to Einstein*. New York: Dover.
- Σκλαβενίτη, Σ. (2003). Ένα πλαίσιο ανάλυσης σχολικών εγχειριδίων των Φυσικών Επιστημών. *Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή*. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Solomon, J. & Aikenhead, G. (1994). *STS Education: International Perspectives on Reform*. New York: Teachers' College Press, Columbia University.
- Τσατοαρώνη, Α. & Κουλαϊδής, Β. (2001). Επιστημονική γνώση και σχολική φυσικο-επιστημονική γνώση: απλοποίηση ή αναπλαισίωση. Στο J.Bliss κ.ά, *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Wang, H. & Schmidt, W. H. (2001). History, Philosophy and Sociology of Science in Science Education: Results from the Third International Mathematics and Science Study. *Science & Education*, 10, 51-70.
- Watson, J.D. (1966). *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*. New York: Atheneum.
- Woolgar, S., (1988a). *Science: The Very Idea*. London: Methuen.
- Woolgar, S., (1988b). Reflexivity is the ethnographer of the text. In S. Woolgar (Ed.), *Knowledge and Reflexivity: New Frontiers in the Sociology of Knowledge*. London: Sage.
- Ziman, J. (2000). *Real Science: What it is, and what it means*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yoon, H.G. (2004). Science Education Using Science Drama. *Proceedings of the 46th Conference of the Korean Association for Research in Science Education*. Seoul.

# Η Φύση της Επιστήμης όπως παρουσιάζεται σε σχετικά βιβλία για το ευρύ κοινό: διδάγματα για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

**William F. McComas**

*University of Arkansas*

---

## Εισαγωγή

Οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν φυσικές επιστήμες καθώς και όσοι ενδιαφέρονται για την αναμόρφωση των αντίστοιχων αναλυτικών προγραμμάτων συμφωνούν σχεδόν χωρίς καμία αμφιβολία ότι ένα καλά δομημένο και αυθεντικό πρόγραμμα σπουδών οφείλει να περιέχει στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ), ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν και να εκτιμήσουν την επιστημονική εμπειρία πέρα από την απλή παράθεση επιστημονικών δεδομένων.

Η Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ) είναι κάτι περισσότερο από ένας κατάλογος στοιχείων που προκύπτουν από την Ιστορία και τη Φιλοσοφία της Επιστήμης (ΙΦτΕ). Η ΦτΕ είναι ένας σαφώς οριοθετημένος τομέας σχεδιασμένος να τροφοδοτεί τη διδασκαλία και τη μάθηση της επιστήμης<sup>1</sup>. Θα μπορούσε γενικά να οριστεί ως «...ένα υβριδικό πεδίο όπου συναντώνται στοιχεία από διάφορες κοινωνικές οπτικές της επιστήμης όπως η ιστορία, η κοινωνιολογία και η φιλοσοφία της επιστήμης, συνδυαζόμενα με την έρευνα από τις γνωστικές επιστήμες όπως η ψυχολογία, σε μία πλούσια περιγραφή του τι είναι η επιστήμη, πώς λειτουργεί, πώς λειτουργούν οι επιστήμονες ως κοινωνική ομάδα και πώς η ίδια η κοινωνία κατευθύνει τις επιστημονικές προσπάθειες και ανιδρά σε αυτές.» (McComas, Clough & Almazroa, 1998,

---

<sup>1</sup> Για λόγους απλότητας ο όρος «science» έχει αποδοθεί ως «επιστήμη» και όχι ως «εμπειρική επιστήμη» ή ως «φυσικές επιστήμες» (ΣτΕ).

σελ. 4). Συνεπώς, οι μελέτες της ΦτΕ μπορούν να απεικονίσουν με πλήρη και ακριβή τρόπο τη λειτουργία της επιστήμης. Από την εικόνα αυτή, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να σχεδιάσουν προγράμματα σπουδών τα οποία να παρουσιάζουν επακριβώς και κατάλληλα την επιστήμη.

Οι οργανισμοί που βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της διδασκαλίας της επιστήμης στις ΗΠΑ όπως ο Αμερικάνικος Οργανισμός για την Προώθηση της Επιστήμης (AAAS, 1993) και το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (NRC, 1996) συμφωνούν ότι η γνώση της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας της Επιστήμης (ΙΦτΕ) είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τον επιστημονικό αλφαριθμητικό, άρα και για τα προγράμματα σπουδών. Η συγκεκριμένη άποψη έχει επηρεάσει πολλά αμερικάνικα κρατικά έγγραφα που προσδιορίζουν το επιστημονικό περιεχόμενο που πρέπει να διδαχθεί στο οποίο τώρα αρχίζουν να ενσωματώνονται και στοιχεία της ΦτΕ που πρέπει να διδαχθούν. Ένας αυξανόμενος αριθμός εκπαιδευτικών αρχών εκτός ΗΠΑ επίσης συμπεριλαμβάνει πτυχές της ΦτΕ ως απαραίτητα στοιχεία στη διδασκαλία της επιστήμης (McComas & Olson, 1998).

Είναι εύλογη λοιπόν η ικανοποίησή μας για το γεγονός ότι η ΦτΕ είναι θέμα που συμπεριλαμβάνεται στα πρότυπα (standards) διδασκαλίας της επιστήμης, όμως πρέπει ακόμα να γίνει αρκετή δουλειά ώστε να οριστεί το πεδίο της ΦτΕ με τρόπο που να μπορεί να καθοδηγήσει τη διδασκαλία στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ένα από τα προβλήματα με τα ήδη υπάρχοντα πρότυπα για τη διδασκαλία της ΦτΕ είναι η έλλειψη προτυποποίησης στο αντικείμενο και στη γλώσσα. Σκεφτείτε για παράδειγμα την ακόλουθη δήλωση που προέρχεται από επιστημονικούς κύκλους της Καλιφόρνια η οποία λέει ότι «μέσα στην επιστημονική κοινότητα μεμονωμένα άτομα ή ομάδες ίσως μερικές φορές βλέπουν μόνο ότι επιθυμούν να δουν ή ότι έχουν κατευθυνθεί να δουν» (California Department of Education, 2003, σελ. 17). Ένα άτομο που έχει γνώσεις γύρω από τη ΦτΕ θα μπορούσε να δει ότι το θέμα εδώ αναφέρεται στην «εξάρτηση της παρατήρησης από τη θεωρία». Άλλοι ίσως αισθανθούν ότι είναι μια Οργουελιανή παραπλανητική δήλωση που δηλώνει έλλειψη αντικειμενικής πραγματικότητας ή τουλάχιστον την αδυναμία αντίληψής της. Για τους εκπαιδευτικούς οι οποίοι ίσως αγνοούν τις ισχύουσες θέσεις της ΦτΕ τέτοιου είδους δηλώσεις είναι πιθανό να στερούνται νοήματος και απλά θα παραμεριστούν. Αλλά ακόμα και για εκείνους τους εκπαιδευτικούς που γνωρίζουν για τη ΦτΕ, δεν είναι ξεκάθαρο τι θα μπορούσαν να κάνουν με αυτή τη δήλωση μέσα στο περιβάλλον της τάξης. Το σημείο αυτό οφείλει να διερευνηθεί πιο αναλυτικά ως μια πτυχή της διδασκαλίας της ΦτΕ.

Ακόμα και αν υπάρξει σύγκλιση στον προσδιορισμό του περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης που είναι κατάλληλο για διδασκαλία στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι το περιεχόμενο αυτό οφείλει επίσης να είναι κατάλληλο τόσο για την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών όσο και για τους μαθητές τους. Μία ποικιλία ερευνών έχει δείξει ότι η γνώση των εκπαιδευτικών για τη ΦτΕ παίζει καθοριστικό ρόλο στον τρόπο με τον οποίο παρουσιάζεται η επιστήμη και σε ό,τι αφορά τις δραστηριότητες και το γραπτό υλικό που δίνεται στους μαθητές. Όπως ανέφεραν οι Carey και Stauss το 1970, «εάν η κατανόηση των εκπαιδευτικών και η φιλοσοφία της επιστήμης δεν συμβαδίζουν με τις ισχύουσες ερμηνείες της ΦτΕ... τότε το αποτέλεσμα της διδασκαλίας δεν

θα είναι αντιπροσωπευτικό της επιστήμης» (σελ. 368). Συνεπώς, η Φύση της Επιστήμης δεν είναι απλά ένα στοιχείο του προγράμματος σπουδών στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση αλλά πρέπει επίσης να καθοδηγεί τις γνώσεις του επιστημονικού και του παιδαγωγικού περιεχομένου (Shulman, 1986), τις οποίες πρέπει να κατέχουν οι εκπαιδευτικοί εάν θέλουν να είναι αποτελεσματικοί στη διδασκαλία της επιστήμης.

## Σκοπός

Πρόσφατα, μία από τις πιο ενδιαφέρουσες και αποδοτικές αναζητήσεις σε ό,τι αφορά τις μελέτες σχετικά με τη ΦτΕ, είχε ως αντικείμενο τον προσδιορισμό των ιδεών - κλειδιά της ΦτΕ<sup>2</sup>, οι οποίες είναι κατάλληλες για να συμπεριληφθούν στα προγράμματα σπουδών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ευτυχώς, από την εκτεταμένη βιβλιογραφία για την ιστορία και τη φιλοσοφία της επιστήμης έχει αρχίσει να προκύπτει συναίνεση για αυτές τις ιδέες. Κυρίως οι Osborn, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl (2003), ο McComas (1998)<sup>3</sup>, ο Lederman (2002), και οι McComas, Clough & Almazroa (1998) έχουν κάνει εκπληκτικά παραπλήσιες προτάσεις για το περιεχόμενο της ΦτΕ.

Ακόμα κι αν καθιερωθούν τέτοιοι κατάλογοι κεντρικών ιδεών, είναι σημαντικό να μην αμεληθούν σημαντικά στοιχεία της ΦτΕ. Για το λόγο αυτό, η παρούσα μελέτη παρέχει μία συμπληρωματική πηγή δεδομένων για πιθανά κεντρικά στοιχεία του περιεχομένου της ΦτΕ, μετά από αναζήτηση σε πηγές εκτός της επίσημης ΦτΕ αλλά και εκτός της κοινότητας της εκπαίδευσης στις επιστήμες. Η παρούσα εργασία προσθέτει νέα στοιχεία στη συζήτηση παρέχοντας τα αποτελέσματα μιας λεπτομερούς ανασκόπησης βιβλίων για τη φύση της επιστήμης γραμμένων για το ευρύ κοινό. Η λογική για την επιλογή αυτών των βιβλίων είναι ότι κανείς μπορεί να μάθει πολλά για τα απαραίτητα στοιχεία της ΦτΕ εξετάζοντας έργα που γράφτηκαν από ειδικούς στην ιστορία και φιλοσοφία της επιστήμης και απευθύνονται σε άτομα που δεν είναι επιστήμονες, με καί' επίφαση στόχο να ενισχυθεί ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός και να ενδυναμωθεί το ενδιαφέρον για το συγκεκριμένο πεδίο. Στην καλύτερη περίπτωση, θα μπορούσε λογικά να υποθέσει κανείς ότι οι συγκεκριμένοι συγγραφείς επέλεξαν να συμπεριλάβουν βασικά και σημαντικά θέματα της ΦτΕ πλαισιωμένα από ενδιαφέροντα και αντιπροσωπευτικά παραδείγματα ώστε να μπορέσουμε να διδαχθούμε από αυτές τις επιλογές. Ο στόχος δεν είναι να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αυτά τα βιβλία ως σχολικά κείμενα, αν και μια τέτοια πρόταση θα μπορούσε να είναι κατάλληλη σε κάποιες περιπτώσεις, αλλά να χρησιμοποιηθούν αυτά τα βιβλία ως άλλη μία πηγή πληροφοριών όσον αφορά την επιλογή των κατάλληλων προτύπων για το περιεχόμενο που θα διδαχθεί σε σχέση με τη φύση της επιστήμης.

---

<sup>2</sup> Οι ιδέες αυτές περιγράφονται συνοπτικά από τον ίδιο συγγραφέα στον παρόντα τόμο στο κεφάλαιο με τίτλο *Ιδέες-κλειδιά για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης (ΣτΕ)*

<sup>3</sup> Το κείμενο αυτό περιλαμβάνεται στον παρόντα τόμο με τίτλο *Τα κυριότερα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης: καταρρίπτοντας τους μύθους (ΣτΕ)*

## Μέθοδος

Τα βιβλία που αποτέλεσαν αντικείμενο της παρούσας μελέτης βρέθηκαν αναζητώντας όρους-κλειδιά σε βάσεις δεδομένων βιβλίων και μετά από προτάσεις μελών της κοινότητας των εκπαιδευτικών, οι οποίοι ενδιαφέρονται και έχουν γνώσεις για τη ΦιΕ. Προτάθηκαν περίπου σαράντα εργασίες και παρόλο που πολλές θα μπορούσαν σίγουρα να κάνουν ενδιαφέρουσες επισημάνσεις για την ΙΦιΕ, αυτά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν πιο άμεσα έπρεπε να είναι κάπως πιο κατανοητά. Θεωρήθηκαν καταλληλότερα βιβλία της περασμένης δεκαετίας, καθώς ήταν πιο πιθανό να παρουσιάζουν επίκαιρες και ακριβείς περιγραφές της επιστήμης. Όπως γνωρίζουμε καλά, οι ερμηνείες του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη αλλάζουν (Duschl, 1985) και μία πρόκληση σε σχέση με οποιοδήποτε περιεχόμενο της επιστήμης είναι να εξασφαλιστεί ότι οι χρησιμοποιούμενες ερμηνείες είναι επίκαιρες.

Κάπως πιο δύσκολη ήταν η διάκριση μεταξύ των βιβλίων που απευθύνονταν στο ευρύ κοινό και των βιβλίων που γράφτηκαν κυρίως ως κείμενα της φιλοσοφίας ή της ιστορίας της επιστήμης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διάκριση ήταν σαφής από το επίπεδο της γλώσσας που χρησιμοποιούσαν (π.χ. γραμμένα για το γενικό κοινό), το μέγεθος του βιβλίου (π.χ. όχι το παραδοσιακό μέγεθος ενός διδακτικού βιβλίου) και ο δεδηλωμένος σκοπός του βιβλίου (π.χ. σχεδιασμένο για ακροατήριο που δεν ήταν ειδικό) όπως αυτά περιγράφονται στην ιστοσελίδα και / ή στο κάλυμμα του βιβλίου. Τα στοιχεία αυτά ελήφθησαν συλλογικά υπόψη και οδήγησαν σε ένα σύνολο οκτώ βιβλίων που επιλέχθηκαν για την τελική ανάλυση.

### *Διαμορφώνοντας τις κατηγορίες περιεχομένου της ΦιΕ*

Την επιλογή των βιβλίων ακολούθησε μια εκτενής ποιοτική ανάλυση κάθε κειμένου χρησιμοποιώντας μία προσέγγιση εμπειρικά θεμελιωμένης θεωρίας (grounded theory) στην οποία οι αναφερόμενες κατηγορίες προτάθηκαν και πιστοποιήθηκαν από ένα κύκλο ανάγνωσης και ανασκόπησης. Αυτό έγινε δυνατό με προσεκτική εξέταση του περιεχομένου κάθε βιβλίου και επισήμανση των κύριων θεμάτων της ΦιΕ. Αυτή η αρχική ανάγνωση κατέληξε στην κατάρτιση ενός καταλόγου θεμάτων για κάθε βιβλίο. Αυτοί οι επιμέρους κατάλογοι εξετάστηκαν συνολικά σε μία διαδικασία που κατέληξε σε περιορισμό του συνολικού αριθμού των θεμάτων όταν οι παρόμοιες θεματικές περιοχές ομαδοποιήθηκαν σε διακριτές κατηγορίες (Παράρτημα Α). Ο τελικός βασικός κατάλογος των θεμάτων της ΦιΕ που προέκυψε από την ανασκόπηση όλων των κειμένων αριθμούσε είκοσι τρεις διακριτές θεματικές περιοχές της ΦιΕ. Μετά την απομόνωση των θεμάτων της ΦιΕ, κάθε βιβλίο εξετάστηκε εκ νέου με αναφορά στο βασικό κατάλογο για να εξασφαλισθεί ότι κανένα σημαντικό θέμα της ΦιΕ δεν είχε αμεληθεί. Αυτό που προκύπτει είναι ένας κατάλογος θεμάτων της ΦιΕ κατάλληλος για το ευρύ κοινό και, λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλία των υπό εξέταση βιβλίων, είναι απίθανο να έχει παραληφθεί κάτι πολύ σημαντικό.

### *Μειρώντας και καταγράφοντας το επίπεδο συμπερίληψης της ΦιΕ*

Στη συνέχεια, έγινε μία ξεχωριστή ανάλυση για να προσδιοριστεί υποκειμενικά ο βαθμός στον οποίο κάθε βιβλίο πραγματευόταν κάθε θέμα. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, καθο-

ρίστηκε μία κλίμακα από το 0 έως το 3 ώστε να αξιολογηθεί και να καταγραφεί το επίπεδο συμπερίληψης ενός θέματος σε κάθε βιβλίο (Βλέπε Πίνακα 1 για την κλίμακα που εφαρμόστηκε στο στάδιο αυτό). Το 0 ανυπροσωπεύει την απουσία συμπερίληψης του θέματος, ενώ το 3 καθορίζει την παρουσίαση του θέματος σε πολύ υψηλό βαθμό συγκριτικά με το σύνολο των βιβλίων. Η βαθμολογική αυτή κλίμακα αναπτύχθηκε κυρίως μέσω της σύγκρισης των βιβλίων παρά με τη χρήση ενός εξωτερικού προτύπου. Μεταξύ των βιβλίων που μελετήθηκαν, αυτά στα οποία δόθηκε ένα 3 για ένα συγκεκριμένο θέμα της ΦιΕ είχαν την εκτενέστερη κάλυψη αυτού του θέματος σε σύγκριση με τα άλλα βιβλία. Ωστόσο, αυτό δεν υποδεικνύει υποχρεωτικά ότι στο συγκεκριμένο βιβλίο γίνεται η πιο εκτεταμένη, ολοκληρωμένη ή κατάλληλη παρουσίαση του συγκεκριμένου θέματος.

Στο τέλος βαθμολογήθηκε και η συμπερίληψη συγκεκριμένων στοιχείων της ΦιΕ σε όλα τα βιβλία καθώς και τα ίδια τα βιβλία με βάση τον αριθμό των στοιχείων που συμπεριλαμβάνουν.

0	Καμία εμφανής αναφορά στο θέμα
1	Το θέμα συμπεριλαμβάνεται σε βασικό επίπεδο (ίσως μόνο με απλό ορισμό) ή συζητείται έμμεσα και όχι με άμεση αναφορά. Σε τέτοιες περιπτώσεις, θα έπρεπε ο αναγνώστης να έχει αυξημένη γνώση του θέματος προκειμένου να αναγνωρίσει το ζήτημα που πραγματεύεται ο συγγραφέας. Για παράδειγμα, ο Dunbar (1995) κάνει τη διάκριση μεταξύ αιτίου-αποτελέσματος και εξήγησης στην επιστήμη, μία διάκριση που γίνεται ξεκάθαρα για να διαχωριστεί ο νόμος από τη θεωρία. Παρόλα αυτά, η χρήση τέτοιων όρων ίσως να δυσκολέψει κάποιους να αντιληφθούν τη διάκριση.
2	Το επίπεδο αυτό χρησιμοποιείται όταν η αναφορά στο θέμα βρίσκεται ανάμεσα στις βαθμίδες 1 και 3.
3	Ανάμεσα στα εξεταζόμενα βιβλία, αυτό είναι το επίπεδο της μεγαλύτερης συμπερίληψης. Ο Cromer (1993) αφιερώνει σχεδόν το 1/3 του βιβλίου σε μία αναδρομή στην ιστορία της επιστήμης όπως ακριβώς κάνουν οι Derry (1999) και Thompson (2001). Οι Sardar και Van Loon (2002) και ο Wolpert (1994) οργανώνουν τα βιβλία τους με βάση θέματα σχετικά με την κοινωνική πρακτική της επιστήμης και κριτικές για την επιστήμη, συνεπώς κερδίζουν τον υψηλότερο δείκτη αναφοράς στα θέματα αυτά.

*Πίνακας 1. Κλίμακα για την αξιολόγηση του βαθμού συμπερίληψης ενός θέματος της ΦιΕ στα βιβλία που ανασκοπήθηκαν.*

## Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής αναφέρονται στο Παράρτημα Α. Οι είκοσι τρεις ιδέες για την επιστήμη που βρέθηκαν στα εξεταζόμενα βιβλία παρουσιάζονται στην αριστερή στήλη. Στη στήλη «Σύνολο/Κατάταξη» στα δεξιά, αναφέρεται το συνολικό αποτέλεσμα της

οκεικής μέτρησης του βαθμού συμπερίληψης κάθε στοιχείου της ΦτΕ καθώς και η φθίνουσα κατάταξη του θέματος αυτού. Αυτή η κλίμακα εκτείνεται από το 1 έως το 13 (από το υψηλότερο επίπεδο συμπερίληψης προς το χαμηλότερο), και έτσι σε κάποια θέματα αντιστοιχεί ο ίδιος βαθμός. Η στήλη στο δεξί άκρο περιέχει μία συνολική τιμή για την συμπερίληψη του κάθε θέματος της ΦτΕ χωρίς να ληφθεί υπόψη η έκταση της συμπερίληψης. Ο αριθμός αυτός αναφέρεται με βάση το εκατοστιαίο ποσοστό των βιβλίων που περιέχουν το θέμα. Συνεπώς, αν το επίπεδο συμπερίληψης είναι 100%, τότε ξέρουμε ότι το συγκεκριμένο στοιχείο αναφέρεται σε όλα τα εξεταζόμενα βιβλία. Τέλος, στην τελευταία σειρά του Παραρτήματος Α αναφέρεται η συνολική αξιολόγηση για την συμπερίληψη των θεμάτων σε κάθε βιβλίο με κλίμακα από το 1 έως το 7 (από την υψηλότερη συμπερίληψη προς τη χαμηλότερη). Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ως πρόταση ότι το βιβλίο με βαθμό 1 περιέχει τα περισσότερα διαφορετικά στοιχεία και ότι το βιβλίο με τον υψηλότερο βαθμό (στην περίπτωση μας το 7) περιέχει το χαμηλότερο αριθμό διαφορετικών στοιχείων. Οι αριθμοί σε αυτή τη σειρά δεν αντικατοπτρίζουν την έκταση της κάλυψης των θεμάτων στο κάθε βιβλίο.

## Συμπεράσματα

Το πιο σημαντικό συμπέρασμα στο οποίο μπορούμε να καταλήξουμε από τη συγκεκριμένη ανάλυση είναι ότι οι διάφοροι συγγραφείς δίνουν έμφαση σε διαφορετικές αλλά κατά κάποιο τρόπο κοινές απόψεις για τη Φύση της Επιστήμης καθώς την παρουσιάζουν στο ευρύ κοινό. Θέματα που απαντώνται συχνά (βαθμίδες 1 – 7) στο σύνολο των συγκεκριμένων βιβλίων περιλάμβαναν *τον ορισμό του τι είναι επιστήμη, τα χαρακτηριστικά και τους στόχους της επιστήμης, την ιστορική εξέλιξη της επιστήμης, το ρόλο της επαγωγής (induction) και παραγωγής (deduction) στην επιστήμη, τη συνεισφορά των Kuhn και Popper και τον αντίκτυπο της επιστήμης στην κοινωνία*. Τα χαμηλότερα βαθμολογικά θέματα (9 – 13) είναι *η διάκριση ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία, ο ρόλος και η φύση των μοντέλων στην επιστήμη, η δημιουργικότητα ως σημαντικό συστατικό της επιστήμης, η φύση της επιστήμης σε συγκεκριμένους τομείς και οι κριτικές της ψευδοεπιστήμης*.

Κάποια από αυτά τα θέματα θα φαινόταν κατάλληλα να συμπεριληφθούν στα επιστημονικά μαθήματα ακόμα και αν δεν έχουν έντονη παρουσία στο παρόν δείγμα. Για παράδειγμα, το 63% (5 από τα 8) των βιβλίων περιλάμβαναν υλικό που αφορούσε το θέμα της διάκρισης μεταξύ ρεαλισμού και εργαλειοκρατίας κατατάσσοντας αυτό το θέμα έβδομο ως προς τον όγκο του υλικού στο εξεταζόμενο δείγμα βιβλίων. Από τη σκοπιά της φιλοσοφίας της επιστήμης, αυτό είναι ένα σημαντικό θέμα και παρουσιάζει ενδιαφέρον, αλλά δεν είναι πιθανό ότι θα βελτιωνόταν η διδασκαλία της επιστήμης στο σχολείο αν συμπεριλάμβανε αυτό το κάπως ειδικό θέμα στο αναλυτικό πρόγραμμα. Από την άλλη πλευρά, οι εκπαιδευτικοί ίσως ωφελούνταν από μία αναφορά στο ρεαλισμό και την εργαλειοκρατία, επειδή μια τέτοια συζήτηση θα εμπλούτιζε τις απόψεις τους για το πώς σκέφτονται οι μαθητές για την επιστημονική πληροφορία.

Παρομοίως, ενώ στα εξεταζόμενα βιβλία συμπεριλαμβάνονταν σε ισότιμο βαθμό στοι-



χεία για το ρόλο του Kuhn και του Popper, δεν θα έπρεπε να συνεισφέρουν στην εκπαίδευση στον ίδιο βαθμό. Ο Kuhn έδωσε μια περιγραφή του πώς λειτουργεί πραγματικά η επιστήμη και κάνοντας κάτι τέτοιο συνθέτει ένα πορτρέτο του επιστημονικού εγχειρήματος το οποίο οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν. Από την άλλη, ο Popper, πολύ γνωστός για την ιδέα της διαψευσιμότητας, ορίζει το πώς η επιστήμη θα μπορούσε να λειτουργεί για να είναι πιο αποτελεσματική. Αυτή η αξιολογη και ενδιαφέρουσα ιδέα ανήκει σε ένα βιβλίο για τη φιλοσοφία της επιστήμης, αλλά οι μαθητές της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δεν θα ωφελούνταν από την πιο καθαρή μορφή της εφόσον είναι κατευθυντήρια και όχι περιγραφική. Παρόλα αυτά, συζητώντας για τα κριτήρια διάκρισης τα οποία διαχωρίζουν την επιστήμη από ό,τι δεν είναι επιστήμη ίσως να είχε κάποια χρησιμότητα να αναφερθεί η δυνατότητα διαψευσιμότητας ως ένα στοιχείο «ελέγχου» για αυτή τη διάκριση.

Για να αναφερθούμε σε ορισμένες ειδικές παράξενες πλευρές των βιβλίων που αναλύθηκαν, σκεφθείτε το γεγονός ότι ως εργαλείο παραγωγής γνώσης παρουσιάζεται σχεδόν πάντα η επαγωγή ενώ η παραγωγή αναφέρεται πολύ πιο σπάνια. Θα υπέθετε κανείς ότι η επονομαζόμενη «αψίδα της γνώσης» (Oldroyd, 1986), η οποία περιλαμβάνει και την επαγωγή και την παραγωγή θα αποτελούσε σημαντικό στοιχείο σε κάθε συζήτηση για τη δομή της επιστημονικής γνώσης. Το πρόβλημα της επαγωγής συμπεριλήφθηκε σε πολλά από τα βιβλία και ευτυχώς ο υποθετικο-παραγωγικός συλλογισμός παρουσιάστηκε σε αρκετά βιβλία, κάνοντας τη συζήτηση για την παραγωγή της γνώσης πληρέστερη. Με παρόμοιο τρόπο, βρίσκουμε ότι οι νόμοι συζητούνται σπάνια στα βιβλία αυτά (αν και ο όρος χρησιμοποιείται συχνά), ενώ περιλαμβάνονται σε μεγάλο βαθμό συζητήσεις για τις θεωρίες και απόψεις για την δημιουργία και τον έλεγχο των θεωριών, χωρίς όμως αυτό να γίνεται εκτενώς. Αυτή η ίδια τάση μπορεί να βρεθεί σε πολλά διδακτικά βιβλία βιολογίας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όπου ενώ οι όροι «νόμος» και «θεωρία» αναφέρονται συχνά, σπάνια ορίζονται επαρκώς ή και καθόλου (McComas, 2003).

Ίσως είναι δελεαστικό να πάρουμε τον κατάλογο των είκοσι τριών εννοιών-αρχών της ΦτΕ και να τον μετατρέψουμε σε πρότυπα για τη διδασκαλία της ΦτΕ, αλλά η κοινότητα των εκπαιδευτικών οφείλει να εμπλακεί σε μια τεκμηριωμένη συζήτηση για το τι θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται και για ποιον. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να φανταστεί κανείς ένα σύνολο προτύπων της ΦτΕ που θα συνέβαλε στη διαμόρφωση ενός αναλυτικού προγράμματος της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και ίσως ένα ελαφρώς διαφορετικό και διευρυμένο σύνολο προτύπων για να κατευθύνει την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών. Στόχος της ανάλυσης που παρουσιάζεται εδώ είναι να εξασφαλισθεί ότι όποιες και αν είναι οι προτάσεις μας για τα πρότυπα της ΦτΕ, δεν θα παραληφθούν σημαντικά στοιχεία για την περιγραφή του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη.

Τα θέματα που περιλαμβάνονται σε πολλά από τα βιβλία και δεν περιλαμβάνονται σε ισχύοντα πρότυπα της ΦτΕ σχετίζονται με *τις συνεισφορές των Kuhn και Popper, το ρόλο των μοντέλων στην επιστήμη, ζητήματα μεταμοντερνισμού και επιστημονισμού και τις επιπτώσεις της επιστήμης στην ηθική*. Περισσότερα από τα μισά βιβλία περιείχαν συγκεκριμένες αναφορές στον κίνδυνο της αποδοχής και της κατανόησης της επιστήμης μέσω του μεταμοντερνισμού και του επιστημονισμού. Ο καθορισμός αυτών των όρων και η συζήτηση των

οχεικών προκλήσεων με τους μαθητές έχουν ζωτική σημασία για την πλήρη εκτίμηση της επιστήμης και της αλληλεπίδρασης επιστήμης – κοινωνίας. Άλλη μία συνέπεια αυτής της μελέτης είναι ίσως ότι τα πρότυπα της ΦτΕ θα έπρεπε να κατασκευαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εξειδικευμένα και όχι γενικά. Η πρόταση αυτή προκύπτει από την κατανόηση ότι το θέμα των ηθικών συνεπειών της επιστήμης θα μπορούσε εύκολα να συμπεριληφθεί και να υποδηλωθεί μέσα από κάποιο πρότυπο που σχετίζεται με τη σχέση επιστήμης και κοινωνίας. Όμως, εάν οι εκπαιδευτικοί δεν κατανοήσουν τι πρέπει να συζητηθεί μέσα σε ένα πρότυπο επιστήμης - κοινωνίας, αυτό το σημαντικό θέμα μπορεί να αγνοηθεί. Φυσικά, μια μεγαλύτερη εξειδίκευση θα μπορούσε να οδηγήσει σε ένα μεγαλύτερο αριθμό πιο εστιασμένων προτύπων της ΦτΕ.

Επίσης, αρκετοί από αυτούς τους συγγραφείς μας θυμίζουν ότι η ψευδοεπιστήμη αποτελεί μια συνεχή απειλή για την πλήρη και ακριβή κατανόηση της επιστήμης και, κάνοντας αυτό, υπονοούν ότι οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να αναφέρονται συχνά και ρητά σε αυτό το ζήτημα. Οι σημαντικοί αλλά και διακριτοί ρόλοι της επιστήμης και της θρησκείας πρέπει να αποτελούν επίσης στοιχεία διδασκαλίας στην τάξη. Τέλος, ήταν ενδιαφέρον να δει κανείς πώς αυτοί οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν περιστατικά και προσωπικότητες από την ιστορία της επιστήμης για να δώσουν παραδείγματα του τρόπου λειτουργίας της επιστήμης και της συμπεριφοράς των επιστημόνων. Δεν προκάλεσε έκπληξη το γεγονός ότι έγιναν πολλές αναφορές σε φυσικούς όπως ο Γαλιλαίος, ο Νεύτωνας και ο Αϊνστάϊν, ενώ ο Dunbar (1995) παρέχει ορισμένα ενδιαφέροντα παραδείγματα από την επιστήμη της ανθρωπολογίας. Μία πρόταση που προκύπτει από τη εξέταση αυτών των βιβλίων είναι ότι τα παραδείγματα πρέπει να προέρχονται από μία ποικιλία επιστημονικών πεδίων, ωστόσο δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι τα παραδείγματα προέρχονται κυρίως από τη φυσική, μετά από τη χημεία και τέλος από τη βιολογία. Η ιδέα ότι υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά σε όλα τα επιστημονικά πεδία είναι μια σημαντική πτυχή της φύσης της επιστήμης.

Η παρούσα μελέτη έδειξε επίσης ότι και ένα σύνολο βιβλίων που έχουν ως στόχο τη ΦτΕ μπορούν να παραμελούν σημαντικά θέματα. Για παράδειγμα, μόνο τρία από τα βιβλία (38%) μας υπενθυμίζουν ότι η δημιουργικότητα είναι σημαντικό συστατικό της επιστήμης. Ενδεχόμενη αποτυχία να γίνει αυτό γνωστό στους μαθητές θα οδηγούσε στη λανθασμένη παρουσίαση της αληθινής φύσης της δημιουργίας και του ελέγχου της επιστημονικής γνώσης, αλλά θα μπορούσε να κάνει επιπλέον και ορισμένους μαθητές να απορρίψουν την επιστήμη ως μια βιώσιμη επαγγελματική επιλογή. Το ίδιο ισχύει και για τη διάκριση ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία, μια διαδεδομένη παρανόηση μεταξύ μαθητών αλλά και εκπαιδευτικών. Μόνο ένα βιβλίο (13%) τονίζει αυτό το σημαντικό σημείο. Ο πίνακας 2 παρέχει ένα κατάλογο προτάσεων αυτού του συγγραφέα (McComas, 2008) για τα κεντρικά ζητήματα για τη διδασκαλία της φύσης της επιστήμης που πηγάζουν από την εξέταση άλλων σημαντικών πηγών (Osborn, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003, McComas, 1998, Lederman, 2002) καθώς και των βιβλίων που εξετάστηκαν εδώ.

Τέλος, αν και δεν υπήρχε εξαρχής ο στόχος να καταταχθούν με τέτοιο τρόπο τα βιβλία ώστε ένα ή περισσότερα να προταθούν, μία τέτοια πρόταση έγινε αναπόφευκτη. Εάν συγκριθούν τα συγκεκριμένα βιβλία ως προς την πληρότητα, την ευρύτητα, ακόμα και το ύψος και

A) Η επιστήμη παράγει, απαιτεί και βασίζεται σε εμπειρικά στοιχεία.

B) Η παραγωγή γνώσης στην επιστήμη μοιράζεται πολλούς κοινούς παράγοντες και κοινές νοοτροπίες, κανόνες, λογικούς συλλογισμούς και μεθόδους όπως η προσεκτική παρατήρηση και η καταγραφή δεδομένων, η ειλικρίνεια στην αναφορά κλπ. Επίσης, οι κύριες πλευρές της επιστημονικής μεθοδολογίας υποδεικνύουν ότι:

- Τα πειράματα δεν είναι ο μόνος δρόμος προς τη γνώση
- Η επιστήμη χρησιμοποιεί τόσο επαγωγικό συλλογισμό όσο και υποθετικό-παραγωγικό έλεγχο
- Οι επιστήμονες κάνουν παρατηρήσεις και συναγωγές
- Δεν υπάρχει μόνο μία επιστημονική μέθοδος με την οποία πραγματοποιείται όλη η επιστημονική δραστηριότητα

Γ) Η επιστημονική γνώση είναι προσωρινή, σταθερή και αυτο-διορθώνεται. (Αυτό σημαίνει ότι η επιστήμη δεν μπορεί να αποδείξει τίποτα, αλλά ότι τα επιστημονικά συμπεράσματα είναι παρόλα αυτά έγκυρα και μακροχρόνια εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο διαμορφώνονται: είναι μέρος της διαδικασίας να ανακαλυφθούν και να διορθωθούν τα λάθη)

Δ) Οι νόμοι και οι θεωρίες σχετίζονται αλλά είναι διακριτά είδη της επιστημονικής γνώσης. (Οι υποθέσεις είναι ιδιαίτερα, αλλά γενικά είδη της επιστημονικής γνώσης)

E) Η επιστήμη έχει μια δημιουργική συνιστώσα.

ΣΤ) Η επιστήμη έχει ένα υποκειμενικό στοιχείο. Με άλλα λόγια, οι ιδέες και οι παρατηρήσεις στην επιστήμη είναι «φορτισμένες από τη θεωρία»: η προκατάληψη αυτή πιθανόν να παίζει τόσο θετικό όσο και αρνητικό ρόλο στην επιστημονική έρευνα.

Z) Υπάρχουν ιστορικές, πολιτιστικές και κοινωνικές επιρροές στις πρακτικές και στις κατευθύνσεις της επιστήμης.

H) Η επιστήμη και η τεχνολογία αλληλοεπηρεάζονται, αλλά δεν είναι το ίδιο πράγμα.

Θ) Η επιστήμη και οι μέθοδοί της δεν μπορούν να απαντήσουν σε όλα τα ερωτήματα. Με άλλα λόγια, υπάρχουν όρια στα είδη των ερωτήσεων τις οποίες μπορεί και θα πρέπει να θέτει η επιστήμη.

*Πίνακας 2. Κατάλογος των κεντρικών ιδεών της ΦιΕ που είναι κατάλληλες για να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη αναλυτικών προγραμμάτων της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς και στη διδασκαλία και στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών.*

το πόσο ευανάγνωστα είναι, εκείνα των Okasha (2002), Dunbar (1995) και Wolpert (1994) θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν καλά τους εκπαιδευτικούς ως βιβλία αναφοράς για τους μαθητές στην τάξη ή ως πηγές προσωπικής επαγγελματικής ανάπτυξης.

#### *Σημείωση*

*Το κείμενο αυτό αποτελεί μετάφραση του κεφαλαίου: McComas, W.F. (2008). The nature of science in popular books on the subject: lessons for science education. In Lee, Y.J. & Tan, A. L. (Eds.) Science Education at the Nexus of Theory and Practice. Rotterdam: Sense Publishers.*

## Βιβλιογραφία

- \*Chalmers, A. (1999). *What is this Thing Called Science?* (3rd edition). Indianapolis, In Hackett Publishing Company.
- \*Cromer A. (1993). *Uncommon Sense*. New York and Oxford: Oxford University Press.
- \*Derry, N. G. (1999). *What Science is and how it works*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- \*Dunbar, R. (1995). *The Trouble with Science*. Cambridge: Harvard University Press.
- \*Okasha, S. (2002). *Philosophy of Science: A Very Short Introduction*. Oxford (UK): Oxford University Press.
- \*Sardar, Z. & Van Loon, B. (2002). *Introducing Science*. Duxford, Cambridge (UK): Icon Books.
- \*Thompson, M. (2001). *Teach Yourself the Philosophy of Science*. New York: McGraw Hill.
- \*Wolpert, L. (1994). *The Unnatural Nature of Science*. Cambridge: Harvard University Press.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
- California Department of Education (2003). *2003 Science Framework for California Public Schools, Kindergarten through Grade Twelve*. Sacramento: California Department of Education Press.
- Carey, L. R. & Stauss, A. N. (1970). An analysis of the understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. *Science Education*, 52(4), 358-363.
- Duschl, R.A. (1985). Science Education and Philosophy of Science: Twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 87, 541-55.
- Lederman, N.G. (2002). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education [On-Line]*, 3(2), December. <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html>.
- McComas, W. F. & Olson, J. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers. (pp. 41-52).
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W. F. McComas (Ed.) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers. (pp. 53-70).
- McComas, W. F. (2003). A textbook case: laws and theories and biology instruction. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 1-15.
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2).
- McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). A review of the role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers.

- Publishers. (pp. 3-39).
- National Research Council (1996). The national science education standards. Washington, DC: National Academy Press.
- Oldroyd, D. (1986). The arch of knowledge: An introductory study of the history of the philosophy and methodology of science. New York: Methuen.
- Osborn, J., Collins, S., Ratchliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What “ideas-about science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

*\* Βιβλία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα*

## Παράρτημα Α

Αποτελέσματα της ποιοτικής ανάλυσης οκτώ βιβλίων που απευθύνονται στο ευρύ αναγνωστικό κοινό στο πεδίο της Φύσης της Επιστήμης.  
 Η υποκειμενική κλίμακα εκτείνεται από το 0 έως το 3 σε σχέση με την συμπεριλήψη του θέματος.

Το «0» αντιπροσωπεύει την αφανή συμπεριλήψη και το «3» το ότι αποτελεί βασικό αντικείμενο του βιβλίου.

Πεδία περιχομένου της Φύσης της Επιστήμης όπως εμφανίζονται στα εξεταζόμενα βιβλία	Chalmers (1999)	Cromer (1993)	Derry (1999)	Dunbar (1995)	Okasha (2002)	Sardar & (2002)	Thompson (2001)	Wolpert (1994)	Σύνολο/ Κατάταξη (Υψηλό 1 έως Χαμηλό 13)	Συνολική τιμή για την συμπεριλήψη του θέματος ανεξάρτητα από την έκταση της
1) Ορισμός της επιστήμης σε κάποιο βαθμό	1	1	1	1	2	2	1	1	10 / 7	8 (100%)
2) Χαρακτηριστικά και στόχοι της επιστήμης (γενίκευση, πείραμα, πρόβλεψη, αίτιο και αποτέλεσμα)	2	1	1	1	2	1	2	2	12 / 5	8 (100%)
3) Εξηγήσεις στην επιστήμη (π.χ. Hempel)	1	0	1	1	3	0	1	0	7 / 9	5 (63%)
4) Θεωρία vs. νόμου (ορισμοί και ρόλοι ως εργαλεία και προϊόντα της επιστήμης)	1	0	0	1	1	0	2	1	6 / 10	5 (63%)
5) Γενική απεικόνιση της ιστορικής εξέλιξης της επιστήμης και / ή χρήση συγκεκριμένων ιστορικών παραδειγμάτων	2	3	3	2	1	1	3	1	16 / 2	8 (100%)

6) Επαγωγή και παραγωγή ως τρόποι παραγωγής γνώσης στην επιστήμη (Πρόβλημα της επαγωγής) (π.χ. Bacon) Υποθετικό-παραγωγικός έλεγχος	3	0	2	2	3	1	3	1	3	1	15/3	7 (88%)
7) Ρεαλισμός vs. Εργαλειοκρατίας	1	0	0	2	3	1	3	0	3	0	10/7	5 (63%)
8) Θεωρητική φόρτιση των δεδομένων / Σφαλερότητα των παρατηρήσεων	2	2	2	0	2	0	2	0	2	0	10/7	5 (63%)
9) Διάκριση ανάμεσα στην Επιστήμη και την Τεχνολογία	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3/12	1 (13%)
10) Η δημοσιουργικότητα ως σημαντικό στοιχείο της επιστήμης	0	0	0	1	1	0	1	3	0	3	5/11	3 (38%)
11) Οι συνεισφορές του Kuhn (Παράδειγμα κ.λ.π.)	3	1	1	1	3	2	3	2	3	2	16/2	8 (100%)
12) Οι συνεισφορές του Popper και/ή διαψευσιμότητα	3	1	1	2	3	2	3	2	3	2	17/1	8 (100%)
13) Θέματα ελέγχου της θεωρίας (Quine-Duhem)	3	0	2	1	1	0	3	1	3	1	11/6	6 (75%)
14) Συνεισφορές από άλλους φιλόσοφους της επιστήμης (π.χ. Feyerabend, Lakatos)	3	0	0	1	0	2	2	1	2	1	9/8	5 (63%)

Συνέχεια Παραρτήματος Α

Πεδία περιεχομένου της Φύσης της Επιστήμης όπως εμφανίζονται στα εξεταζόμενα βιβλία	Chalmers (1999)	Cromer (1993)	Derry (1999)	Dunbar (1995)	Okasha (2002)	Sardar & (2002)	Thompson (2001)	Wolpert (1994)	Σύνολο/ Κατάταξη (Υψηλό 1 έως Χαμηλό 13)	Συνολική τιμή για την συμπερίληψη του θέματος ανεξάρτητα από την έκτασή της
15) Οι ρόλοι και η φύση των μοντέλων στην επιστήμη	0	0	2	0	0	0	0	0	2 / 13	1 (13%)
16) Δεν υπάρχει μια μοναδική επιστημονική μέθοδος αλλά κοινές προσεγγίσεις (ισως υπονοείται μέσω παραδείγματος)	1	0	0	0	0	1	1	2	5 / 11	4 (50%)
17) Η Επιστήμη ως κοινωνική δραστηριότητα (οι επιστήμονες ανταγωνίζονται και συνεργάζονται) (μερικές φορές υπονοείται)	0	2	1	1	1	3	0	3	11 / 6	6 (75%)
18) Κριτική της επιστήμης (η σχετικότητα της επιστημονικής γνώσης, η γνώση δεν είναι προνομιαχός, η SSK ατζέντα, επιστημονισμός, ζητήματα μεταμοντερνισμού)	0	0	0	2	3	3	1	2	11 / 6	5 (63%)
19) Διαφορά ανάμεσα στην επιστήμη και στους άλλους τρόπους γνώσης (συνήθως θρησκεία αλλά μερικές φορές και μύθος ή μαγεία)	0	1	3	1	2	1	0	2	10 / 7	6 (75%)



20) Ανάλυση και κριτική της ψευδοεπιστήμης (συνήθως αστρολογία) και / ή μη-Επιστήμης και / ή μη Φυσικών Επιστημών (ψυχανάλυση)	0	0	3	0	1	0	0	0	3	7 / 9	3 (38%)
21) Επιπτώσεις της επιστήμης στην κοινωνία και αντίστροφα	0	1	3	1	1	3	2	3	14 / 4	7 (88%)	
22) Επιπτώσεις της επιστήμης στην ηθική και / ή ηθική ευθύνη του επιστήμονα	0	0	3	1	1	2	1	3	11 / 6	6 (75%)	
23) Ζητήματα ΦΤΕ και επιμέρους πεδίων της επιστήμης όπως η Βιολογία, η Χημεία, η Φυσική	0	0	0	1	3	0	2	0	6 / 10	3 (38%)	
Αριθμός Στοιχείων (ανεξάρτητα από το βαθμό συμπερίληψης) σε κάθε βιβλίο / Κατάταξη (1-8) (Υψηλό=1 έως Χαμηλό=7)	13 / 6	9 / 7	15 / 4	18 / 2	19 / 1	14 / 5	17 / 3	18 / 2			



# Συσχετίσεις ανάμεσα σε φιλοσοφικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών

Αλέξανδρος Αποστόλου<sup>1</sup> & Βασίλης Κουλαϊδής<sup>2</sup>

1. Εκπαιδευτήρια Γείτονα

2. Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

---

## Εισαγωγή

Ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζεται και εφαρμόζεται το πρόγραμμα σπουδών καθώς και ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται το διδακτικό υλικό φαίνεται να εξαρτάται από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για μια σειρά ζητημάτων (π.χ. Mellado 1998, Tobin et al. 1994, Nespor 1987, Porter & Brophy 1987, Porter & Freeman 1986). Η επιλογή διδακτικών μεθόδων και η γενικότερη αντιμετώπιση των μαθητών σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται επίσης από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών. Σύμφωνα με τον Pratt (1992) «βλέπουμε τον κόσμο μέσα από τους φακούς των αντιλήψεών μας, ερμηνεύοντας και δράοντας σε συμφωνία με τον τρόπο που κατανοούμε τον κόσμο». Είναι λογικό λοιπόν η εκπαιδευτική έρευνα να ενδιαφέρεται για τη μελέτη των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών. Γενικά όμως οι αντιλήψεις δεν υπάρχουν απομονωμένες η μία από την άλλη. Κατά τους Haney & McArthur (2002) και Rajares (1992) οι αντιλήψεις σχηματίζουν συστήματα, μέσα στα οποία κάποιες έχουν κεντρικότερη θέση και κάποιες βρίσκονται στην περιφέρεια. Αν είναι έτσι τα πράγματα, οι οποίες αλλαγές αντιλήψεων δεν γίνονται «τοπικά» ούτε έχουν «τοπικές» συνέπειες, ιδιαίτερα όταν αφορούν κεντρικές αντιλήψεις. Έχει λοιπόν ιδιαίτερη σημασία όχι μόνο να καταγραφούν οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για μια σειρά από θέματα που θεωρούνται σημαντικά για τη διδασκαλία αλλά και να προχωρήσει η έρευνα και σε μεγαλύτερο βάθος ώστε να διερευνηθεί πώς σχετίζονται μεταξύ τους αυτές οι αντιλήψεις ή ποιες από αυτές είναι ανεξάρτητες από τις υπόλοιπες. Η εύρεση αυτών των συσχετίσεων θα βοηθήσει στον προσδιορισμό και την περιγραφή ενός τουλάχιστον τμήματος του συστήματος αντιλήψεων του κάθε εκπαιδευτικού.

Η έρευνα που παρουσιάζεται εδώ έχει λοιπόν διερευνητικό χαρακτήρα. Ο γενικός στόχος της είναι να προσδιοριστούν οι συσχετίσεις που υπάρχουν ανάμεσα στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα φιλοσοφικά και τα παιδαγωγικά ζητήματα που μελετήθηκαν.

Πιο συγκεκριμένα λοιπόν θα μελετηθούν οι συσχετίσεις μεταξύ των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για τα ακόλουθα ζητήματα και θέματα:

ι) Φιλοσοφικά ζητήματα:

- α) το επιστημολογικό ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου,
- β) το επιστημολογικό ζήτημα της διάκρισης της επιστημονικής γνώσης,
- γ) το επιστημολογικό ζήτημα της αλλαγής ή της εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης,
- δ) το ζήτημα του κύρους της επιστημονικής γνώσης και
- ε) το οντολογικό ζήτημα στο επίπεδο των επιστημονικών θεωριών,

ιι) Παιδαγωγικά θέματα:

- α) το ρόλο του εκπαιδευτικού,
- β) τις μορφές διδασκαλίας,
- γ) τη νοητική ανάπτυξη των μαθητών,
- δ) τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα της διδασκαλίας,
- ε) τη χρησιμότητα της συζήτησης ανάμεσα στους μαθητές,
- στ) τις σχέσεις εκπαιδευτικού – μαθητών και
- ζ) τον έλεγχο του περιεχομένου της διδασκαλίας.

## Η σχετική βιβλιογραφία

Υπάρχουν αρκετές έρευνες που αναζητούν συσχετίσεις ανάμεσα σε φιλοσοφικές αντιλήψεις και *παιδαγωγικές πρακτικές* και άλλες που αναζητούν συσχετίσεις ανάμεσα σε φιλοσοφικές και *παιδαγωγικές αντιλήψεις*. Ορισμένες έρευνες διερευνούν μια ευθεία σχέση ανάμεσα στις φιλοσοφικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών και τη διδασκαλία τους. Δηλαδή αν οι εκπαιδευτικοί που έχουν ορισμένες φιλοσοφικές αντιλήψεις, διδάσκουν με κάποιον τρόπο αυτές τις αντιλήψεις στους μαθητές. Υπάρχουν όμως και έρευνες που διερευνούν την ύπαρξη πιο γενικών συσχετίσεων των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών αντιλήψεων των εκπαιδευτικών, π.χ. αν οι εκπαιδευτικοί με εμπειρικό – επαγωγικές επιστημολογικές αντιλήψεις έχουν συνήθως και διδακτικές αντιλήψεις μεταφοράς γνώσης προς τους μαθητές.

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα οι έρευνες που διερευνούν την ύπαρξη *γενικών συσχετίσεων* των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών αντιλήψεων των εκπαιδευτικών. Οι έρευνες αυτές της κατηγορίας που μελετήθηκαν είναι συνολικά 15 (Dibbs 1982, Koulaïdis 1987, Benson 1989, Aguirre et al. 1990, Brickhouse 1990, Bell & Pearson 1992, Hodson 1993, Pomeroy 1993, Hashweh 1996, Yerrick et al. 1997, Lemberger et al. 1999, Tsai 2002, Bryan 2003, Roehrig & Luft 2004, Tsai 2007). Κάποιες από αυτές τις έρευνες μελετούν τις συσχετίσεις μόνο επιστημολογικών αντιλήψεων με παιδαγωγικές αντιλήψεις ενώ άλλες μελετούν τις συσχετίσεις και οντολογικών αντιλήψεων

με παιδαγωγικές. Οι 14 από τις έρευνες που προαναφέρθηκαν διαπιστώνουν την ύπαρξη συσχέτισης ενώ σε μία μόνο δεν είναι φανερό αν υπάρχει συσχέτιση (Hodson 1993). Πιο συγκεκριμένα, ο Dibbs (1982) κατέληξε στο ότι όσοι εκπαιδευτικοί έχουν «επαληθευτικές» επιστημολογικές απόψεις (κοντινές στον εμπειρισμό) έχουν την τάση να μεταφέρουν προς τους μαθητές γεγονότα και πληροφορίες που θεωρούν ότι είναι βέβαιες αφού έχουν παραχθεί μέσω της επιστημονικής μεθόδου. Οι εκπαιδευτικοί με επαγωγικές επιστημολογικές αντιλήψεις επιμένουν στη διδασκαλία μέσω παρατηρήσεων ενώ όσοι έχουν υποθετικό – παραγωγικές επιστημολογικές αντιλήψεις επιλέγουν στρατηγικές επίλυσης προβλήματος. Οι Aguirre et al. (1990) κατέληξαν σε ένα παρόμοιο συμπέρασμα: οι περισσότεροι από τους εκπαιδευτικούς που έχουν μια αντίληψη κοντινή στον εμπειρισμό ή μια «ανακαλυπτική» αντίληψη για την επιστήμη έχουν και μια αντίληψη για τη μάθηση ως αποδοχή γνώσης. Ο Koulaïdis (1987) παρουσιάζει πιο γενικά συμπεράσματα: αν βάλουμε τις επιστημολογικές απόψεις των εκπαιδευτικών σε έναν άξονα που σχετίζεται με τον ορθολογισμό, όπου στο ένα άκρο έχουμε ένα σύνολο α-ιστορικών κριτηρίων και στο άλλο εντελώς σχετικιστικές απόψεις, έχοντας έτσι στο ένα άκρο τις εμπειρικο-επαγωγικές απόψεις και στο άλλο τις σχετικιστικές απόψεις των εκπαιδευτικών και για τις θεωρίες της μάθησης τοποθετήσουμε τις απόψεις των εκπαιδευτικών σε έναν άξονα όπου στο ένα άκρο έχουμε τα συστήματα που επικεντρώνονται στη γνώση ή τις δεξιότητες και στο άλλο άκρο τις εποικοδομητικές αντιλήψεις, θα δούμε να υπάρχει κάποια συσχέτιση, με την έννοια ότι οι περισσότεροι που επιλέγουν το πρώτο άκρο του ορθολογικού άξονα, επιλέγουν και το πρώτο άκρο του άξονα για τις θεωρίες μάθησης ενώ όσοι επιλέγουν το δεύτερο άκρο του ορθολογικού άξονα επιλέγουν συνήθως το δεύτερο άκρο και στον άξονα των θεωριών μάθησης. Ένα τμήμα αυτών των συμπερασμάτων επιβεβαιώθηκαν και από την έρευνα του Hashweh (1996) από την οποία φάνηκε ότι οι εκπαιδευτικοί που χαρακτηρίζονται ως «εποικοδομητικοί» στο ζήτημα της επιστημονικής γνώσης, δίνουν μεγαλύτερη σημασία στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, τις αναγνωρίζουν ευκολότερα και χρησιμοποιούν περισσότερες και πιο αποτελεσματικές στρατηγικές για να τις αντιμετωπίσουν, από αυτούς που χαρακτηρίζονται «εμπειριστές». Οι εκπαιδευτικοί που χαρακτηρίζονται «εποικοδομητικοί» θεωρούν τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης στις φυσικές επιστήμες σαν μια διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής και επομένως αναπτύσσουν διδακτικές στρατηγικές που προωθούν αυτές τις αλλαγές. Τα αποτελέσματα των ερευνών του Tsai κινούνται στην ίδια κατεύθυνση, συμπεριλαμβάνοντας και στοιχεία για τις οντολογικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών. Για παράδειγμα ο Tsai (2007) παρατήρησε ότι οι εκπαιδευτικοί που είχαν εμπειρικό – επαγωγικές αντιλήψεις για ορισμένες πλευρές του ζητήματος της επιστημονικής αλλαγής και μεθόδου, είχαν αντιλήψεις κοντινές στον επιστημονικό ρεαλισμό για τα οντολογικά ζητήματα. Θεωρούσαν επίσης ότι το σημαντικό κατά τη διδασκαλία και τη μάθηση είναι οι μαθητές να αποκτήσουν σωστές γνώσεις και να βελτιώσουν τους βαθμούς τους ενώ θεωρούσαν ότι ο ρόλος των εκπαιδευτικών είναι να παρέχουν τις απαιτούμενες γνώσεις και να ελέγχουν συνεχώς την απόκτησή τους. Ένας εκπαιδευτικός ο οποίος δεν είχε ρεαλιστικές αντιλήψεις για το οντολογικό ζήτημα είχε συμφραστικές ή σχετικιστικές αντιλήψεις για το ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής και μεθόδου. Συγχρόνως κατά τη διδασκαλία έδινε ιδιαίτερη σημασία στις πρότερες γνώσεις των μαθητών, χρησιμο-

ποιούσε διερευνητικές μεθόδους και συζήτηση και επικεντρωνόταν στην προσπάθεια κατανόησης των επιστημονικών εννοιών. Σε συμπεράσματα συμβατά με όσα προαναφέρθηκαν κατέληξε και ο Prawat (1992) μετά από την ανασκόπηση σχετικών ερευνών. Βρήκε ότι οι εκπαιδευτικοί που έχουν μια άποψη *εννοιολογικής αλλαγής* για την επιστημονική γνώση (απόψεις κοντινές σε αυτές για αλλαγή Παραδείγματος κατά Kuh) είναι πιθανότερο να αντιμετωπίζουν το μαθητή με έναν *εποικοδομητικό ή αλληλεπιδραστικό τρόπο*. Επίσης βρήκε ότι όσοι εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών έχουν *απόλυτες απόψεις για την αλήθεια και τη γνώση* έχουν την τάση να δίνουν λίγη ή και *καθόλου έμφαση στις ιδέες των μαθητών κατά τη διδασκαλία*. Όσοι δηλαδή έχουν *απόλυτες απόψεις* για αυτά τα ζητήματα φαίνεται να είναι *πιο παραδοσιακοί* στα ζητήματα της εκπαίδευσης γιατί δεν βλέπουν λόγους να μη *μεταφέρουν άμεσα* αυτά που θεωρούν ότι είναι μια συλλογή από σίγουρα γεγονότα.

Από το σύνολο των 14 ερευνών που προαναφέρθηκαν φαίνεται να προκύπτει μια εικόνα αρκετά συμβατή με την περιγραφή του Prawat, αν και κάπως πιο σύνθετη. Σε αυτές τις έρευνες φαίνεται να υπάρχει σύγκλιση όχι μόνο για την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στις φιλοσοφικές και τις παιδαγωγικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών αλλά και για το ποιες αντιλήψεις συσχετίζονται με ποιες. Είναι μάλιστα ενδιαφέρον ότι η σύγκλιση αυτή φαίνεται να υπάρχει ανεξάρτητα από τις διαφορετικές μεθόδους που ακολουθούνται. Για να παρουσιαστεί καθαρά η προαναφερθείσα σύγκλιση είναι αναγκαίο να σκεφτούμε κάπως γενικότερα.

Γενικά μπορούμε να διακρίνουμε σε αυτές τις έρευνες δύο διαφορετικές ομάδες αντιλήψεων. *Η πρώτη ομάδα* περιλαμβάνει αντιλήψεις κοντινές στον εμπειρισμό και σε κάποιες περιπτώσεις και ρεαλιστικές οντολογικές αντιλήψεις. Οι εκπαιδευτικοί των οποίων οι αντιλήψεις εντάσσονται σε αυτή την ομάδα γενικά θεωρούν ότι η επιστήμη αποτελείται από απόλυτα επιβεβαιωμένες αληθείς προτάσεις οι οποίες έχουν προκύψει από τη χρήση της μιας και μοναδικής επιστημονικής μεθόδου, η οποία κατά βάση είναι η επαγωγική. Η επιστημονική γνώση είναι αντικειμενική και η επιστημονική διαδικασία είναι σωρευτική διαδικασία. Η επιστήμη αναζητά και ανακαλύπτει την αλήθεια η οποία υπάρχει έξω από εμάς. Συνήθως οι παιδαγωγικές αντιλήψεις αυτών των εκπαιδευτικών έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: υποστηρίζονται δασκαλοκεντρικές μορφές διδασκαλίας, μορφές διδασκαλίας με έντονο έλεγχο από τον εκπαιδευτικό, επικεντρωμένες στο περιεχόμενο, αντιλήψεις μεταφοράς και αποδοχής πληροφορίας για τη διδασκαλία και τη μάθηση, ενώ δεν δίνεται ιδιαίτερη σημασία στις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών.

*Μια δεύτερη ομάδα* αντιλήψεων περιλαμβάνει πιο συμφραστικές ή σχετικιστικές αντιλήψεις για την επιστημονική γνώση. Οι εκπαιδευτικοί των οποίων οι αντιλήψεις μπορούν να ενταχθούν σε αυτή την ομάδα συνήθως θεωρούν ότι η επιστημονική γνώση είναι προσωρινή και όχι βεβαίη και ότι δεν υπάρχει μια μόνο επιστημονική μέθοδος. Σε κάποιες περιπτώσεις θεωρούν ότι η επιστημονική εξέλιξη δεν έχει πάντα σωρευτικά χαρακτηριστικά. Αυτές οι επιστημολογικές θέσεις σε αρκετές περιπτώσεις συνδυάζονται και με αντι-ρεαλιστικές ή πραγματιστικές οντολογικές θέσεις: η επιστημονική γνώση αποτελεί κατασκευή, οι θεωρίες και οι θεωρητικές οντότητες είναι κατασκευές που δεν εκφράζουν κάτι έξω από εμάς και δεν υπάρχει κάποια αλήθεια έξω από εμάς προς την οποία να τείνει η επιστημονική γνώση ή οι θεωρίες και οι θεωρητικές οντότητες είναι χρήσιμες κατασκευές και δεν έχει

ιδιαίτερο ενδιαφέρον η συζήτηση για το οντολογικό status τους. Οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι έχουν φιλοσοφικές αντιλήψεις που εντάσσονται σε αυτήν τη δεύτερη ομάδα έχουν συνήθως και παιδαγωγικές αντιλήψεις με τα εξής χαρακτηριστικά: προκρίνουν πιο μαθητοκεντρικές μορφές διδασκαλίας, δίνουν μεγαλύτερη σημασία στις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών, σε πολλές περιπτώσεις αναφέρονται σε οικοδόμηση της γνώσης από τον ίδιο το μαθητή και πολλές φορές επικεντρώνονται περισσότερο στη διαδικασία παρά στο περιεχόμενο.

Στην επόμενη παράγραφο θα γίνει μια σύντομη αναφορά στη μέθοδο που ακολουθήθηκε, στο ερευνητικό εργαλείο και στο δείγμα που μελετήθηκε. Θα ακολουθήσει μια σύντομη αναφορά στις βασικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών που ανιχνεύθηκαν για τα προαναφερθέντα φιλοσοφικά και παιδαγωγικά ζητήματα. Οι αντιλήψεις αυτές έχουν παρουσιαστεί αναλυτικά αλλού (Αποστόλου & Κουλαϊδής, 2002, 2005, 2007). Στη συνέχεια θα μελετηθούν αναλυτικά οι συσχετίσεις ανάμεσα σε αυτές τις αντιλήψεις. Στη βάση αυτών των συσχετίσεων θα δημιουργηθούν ευρύτερες κατηγορίες φιλοσοφικών και παιδαγωγικών αντιλήψεων.

## **Η μέθοδος και το ερευνητικό εργαλείο**

Η μελέτη έγινε μέσω συνεντεύξεων ημιδομημένου τύπου. Σύμφωνα με τις Roehrig & Luft (2004) αυτού του τύπου οι συνεντεύξεις περιλαμβάνουν έναν αριθμό προκαθορισμένων ερωτήσεων που έχουν να κάνουν με τους ερευνητικούς στόχους και που παρουσιάζονται με μια σειρά και μια γλώσσα κατάλληλη για τον πληθυσμό που μελετάται. Η συνέντευξη μπορεί όμως να πάει και πέραν των προκαθορισμένων ερωτήσεων ώστε να γίνει καλύτερα κατανοητό το θέμα για το οποίο γίνεται συζήτηση. Στην περίπτωση της έρευνας που παρουσιάζεται εδώ υπήρχε μια σειρά θεμάτων για τα οποία έπρεπε να εκφραστούν οι απόψεις του κάθε ερωτώμενου. Στο πλαίσιο του κάθε θέματος υποβάλλονταν ερωτήσεις σε σχέση με τις θέσεις που εξέφραζε ο κάθε εκπαιδευτικός έτσι ώστε να προσδιοριστούν και να διευκρινιστούν οι θέσεις του, παρακολουθώντας το δικό του τρόπο σκέψης. Οι βασικές ερωτήσεις για το κάθε θέμα, ανάλογα με τις διαφορετικές θέσεις που θα εξέφραζε ο κάθε εκπαιδευτικός, είχαν προσχεδιαστεί με τη βοήθεια των εναλλακτικών θέσεων που είχαν προκύψει από την ανάλυση αντίστοιχης έρευνας που είχαμε πραγματοποιήσει μέσω ερωτηματολογίου. Σε κάθε περίπτωση γινόταν προσπάθεια ώστε αυτές οι προσχεδιασμένες ερωτήσεις να μη δυσκολέψουν την έκφραση των θέσεων των ερωτώμενων και επίσης να μη δυσκολέψουν τον ερευνητή να παρακολουθήσει τον ιδιαίτερο τρόπο σκέψης του κάθε ερωτώμενου και άρα να υποβάλλει τις αναγκαίες ειδικές ερωτήσεις. Αυτός ο τύπος συνεντεύξεων στη σχετική βιβλιογραφία χωρίς να είναι μοναδικός είναι αρκετά συνηθισμένος (π.χ. Roehrig & Luft 2004, Abd-El-Khalick, Bell & Lederman 1998). Επιτρέπεται να γίνεται συζήτηση για τα προσχεδιασμένα θέματα χωρίς όμως να περιορίζει τους ερωτώμενους στην έκφραση των σχετικών απόψεών τους. Το πλέγμα των θεμάτων και των σχετικών ερωτημάτων δοκιμάστηκε σε πέντε πιλοτικές συνεντεύξεις ώστε να γίνει πιο λειτουργικό.

Τα θέματα που συζητήθηκαν στη συνέντευξη ήταν χωρισμένα σε δύο κατηγορίες:

- α) παιδαγωγικά θέματα και
- β) φιλοσοφικά θέματα.

Τα θέματα αυτά αναφέρονται σύντομα στη συνέχεια:

α) Παιδαγωγικά θέματα

- 1) Ο κύριος ρόλος του εκπαιδευτικού των φυσικών επιστημών μέσα στην τάξη.
- 2) Μέθοδοι και τεχνικές που κυρίως πρέπει να χρησιμοποιεί ο εκπαιδευτικός κατά τη διδασκαλία.
- 3) Απόψεις για τη χρήση των επαίνων (ή των ποινών).
- 4) Οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών και η σημασία τους.
- 5) Πώς εκδηλώνεται η νοητική ανάπτυξη των μαθητών και ποιοι παράγοντες κυρίως συμβάλουν στη νοητική ανάπτυξη.
- 6) Ποια είναι τα αναμενόμενα – επιδιωκόμενα αποτελέσματα της μάθησης.
- 7) Η σημασία των πειραμάτων και των εργαστηριακών δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία. Οι τύποι εργαστηριακών δραστηριοτήτων που είναι πιο χρήσιμοι.
- 8) Απόψεις για τη συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές για ζητήματα που σχετίζονται με το μάθημα.
- 9) Απόψεις για τη σχέση εκπαιδευτικού και μαθητών.
- 10) Απόψεις για τον έλεγχο του περιεχομένου.

β) Φιλοσοφικά θέματα

- 11) Διάκριση της επιστημονικής γνώσης από άλλες μορφές γνώσης. Π.χ. γιατί να θεωρούμε την αστρονομία επιστήμη και όχι την αστρολογία;
- 12) Τι ονομάζουμε επιστημονική μέθοδο.
- 13) Υπάρχει μια ή περισσότερες επιστημονικές μέθοδοι;
- 14) Σχέση θεωρίας και παρατήρησης; Η θεωρία στο πλαίσιο της οποίας εργαζόμαστε επηρεάζει τις παρατηρήσεις μας; Επηρεάζει τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας;
- 15) Συζήτηση για τις μορφές της επιστημονικής αλλαγής: Π.χ. Ο Einstein καταρρίπτει ή ενσωματώνει στη δική του θεωρία τη Νευτώνεια Φυσική;
- 16) Συζήτηση για τις μορφές της επιστημονικής αλλαγής: Με ποιο τρόπο μια θεωρία αντικαθιστά μια άλλη; Π.χ. γιατί επικράτησε η ειδική σχετικότητα σε σχέση με την Νευτώνεια μηχανική και γιατί η Νευτώνεια μηχανική αντικαταστάθηκε από την ειδική σχετικότητα και όχι από κάποια άλλη θεωρία;
- 17) Συζήτηση για την πρόοδο κατά την επιστημονική αλλαγή: Όπως εξελίσσεται η επιστήμη προοδεύει;
- 18) Η επιστημονική γνώση έχει υψηλότερο κύρος από άλλες μορφές γνώσης;
- 19) Συζήτηση για το οντολογικό ζήτημα: Οι επιστημονικές θεωρίες «ανακαλύπτονται» ή «εφευρίσκονται - κατασκευάζονται»;

Πριν από την έναρξη της συνέντευξης γινόταν μια συζήτηση με τον κάθε εκπαιδευτικό ώστε να διευκρινιστεί το γενικό πλαίσιο της συζήτησης και ο χαρακτήρας της έρευνας (Cohen & Manion 1994, σ. 392-393). Γινόταν ιδιαίτερη αναφορά στο γεγονός ότι η έρευνα δεν έχει κανονιστικό χαρακτήρα, ότι οι απαντήσεις δεν αξιολογούνται ως «σωστές» ή «λανθασμένες». Σε αυτό το πλαίσιο εξηγούνταν στους εκπαιδευτικούς ότι για την έρευνα είναι χρήσιμο να εκφραστούν οι πραγματικές τους απόψεις και όχι κάποιες που θεωρούνται γενικά



«ορθές» ή κάποιες που πιθανολογούσαν ότι αναμένει ο ερευνητής. Διευκρινιζόταν επίσης τόσο στην αρχή της συνέντευξης όσο και στα σημεία που ήταν απαραίτητο ότι αυτό που ενδιαφέρει είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τα διάφορα φιλοσοφικά και παιδαγωγικά θέματα και όχι η περιγραφή πρακτικών που ακολουθούνται στο σχολείο υπό το βάρος διαφόρων παραγόντων που δεν έχουν να κάνουν με τις απόψεις τους (όπως οι απαιτήσεις άλλων εκπαιδευτικών, ελλείψεις στην υλικοτεχνική υποδομή ή οι τύποι των εξετάσεων). Αυτή η διευκρίνιση κρίθηκε ως ιδιαίτερα σημαντική γιατί ο στόχος της έρευνας ήταν η μελέτη αντιλήψεων και όχι πρακτικών. Υπάρχουν έρευνες λοιπόν που δείχνουν ότι αυτές οι αντιλήψεις «κρύβονται» πίσω από την ύπαρξη ή την επίκληση άλλων παραγόντων, όπως αυτοί που προαναφέρθηκαν (π.χ. Hodson, 1993). Τέλος, γινόταν σαφές ότι τα όποια στοιχεία προκύπτουν από τις συνεντεύξεις θα δημοσιοποιηθούν απολύτως ανώνυμα.

Μετά από την απομαγνητοφώνηση εντοπίστηκαν τα θέματα και οι απόψεις στα οποία επέμεναν οι εκπαιδευτικοί και γράφθηκαν περιλήψεις των απόψεών τους για το κάθε θέμα (Roehrig & Luft, 2004). Στις περιπτώσεις που για κάποιο θέμα υπήρχε αμφιβολία για την άποψη του εκπαιδευτικού ή χρειαζόταν κάποια επιπλέον διευκρίνιση, υπήρχε εκ νέου επικοινωνία με τον εκπαιδευτικό για να αποσαφηνιστεί το σχετικό θέμα. Μετά την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας συζητήθηκε με πέντε εκπαιδευτικούς το αν η περιληπτική περιγραφή των απόψεών τους που είχε παραχθεί εξέφραζε τις απόψεις τους. Και στις πέντε περιπτώσεις οι εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν ότι οι περιλήψεις αυτές εξέφραζαν τις απόψεις τους.

Για το κάθε ένα από τα φιλοσοφικά και παιδαγωγικά ζητήματα είχαν κατασκευαστεί πριν από την πραγματοποίηση των συνεντεύξεων κατηγορίες αντιλήψεων. Ο τρόπος κατασκευής αυτών των κατηγοριών περιγράφεται αλλού (Αποστόλου, 2007). Με τη χρήση του υλικού των συνεντεύξεων ελέγχθηκε αν οι αντιλήψεις του κάθε εκπαιδευτικού για το κάθε φιλοσοφικό και παιδαγωγικό ζήτημα μπορούν να ενταχθούν σε κάποια από τις αντίστοιχες προκατασκευασμένες κατηγορίες αντιλήψεων. Αν δεν μπορούσαν να ενταχθούν σε αυτές, οι αντιλήψεις του εκπαιδευτικού για το συγκεκριμένο ζήτημα χαρακτηρίζονταν ως «εκλεκτικές». Ο προσδιορισμός των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών αντιλήψεων των εκπαιδευτικών επέτρεψε στη συνέχεια τη μελέτη των συσχετίσεων των αντιλήψεων αυτών μέσω στατιστικών μεθόδων.

## Περιγραφή του δείγματος

Οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν κατά το σχολικό έτος 2002-2003 με εκπαιδευτικούς που διδάσκουν φυσικές επιστήμες σε γυμνάσια και λύκεια της Αττικής. Πραγματοποιήθηκαν 35 ημιδομημένες συνεντεύξεις. Η minimum διάρκεια των συνεντεύξεων ήταν 35min, η maximum διάρκεια 110min και μέση διάρκεια 50min. Οι συνεντεύξεις μαγνητοφωνήθηκαν και στη συνέχεια απομαγνητοφωνήθηκαν.

Για την πραγματοποίηση των συνεντεύξεων επιλέχθηκαν εκπαιδευτικοί οι οποίοι είχαν κατ' ελάχιστο 4 χρόνια προϋπηρεσίας σε σχολείο. Σε αυτήν την απόφαση καταλήξαμε μετά από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, η οποία τείνει στο συμπέρασμα ότι η εμπειρία επηρεάζει τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία ή την πρακτική τους (π.χ.

Morison & Lederman 2003, Lederman 1999, Gallagher 1991, Brickhouse 1990, Berliner 1987). Για αυτό το λόγο είναι σκόπιμο σε έρευνες που εμπλέκουν ζητήματα διδασκαλίας να επιλέγονται για μελέτη εκπαιδευτικοί οι οποίοι έχουν κάποια εμπειρία διδασκαλίας σε σχολείο, ώστε να μην υπεισέρχονται στην έρευνα τα προβλήματα που απασχολούν κυρίως τους νεότερους εκπαιδευτικούς και τα οποία φαίνεται να ξεπερνιούνται μετά από 4 έως 8 χρόνια, οπότε και η διδασκαλία συνήθως σταθεροποιείται (De Vries & Beijgaard 1999, Berliner 1987). Εκτός από το στοιχείο της εμπειρίας που προαναφέρθηκε δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιο άλλο ειδικό κριτήριο για την επιλογή των εκπαιδευτικών.

Τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στις συνεντεύξεις είναι τα ακόλουθα:

Ετη υπηρεσίας: ο διάμεσος των ετών υπηρεσίας των εκπαιδευτικών που μετείχαν στις συνεντεύξεις είναι 18 έτη, τα ελάχιστα έτη υπηρεσίας είναι 4 και τα περισσότερα έτη υπηρεσίας είναι 28.

Φύλο: Το 28,6 % (10) είναι γυναίκες και το 71,4% (25) άνδρες.

Ειδικότητα: Το 14,3% (5) είναι βιολόγοι, το 17,1% (6) χημικοί, το 2,9% (1) γεωλόγοι και το 65,7% (23) φυσικοί.

Στον πίνακα 1 φαίνεται η κατανομή του δείγματος σε σχέση με την ειδικότητα και το φύλο.

Φύλο/ Ειδικότητα	Βιολόγοι	Χημικοί	Γεωλόγοι	Φυσικοί	ΣΥΝΟΛΟ
Γυναίκες	1	1	0	8	10
Άντρες	4	5	1	15	25
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	5	6	1	23	35

Πίνακας 1: Περιγραφή του δείγματος.

## Ευρήματα

### Οι φιλοσοφικές αντιλήψεις

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι απόψεις του δείγματος των εκπαιδευτικών σε ατομικό επίπεδο. Δηλαδή απομονώνονται οι θέσεις που εξέφρασε ο κάθε εκπαιδευτικός για το κάθε ένα επιστημολογικό ζήτημα και στη βάση αυτού του συνόλου των θέσεων ο κάθε ένας εκπαιδευτικός εντάσσεται σε κάποια κατηγορία για αυτό το συγκεκριμένο ζήτημα. Έτσι για το κάθε ζήτημα θα φανεί ποιες θέσεις παίρνουν οι εκπαιδευτικοί και άρα ποιες απόψεις κυριαρχούν.

Πιο συγκεκριμένα, στον πίνακα 2 που ακολουθεί φαίνονται τα συστήματα που έχουν τις τρεις μεγαλύτερες απιχήσεις στους εκπαιδευτικούς για το κάθε φιλοσοφικό ζήτημα. Σε παρένθεση φαίνεται το ποσοστό των εκπαιδευτικών που αποδέχονται τις θέσεις του αντίστοιχου φιλοσοφικού συστήματος (ή που έχουν εκλεκτικές θέσεις, δηλαδή οι θέσεις τους δεν μπορούν να ενταχθούν σε καμία από τις προκατασκευασμένες θέσεις για το κάθε ζήτημα).

Ζήτημα / Θέσεις	Πρώτη θέση	Δεύτερη θέση	Τρίτη θέση
Διάκριση	Εμπ.επαγωγικοί & υπ. παραγωγικοί (54,3%)	Συμφραστικοί – Α & Β & Σχετικιστές (40,0%)	Εκλεκτικοί (5,7%)
Κύρος	Σχετικιστές (34,3%)	Συμφραστικοί – Α & Β (34,3%)	Εκλεκτικοί (22,9%)
Αλλαγή	Εμπειρικο-επαγωγικοί (45,7%)	Εκλεκτικοί (34,3%)	Συμφραστικοί – Α & Β (14,3%)
Μέθοδος	Εκλεκτικοί (51,4%)	Συμφραστικοί (28,6%)	Εμπειρικο-επαγωγικοί (14,3%)
Οντολογικό: Θεωρίες	Επ. ρεαλισμός (65,7%)	Πραγματισμός (25,7%)	Εκλεκτικοί (8,6%)

Πίνακας 2: Οι θέσεις των εκπαιδευτικών που κυριαρχούν στα φιλοσοφικά ζητήματα.

Στη συνέχεια θα περιγραφεί σύντομα το νόημα του κάθε όρου που εμφανίζεται στον προηγούμενο πίνακα<sup>1</sup>.

#### Οι φιλοσοφικές θέσεις

Γενικά οι επιστημολογικές θέσεις χαρακτηρίζονται εμπειρικό – επαγωγικές, υποθετικό – παραγωγικές, συμφραστικές και οχευκιστικές για το κάθε ένα από τα προαναφερθέντα τέσσερα επιστημολογικά ζητήματα. Σε κάποιες περιπτώσεις στο εσωτερικό της συμφραστικής θέσης διακρίνονται δύο τάσεις: η πιο οχευκιστική που χαρακτηρίζεται ως συμφραστική θέση τύπου Α και η πιο ορθολογική που χαρακτηρίζεται ως συμφραστική θέση τύπου Β. Οι διαφορετικές φιλοσοφικές θέσεις για το οντολογικό ζήτημα στο επιστημονικό επίπεδο ονομάστηκαν με βάση τη σχέση τους με τα αντίστοιχα φιλοσοφικά ρεύματα ως θέσεις επιστημονικού ρεαλισμού, θεικιστικές και πραγματιστικές.

Το ζήτημα των κριτηρίων διάκρισης της επιστημονικής γνώσης

Για αυτό το ζήτημα σύμφωνα με την εμπειρικό – επαγωγική και την υποθετικό - παραγωγική θέση υπάρχουν ορθολογικά κριτήρια για τη διάκριση της επιστημονικής γνώσης. Στην πρώτη περίπτωση έχουν να κάνουν με τη μέθοδο και το κριτήριο επαλήθευσης που διασφαλίζουν την εγκυρότητα της επιστημονικής γνώσης και την ορθολογική αναζήτηση της αλήθειας. Στη δεύτερη περίπτωση έχουν να κάνουν με το κριτήριο διαψευσιμότητας και τη μέθοδο που διασφαλίζουν την ορθολογική αναζήτηση και προσέγγιση στην αλήθεια.

Για την ορθολογική εκδοχή Β της συμφραστικής θέσης τα ορθολογικά κριτήρια έχουν προκύψει μέσω της συναίνεσης της επιστημονικής κοινότητας και σχετίζονται με τη κρη-

<sup>1</sup> Οι κατηγορίες των διαφορετικών αντιλήψεων ανά ζήτημα περιγράφονται αναλυτικά στο Αποσπόλου 2007.

οιμότητα της επιστημονικής γνώσης. Για την πιο σχετικιστική εκδοχή της συμφραστικής θέσης, την εκδοχή Α, και για τη σχετικιστική θέση δεν υπάρχουν ορθολογικά κριτήρια. Για την πρώτη περίπτωση τα όποια κριτήρια υπάρχουν έχουν ισχύ μονάχα στο εσωτερικό του εκάστοτε Παραδείγματος ενώ για τη σχετικιστική θέση ακόμα και όταν υπάρχει διάκριση αυτή δεν έχει κάποιο ορθολογικό χαρακτήρα οποιουδήποτε τύπου.

Το ζήτημα του κύρους της επιστημονικής γνώσης

Για τη σχετικιστική θέση η επιστημονική γνώση δεν έχει κάποιο ιδιαίτερο κύρος. Είναι βέβαια ζήτημα επιλογής του καθενός να προσχωρήσει σε κάποια ιδεολογία η οποία να αποδέχεται ή όχι την ύπαρξη ενός τέτοιου κύρους. Η συμφραστική θέση υποστηρίζει αντίθετα ότι η επιστημονική γνώση έχει ιδιαίτερο κύρος είτε επειδή αποτελεί ένα συστηματικό και δομημένο τρόπο οκέψης είτε επειδή έχει μια ιδιαίτερη χρησιμότητα.

Το ζήτημα της αλλαγής της επιστημονικής γνώσης

Για το ζήτημα της αλλαγής ή της εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης η εμπειρικό – επαγωγική θέση υποστηρίζει ότι η επιστήμη προοδεύει και η επιστημονική γνώση αναπτύσσεται συνεχώς κυρίως μέσω της συσώρευσης νέων παρατηρήσεων. Πάντα είναι συμβατές και συγκρίσιμες οι παλαιότερες με τις νεότερες θεωρίες.

Για τη συμφραστική θέση τύπου Α η επιστήμη αναπτύσσεται (και με κάποια έννοια προοδεύει) στο εσωτερικό του κάθε Παραδείγματος με σωρευτικό τρόπο. Η αλλαγή όμως Παραδειγμάτων και η επιλογή του νέου Παραδείγματος αποτελεί ασυνέχεια στην επιστημονική εξέλιξη. Άρα κατά τη μετάβαση από το ένα Παράδειγμα στο άλλο η έννοια της προόδου καθίσταται προβληματική μιας και τα Παραδείγματα είναι «ασύμμετρα». Για τη συμφραστική θέση τύπου Β επίσης κατά την εξέλιξη της επιστήμης υπάρχουν περίοδοι συνέχειας και περίοδοι ασυνέχειας (κατά την αλλαγή Παραδειγμάτων). Υπάρχει όμως η δυνατότητα κάποιας σύγκρισης, η δυνατότητα με άλλα λόγια ύπαρξης κριτηρίων που να υπερβαίνουν τα Παραδείγματα, έστω και αν αυτά τα κριτήρια προκύπτουν και πάλι στη βάση της συναίνεσης των επιστημονικών κοινοτήτων. Σε αυτή τη βάση υπάρχει η δυνατότητα αξιολόγησης και παρακολούθησης της προόδου των Παραδειγμάτων.

Το ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου

Για τη συμφραστική θέση υπάρχουν πολλές επιστημονικές μέθοδοι. Σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχουν ορθολογικά κριτήρια για την επιλογή των επιστημονικών μεθόδων.

Σύμφωνα με τις εμπειρικό – επαγωγικές θέσεις υπάρχει μόνο μια επιστημονική μέθοδος. Η μέθοδος αυτή είναι η επαγωγική και η παρατήρηση κυριαρχεί επί της θεωρίας.

Συμπερασματικά λοιπόν για τα επιστημολογικά ζητήματα, φαίνεται ότι οι εμπειρικό-επαγωγικές θέσεις έχουν μεγάλη απήχηση κυρίως στα ζητήματα της διάκρισης και της αλλαγής ενώ οι συμφραστικές θέσεις έχουν σημαντική απήχηση κυρίως στα ζητήματα της μεθόδου, της διάκρισης και του κύρους της επιστημονικής γνώσης. Οι σχετικιστικές θέσεις

έχουν σημαντική απήχηση μόνο στο ζήτημα του κύρους της επιστημονικής γνώσης. Τέλος, οι εκλεκτικές απόψεις κυριαρχούν στο ζήτημα της μεθόδου και έχουν σημαντική παρουσία και στο ζήτημα της αλλαγής.

*Ανάλογα λοιπόν με το επιστημολογικό ζήτημα προς το οποίο θα στρέψουμε το ενδιαφέρον μας θα βρούμε και άλλες θέσεις να κυριαρχούν. Δεν μπορούμε εύκολα να γενικεύσουμε και να πούμε ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν π.χ. επιστημολογικές αντιλήψεις που συνολικά μπορούν να χαρακτηριστούν είτε «εμπειρικό – επαγωγικές» είτε «συμφραστικές». Φαίνεται ότι δεν μπορούμε να τοποθετήσουμε τους εκπαιδευτικούς κοντά στις εμπειριστικές θέσεις για όλα τα επιστημολογικά ζητήματα ή γενικά για τα επιστημολογικά ζητήματα, όπως κάνει μια σειρά ερευνών. Η εικόνα είναι πιο σύνθετη, κάτι που παρατηρούν και οι Mellado (1997) και Hodson (1993).*

Το οντολογικό ζήτημα

Οι εκπαιδευτικοί των οποίων οι θέσεις χαρακτηρίζονται σαν *ρεαλιστικές* υποστηρίζουν ότι ο κόσμος έχει μια ορισμένη δομή, ανεξάρτητη από τη σκέψη. Οι επιστημονικές θεωρίες πρέπει να γίνονται κατανοητές κυριολεκτικά. Έτσι είναι δυνατόν να είναι είτε αληθείς είτε λανθασμένες.

Αντίστοιχα οι εκπαιδευτικοί των οποίων οι θέσεις χαρακτηρίζονται σαν *πραγματοιστικές* υποστηρίζουν ότι το σημαντικότερο κριτήριο αποτίμησης μιας θεωρίας είναι το κατά πόσο προσφέρει ικανοποιητικές λύσεις σε σημαντικά προβλήματα διαφόρων ειδών (και εννοιολογικά) και όχι αν είναι «αληθής».

Από τις θέσεις των εκπαιδευτικών στα οντολογικά ζητήματα φαίνεται ότι είναι ιδιαίτερα σημαντική η παρουσία απόψεων που μπορούν να ενταχθούν στο πλαίσιο του επιστημονικού ρεαλισμού όσο και απόψεων που μπορούν να χαρακτηριστούν πραγματιστικές. Ένα μικρό μόνο ποσοστό εκπαιδευτικών δίνει εκλεκτικές απαντήσεις. Κανένας εκπαιδευτικός δεν διατύπωσε απόψεις κοντινές στο θετικισμό. Την απουσία θετικιστικών θέσεων παρατήρησε και ο Koulaïdis (1987).

### Οι παιδαγωγικές αντιλήψεις

Ο πίνακας που ακολουθεί είναι ο αντίστοιχος με τον πίνακα 2 και αναφέρεται στις παιδαγωγικές αντιλήψεις. Και εδώ παρουσιάζονται οι απόψεις του δείγματος των εκπαιδευτικών σε ατομικό επίπεδο.

Ζήτημα / Θέσεις	Πρώτη θέση	Δεύτερη θέση	Τρίτη θέση
Γεν. χαρ. διδασκαλίας και μάθησης	ΠΓ2 (51,4%)	ΠΓ1 (25,7%)	Εκλεκτικοί (14,3%)
Περιχάραξη	Ισχυρή (37,1%)	Ασθενής (37,1%)	Μέτρια (25,7%)

Πίνακας 3: Οι θέσεις των εκπαιδευτικών που κυριαρχούν στα παιδαγωγικά ζητήματα.

Στη συνέχεια θα περιγραφεί και πάλι σύντομα το νόημα του κάθε όρου που εμφανίζεται στον προηγούμενο πίνακα<sup>2</sup>.

#### *Γενικά χαρακτηριστικά διδασκαλίας και μάθησης*

Το πρώτο από τα παιδαγωγικά ζητήματα που αναφέρονται στον προηγούμενο πίνακα έχει σαν διαστάσεις τα τέσσερα πρώτα παιδαγωγικά θέματα που παρουσιάστηκαν στην εισαγωγή. Δηλαδή έχει σαν διαστάσεις τα ακόλουθα θέματα:

- α) το ρόλο του εκπαιδευτικού,
- β) τις μορφές διδασκαλίας,
- γ) τη νομική ανάπτυξη των μαθητών,
- δ) τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα της διδασκαλίας.

Ανάλογα με τις θέσεις τις οποίες πήρε ο εκπαιδευτικός σε αυτές τις τέσσερις διαστάσεις, οι θέσεις του για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης κατατάχθηκαν είτε στην κατηγορία ΠΠ1 (πρώτη «εικόνα» για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης) είτε στην κατηγορία ΠΠ2 (δεύτερη «εικόνα» για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης).

Η κατηγορία ΠΠ1 έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στην κάθε μια από τις τέσσερις διαστάσεις από τις οποίες συγκροτείται:

- α) Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι:
  - να αναλύει τις έννοιες με τρόπο επιστημονικά ορθό,
  - να μεταφέρει γνώσεις προς τους μαθητές και
  - να εξασκεί τους μαθητές για να κατακτήσουν τη νέα για αυτούς γνώση.

- β) Οι μορφές διδασκαλίας έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

• δεν ενθαρρύνεται συζήτηση ανοικτού τύπου μεταξύ των μαθητών, η μάθηση θεωρείται μια ατομική διαδικασία και ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί έντονα κατευθυνόμενες μορφές συζήτησης,

• ο εκπαιδευτικός προτιμά να διαιρεί το μάθημα σε μικρές ενότητες – μικρά βήματα και να δίνει ιδιαίτερο βάρος στις τεχνικές - επαναλήψεις και ασκήσεις και

• η εξωτερική ενίσχυση των μαθητών με διάφορες μορφές, θεωρείται ότι παίζει έναν πρωτεύοντα ρόλο στη μάθηση.

- γ) Η νομική ανάπτυξη κατά την «εικόνα» αυτή καθορίζεται από τις περιβαλλοντικές επιδράσεις.

- δ) Τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα είναι:

• να γίνει επιτυχής μεταφορά της διδασκόμενης γνώσης, να αποκτήσουν οι μαθητές τις βασικές της οργανωτικές αρχές, σε ορισμένες περιπτώσεις πρακτικές που συνδέονται με αυτή τη γνώση και δυνατότητες εφαρμογής της σε παραδειγματικές περιπτώσεις και

• να επιτευχθούν παρατηρήσιμες και μόνιμες αλλαγές στη συμπεριφορά των μαθητών.

<sup>2</sup> Αναλυτικότερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων για τα παιδαγωγικά ζητήματα γίνεται στο Αποσιόλου & Κουλαϊδής 2005

Η δεύτερη κατηγορία ΠΓ2 συγκροτείται επίσης από τις τέσσερις διαστάσεις που προαναφέραμε και για την κάθε διάσταση έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

α) Ο κύριος ρόλος του δασκάλου είναι να υποβοηθή ή να καθοδηγή ή να διευκολύνει τους μαθητές να οικοδομήσουν ή να ανακαλύψουν τη νέα για αυτούς γνώση.

β) Οι μορφές διδασκαλίας έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- οι διδακτικές στρατηγικές που επιλέγονται έχουν πολλές φορές ανακαλυπτικό ή ερευνητικό χαρακτήρα,

- χρησιμοποιούνται τεχνικές που λαμβάνουν υπ' όψιν τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών, π.χ. τεχνικές γνωστικών συγκρούσεων ή γεφύρωσης.

γ) Η νοητική ανάπτυξη έχει να κάνει με την αλληλεπίδραση εγγενών και περιβαλλοντικών παραγόντων.

δ) Τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα είναι:

- να αποκτήσουν οι μαθητές μεθόδους σκέψης που σχετίζονται με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο ή να εξασκηθούν μέσω του γνωστικού αντικειμένου σε τρόπους σκέψης που θα τους είναι γενικότερα χρήσιμες και

- να αναπτυχθούν ή να αναδιοργανωθούν οι γνωστικές δομές και να αναπτυχθούν μεταγνωστικές δεξιότητες. Αλλαγές στις αναπαραστάσεις στις οποίες στηρίζεται η γνωστική δραστηριότητα και αλλαγές στις στρατηγικές επεξεργασίας πληροφοριών. Δεν ενδιαφέρει δηλαδή μόνο η διδασκαλία του ίδιου το γνωστικού αντικειμένου αλλά και η διδασκαλία *μέσω* του γνωστικού αντικειμένου.

Το ποσοστό των εκπαιδευτικών που δίνουν εκλεκτικές απαντήσεις (δηλαδή δεν μπορούν να καταταγούν σε κάποια από τις προαναφερθείσες τρεις κατηγορίες) δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό. Φαίνεται γενικά να κυριαρχεί η ομάδα των εκπαιδευτικών των οποίων οι αντιλήψεις εντάσσονται στην «εικόνα» ΠΓ2, όπως περιγράφηκε προηγουμένως, ενώ είναι σημαντικά και τα ποσοστά αποδοχής της θέσης ΠΓ1.

### *Το ζήτημα της περιχάραξης*

Τα τρία επόμενα παιδαγωγικά θέματα που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή, δηλαδή τα ζητήματα:

ε) της χρησιμότητας της συζήτησης ανάμεσα στους μαθητές,

στ) των σχέσεων εκπαιδευτικού – μαθητών και

ζ) του ελέγχου του περιεχομένου της διδασκαλίας.

βοηθούν να χαρακτηριστούν οι θέσεις των εκπαιδευτικών ως προς το ζήτημα της περιχάραξης, που εδώ μας βοηθά να περιγράψουμε τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για το ζήτημα του ελέγχου και της εξουσίας στις παιδαγωγικές σχέσεις ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές.

Ο χαρακτηρισμός αυτός έγινε με τη χρήση των «άκρων» που αναφέρονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Αφού προσδιορίστηκε η θέση του κάθε εκπαιδευτικού για την περιχάραξη στο κάθε θέμα, δόθηκε χαρακτηρισμός στη συνολική θέση του εκπαιδευτικού για το ζήτημα της περιχάραξης, ανάλογα με το αν κυριαρχούσαν συνολικά στα τρία ζητήματα οι θέσεις

Θέμα / Άκρο	Άκρο ισχυρής περιχάραξης	Άκρο ασθενούς περιχάραξης
Ε. Συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές	Η συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές δε βοηθάει, ή πρέπει να γίνεται μόνο αν ελέγχεται και καθοδηγείται αυστηρά από τον εκπαιδευτικό.	Η ελεύθερη συζήτηση ανάμεσα στους μαθητές βοηθάει στην εκπαιδευτική διαδικασία.
ΣΤ. Σχέσεις εκπαιδευτικού – μαθητών	Ο εκπαιδευτικός είναι ο «άρχοντας» της τάξης.	Ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές είναι συνεργάτες σε ισότιμη βάση.
Ζ. Έλεγχος του περιεχομένου	Ο έλεγχος του περιεχομένου ανήκει αποκλειστικά στον εκπαιδευτικό και το αναλυτικό πρόγραμμα.	Υπάρχει διαπραγμάτευση του περιεχομένου ανάμεσα στον εκπαιδευτικό και τους μαθητές.

Πίνακας 4: Το ζήτημα της περιχάραξης

της ισχυρής ή της ασθενούς περιχάραξης. Αν για κάποιον εκπαιδευτικό δεν κυριαρχούσαν με κάποιο καθαρό τρόπο ούτε οι θέσεις της ισχυρής περιχάραξης ούτε οι θέσεις της ασθενούς περιχάραξης, όπως προέβλεπε η αριστερή ανάλυση, ο εκπαιδευτικός χαρακτηρίστηκε ως ουδέτερος, ή με θέσεις μέτριας περιχάραξης για το ζήτημα αυτό.

Οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να έχουν γενικά μια ισορροπημένη θέση ως προς το ζήτημα της περιχάραξης. Στις απόψεις τους δεν φαίνεται πάντως να κυριαρχούν οι πιο «παραδοσιακές» θέσεις της ισχυρής περιχάραξης παρά το ότι ο διάμεσος των ετών υπηρεσίας τους είναι αρκετά υψηλός (18.0 έτη), ούτε όμως και νεότερες παιδαγωγικές απόψεις, πλησιέστερες στην ασθενή περιχάραξη.

### *Παρουσίαση των συσχετίσεων μεταξύ των διαφόρων αντιλήψεων*

Οι συσχετίσεις μεταξύ των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών αντιλήψεων των εκπαιδευτικών αναζητήθηκαν σε ζεύγη ζητημάτων χρησιμοποιώντας το κριτήριο του  $\chi^2$  και θεωρήθηκαν στατιστικά σημαντικές με  $p < 0,06$ . Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν στον πίνακα που ακολουθεί οι τιμές των  $p$  μεταξύ όλων των ζητημάτων που μελετήθηκαν. Η συζήτηση θα επικεντρωθεί στη μελέτη των συσχετίσεων μεταξύ των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών ζητημάτων, δεν θα μας απασχολήσουν δηλαδή ιδιαίτερα εδώ οι συσχετίσεις μεταξύ των φιλοσοφικών ή μεταξύ των παιδαγωγικών ζητημάτων<sup>3</sup>.

Γενικά συμπεράσματα από τον πίνακα 5:

- Οι απόψεις των εκπαιδευτικών στο οντολογικό ζήτημα σχετίζονται με τρόπο στα-

<sup>3</sup> Οι συσχετίσεις αυτές συζητούνται στα Αποστόλου & Κουλαϊδής 2005 και 2007.



	Διάκριση	Αλλαγή	Κύρος	Οντολογικό	Γενικά χαρ. διδ. & μάθ.	Περιχάραξη
Μέθοδος	<b>0,035</b>	0,164	0,652	<b>0,038</b>	<b>0,051</b>	0,580
Διάκριση		<b>0,024</b>	<b>0,035</b>	<b>0,004</b>	0,746	0,424
Αλλαγή			<b>0,044</b>	<b>0,006</b>	<b>0,042</b>	<b>0,001</b>
Κύρος				<b>0,030</b>	0,529	0,283
Οντολογικό					<b>0,044</b>	<b>0,061</b>
Γενικά χαρ. διδ. & μάθ.						<b>0,003</b>

Πίνακας 5: Συσχετίσεις επιστημολογικών – οντολογικών – παιδαγωγικών απόψεων.

σημαντικό με τις απόψεις τους σε όλα τα υπόλοιπα ζητήματα, τόσο τα επιστημολογικά όσο και τα παιδαγωγικά.

- Οι απόψεις στα παιδαγωγικά ζητήματα σχετίζονται με τρόπο στατιστικά σημαντικό μεταξύ τους όπως και οι απόψεις στα επιστημολογικά ζητήματα σχετίζονται με τρόπο στατιστικά σημαντικό μεταξύ τους στις 4 από τις 6 δυνατές συσχετίσεις. Άρα στο εσωτερικό τόσο της επιστημολογικής διάστασης όσο και της παιδαγωγικής διάστασης το δίκτυο των συσχετίσεων είναι πυκνό.
- Από τη μελέτη των τυποποιημένων υπολοίπων φαίνεται ότι γενικά η συσχέτιση μεταξύ των επιστημολογικών ζητημάτων οφείλεται στο ότι όποιο εκπαιδευτικό εκφράζουν *συμφραστικές ή σχευκιστικές αντιλήψεις* σε κάποιο επιστημολογικό ζήτημα, εκφράζουν συνήθως αντίστοιχες αντιλήψεις και στα υπόλοιπα επιστημολογικά ζητήματα.
- Από τη μελέτη των τυποποιημένων υπολοίπων φαίνεται επίσης ότι η στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις *απόψεις των εκπαιδευτικών για τα παιδαγωγικά ζητήματα* οφείλεται κυρίως στο ότι όσοι επιλέγουν στο ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης θέση ΠΠ1 είναι συνήθως υπέρ της ισχυρής περιχάραξης και κατά της μέτριας ή ασθενούς.

Στη βάση αυτών των στοιχείων φαίνεται ότι υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες απόψεων για τα παιδαγωγικά ζητήματα:

α) Η *πρώτη κατηγορία (Α)*, αποτελείται από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών που οι απόψεις τους για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης εντάχθηκαν στην κατηγορία ΠΠ1 και οι οποίοι υποστηρίζουν θέσεις ισχυρής περιχάραξης. Οι εκπαιδευτικοί δηλαδή των οποίων οι αντιλήψεις εντάσσονται σε αυτήν την κατηγορία, γενικά δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στο διδακτικό αντικείμενο, στη μεταφορά γνώσης, την εξωτερική ενίσχυση των μαθητών και θεωρούν ότι η σκέψη των μαθητών θα αναπτυχθεί από την παρέμβαση του σχολείου ή και του περιβάλλοντος χωρίς ουσιαστικά προβλήματα. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί στην πλειοψηφία τους υπερασπίζονται μορφές διδασκαλίας με ισχυρή περιχάραξη.

β) Η *δεύτερη κατηγορία (Β)*, αποτελείται από τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών που οι απόψεις τους για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης εντάχθηκαν στην κατηγορία ΠΠ2 και οι οποίοι υποστηρίζουν θέσεις ασθενούς ή μέτριας περιχάραξης.

Οι εκπαιδευτικοί δηλαδή των οποίων οι αντιλήψεις εντάσσονται σε αυτήν την κατηγορία, γενικά δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στο μαθητή και στο πώς θα επιτευχθεί η μάθηση και θεωρούν ότι στη σκέψη του μαθητή υπάρχουν δεδομένες λειτουργίες και θέσεις οι οποίες έχουν βαθύτερες ρίζες και οι οποίες δεν μπορούν να «παρακαμφθούν» από την εκπαιδευτική διαδικασία. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί στην πλειοψηφία τους υπερασπίζονται μορφές διδασκαλίας με ασθενή ή μέτρια περιχάραξη.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται και μελετάται η κάθε μια από τις στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις που προέκυψαν μεταξύ των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών ζητημάτων.

*Μελέτη των στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων μεταξύ των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών αντιλήψεων*

Για να γίνει δυνατή η εφαρμογή της τεχνικής του  $\chi^2$  βάσει της οποίας μελετήθηκαν οι συσχετίσεις ανάμεσα στα διάφορα ζητήματα, έγιναν ορισμένες αναγκαίες συμπιύξεις με βάση κυρίως τη συνάφεια κάποιων θέσεων στα διάφορα ζητήματα. Επίσης σε πολλές περιπτώσεις ενοποιήθηκαν με την εκλεκτική θέση εκείνες οι θέσεις που συγκέντρωναν μικρά ποσοστά αποδοχής στο κάθε ζήτημα. Οι ερμηνείες των συσχετίσεων που παρουσιάζονται στις παραγράφους που ακολουθούν, στηρίζονται στη μελέτη των αντίστοιχων τυποποιημένων υπολοίπων.

Α) Ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών για *το οντολογικό ζήτημα και το ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης* η συσχέτιση κυρίως οφείλεται στο ότι όποιοι επιλέγουν εκλεκτική ή πραγματιστική θέση στο οντολογικό ζήτημα δεν επιλέγουν συνήθως θέση ΠΠ1 ή εκλεκτική στο ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης και επιλέγουν συνήθως θέση ΠΠ2 στο ίδιο ζήτημα.

Β) Ανάμεσα στο *οντολογικό ζήτημα και το παιδαγωγικό ζήτημα της περιχάραξης* η συσχέτιση οφείλεται κυρίως στο ότι όποιοι επιλέγουν πραγματιστική θέση στο οντολογικό ζήτημα δεν επιλέγουν συνήθως θέση ισχυρής περιχάραξης.

Γ) Ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών για *το ζήτημα της αλλαγής των επιστημονικών θεωριών και το παιδαγωγικό ζήτημα της περιχάραξης* η συσχέτιση κυρίως οφείλεται στο ότι όποιοι επιλέγουν θέση ισχυρής περιχάραξης επιλέγουν συνήθως θέση εμπειρικο-επαγωγική ή υποθετικο-παραγωγική στο ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής και δεν επιλέγουν συνήθως θέση συμφραστική ή οχευκιστική ή εκλεκτική στο ίδιο ζήτημα.

Δ) Ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών για *το ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης και το ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου* η συσχέτιση οφείλεται κυρίως στο ότι όποιοι επιλέγουν γενική παιδαγωγική θέση ΠΠ1 επιλέγουν συνήθως συμφραστική θέση στο ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου.

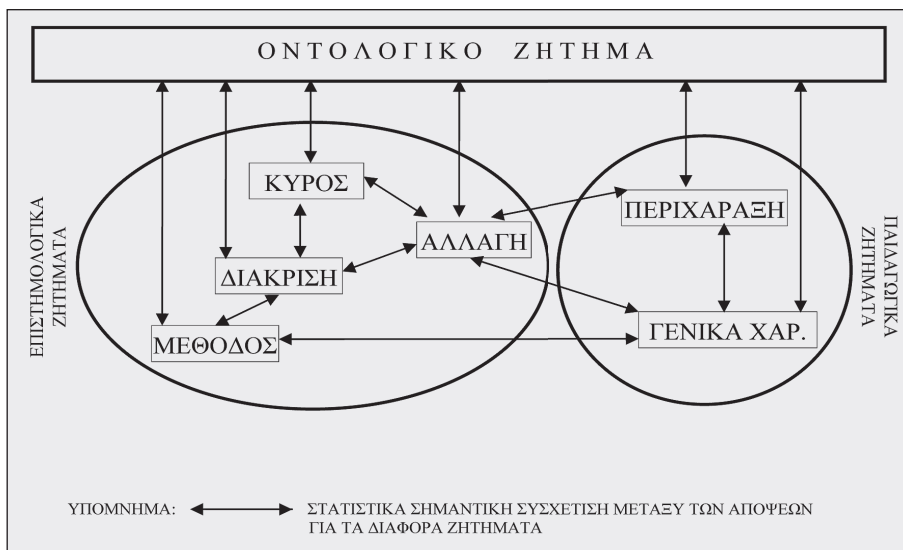
Ε) Ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών για *το ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης και το ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής* η συσχέτιση οφείλεται κυρίως στο ότι όποιοι επιλέγουν γενική παιδαγωγική θέση ΠΠ1 επιλέγουν συνήθως εμπειρικο-επαγωγική ή υποθετικο-παραγωγική στο ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής και δεν επιλέγουν συνήθως θέσεις συμφραστικές ή οχευκιστικές ή εκλεκτικές στο ίδιο ζήτημα.

## Συζήτηση των συσχετίσεων

Στις παραγράφους που ακολουθούν αρχικά γίνεται συζήτηση για το συνολικό δίκτυο που σχηματίζουν οι συσχετίσεις των απόψεων των εκπαιδευτικών για τα φιλοσοφικά και για τα παιδαγωγικά ζητήματα. Στη συνέχεια συζητούνται αναλυτικότερα αυτές οι συσχετίσεις κάτω που βοηθάει και στην παραγωγή σύνθετων κατηγοριών απόψεων (δηλαδή κατηγοριών απόψεων που περιλαμβάνουν απόψεις τόσο για τα φιλοσοφικά όσο και για τα παιδαγωγικά ζητήματα). Τέλος, από τη συζήτηση των συσχετίσεων και των σύνθετων κατηγοριών απόψεων προκύπτουν ορισμένα επιπλέον συνολικά συμπεράσματα.

### Το δίκτυο των συσχετίσεων

Αρχικά λοιπόν, στο σχήμα Ι παρουσιάζεται το δίκτυο των στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων ανάμεσα στις απόψεις που εξέφρασαν οι εκπαιδευτικοί κατά τις συνεντεύξεις για το οντολογικό, τα επιστημολογικά και τα παιδαγωγικά ζητήματα. Το σχήμα αυτό προέκυψε από τα στοιχεία που αναφέρονται στον πίνακα 5.



Σχήμα Ι: Το δίκτυο των συσχετίσεων.

• Αν επικεντρώσουμε την προσοχή μας στις συσχετίσεις ανάμεσα στα φιλοσοφικά και τα παιδαγωγικά ζητήματα, φαίνεται και αρχικά ότι ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών για τα επιστημολογικά και για τα παιδαγωγικά ζητήματα η συσχέτιση δεν είναι ιδιαίτερα ισχυρή αφού είναι στατιστικά σημαντικές μόνο οι 3 από τις 8 δυνατές συσχετίσεις, όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.

• Εμφανίζεται αρκετά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών που αναφέρονται στο οντολογικό και στα παιδαγωγικά ζητήματα.

• Το προηγούμενο σχήμα μπορεί επίσης να οδηγήσει στην υπόθεση ότι *το οντολογικό ζήτημα παίζει κεντρικό ρόλο στο δίκτυο των συσχετίσεων*. Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σε αυτό το ζήτημα φαίνεται να συσχετίζονται με τρόπο στατιστικά σημαντικό τόσο με τις αντιλήψεις τους για τα επιστημολογικά όσο και για τα παιδαγωγικά ζητήματα και μάλιστα με έναν απόλυτο τρόπο, δηλαδή φαίνεται να συσχετίζονται με τις αντιλήψεις τους για όλα τα επιστημολογικά και τα παιδαγωγικά ζητήματα.

Χρησιμοποιώντας το σχήμα I σε συνδυασμό με τα στοιχεία που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο όπου παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μπορούμε να προχωρήσουμε περισσότερο τη συζήτηση για τις συσχετίσεις. Μπορούμε δηλαδή να επιχειρήσουμε μια ερμηνεία τους, κάτι που επιτρέπει την εξαγωγή επιπλέον συμπερασμάτων. Η ερμηνεία αυτή των συσχετίσεων και τα επιπλέον συμπεράσματα που προκύπτουν παρουσιάζονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

A) Όπως προαναφέρθηκε, οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το *οντολογικό ζήτημα* σχετίζονται με τρόπο στατιστικά σημαντικό με τις απόψεις τους σε όλα τα υπόλοιπα ζητήματα (είτε φιλοσοφικά είτε παιδαγωγικά). Οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις των απόψεων των εκπαιδευτικών στο οντολογικό ζήτημα με τις απόψεις τους στα υπόλοιπα ζητήματα οφείλονται κυρίως σε όσους παίρνουν πραγματιστικές θέσεις. Οι πραγματιστές επιλέγουν συνήθως σε όλα τα επιστημολογικά ζητήματα συμφραστικές ή και οχετικιστικές θέσεις και δεν επιλέγουν εμπειρικό – επαγωγικές ή υποθετικό – παραγωγικές θέσεις (όπως φαίνεται από τα τυποποιημένα υπόλοιπα). Στα παιδαγωγικά ζητήματα επιλέγουν συνήθως στο ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης τη θέση ΠΓ2 και απορρίπτουν συνήθως τις υπόλοιπες θέσεις. Επίσης επιλέγουν συνήθως θέσεις ασθενούς ή μέτριας περιχάραξης και απορρίπτουν τις θέσεις ισχυρής περιχάραξης.

Στη βιβλιογραφία δεν συναντάται συχνά η ρητή αναφορά σε αποτελέσματα που έχουν να κάνουν με συσχετίσεις των οντολογικών απόψεων των εκπαιδευτικών με τις επιστημολογικές ή παιδαγωγικές απόψεις τους. Λίγες είναι οι άμεσες αναφορές για τη συσχέτιση ανάμεσα στις οντολογικές και τις παιδαγωγικές απόψεις των εκπαιδευτικών, όπου όμως υπάρχουν κινούνται στην κατεύθυνση των συσχετίσεων που βρήκαμε. Πιο συγκεκριμένα, οι Benson (1989) και Lemberger et al. (1999) βρήκαν ότι οι εκπαιδευτικοί που έχουν αντιλήψεις κοντινές με αυτές του επιστημονικού ρεαλισμού στο οντολογικό ζήτημα, στα παιδαγωγικά ζητήματα είχαν αντιλήψεις μεταφοράς γνώσης, δηλαδή αντιλήψεις με στοιχεία της θέσης ΠΓ1 για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης και αντιλήψεις με στοιχεία ισχυρής περιχάραξης (το τελευταίο εύρημα αναφέρεται μόνο από τον Benson). Ο Tsai (2007), μελετώντας τέσσερις εκπαιδευτικούς βρήκε ότι οι δύο εκπαιδευτικοί με αντιλήψεις κοντινές στον επιστημονικό ρεαλισμό είχαν παιδαγωγικές αντιλήψεις με στοιχεία της θέσης ΠΓ1 για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης. Ένας εκπαιδευτικός με διαφορετικές οντολογικές αντιλήψεις είχε παιδαγωγικές αντιλήψεις με στοιχεία της θέσης ΠΓ2 για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης. Τα συμπεράσματα αυτά βρίσκονται σε αντιστοιχία με ένα μέρος των συσχετίσεων που βρήκαμε.

• Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τα δύο *παιδαγωγικά* ζητήματα που μελετήθηκαν σχετίζονται μόνο σε τρεις από τις οκτώ δυνατές περιπτώσεις με τα *επιστημολογικά ζητήματα*

(ενώ, όπως προαναφέρθηκε, σχετίζονται και τα δύο με τις απόψεις των εκπαιδευτικών για το οντολογικό ζήτημα). Στις στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ανάμεσα στα επιστημολογικά και τα παιδαγωγικά ζητήματα είναι ενδιαφέρον ότι από τη μεριά των επιστημολογικών ζητημάτων παίρνουν μέρος μόνο οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το *ζήτημα της αλλαγής* των επιστημονικών θεωριών και για το *ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου*. Αν κάποιος δηλαδή περιόριζε το ενδιαφέρον του σε αυτά τα δύο επιστημολογικά ζητήματα θα σχημάτιζε την εντύπωση ότι το δίκτυο των συσχετίσεων είναι ιδιαίτερα πυκνό (στατιστικά σημαντικές οι 3 από τις 4 δυνατές συσχετίσεις) ενώ αν περιόριζε το ενδιαφέρον του στο ζήτημα της διάκρισης της επιστημονικής γνώσης και στο ζήτημα του κύρους της επιστημονικής γνώσης θα σχημάτιζε την εντύπωση ότι δεν υπάρχει καμία συσχέτιση ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών για τα επιστημολογικά και για τα παιδαγωγικά ζητήματα (καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση από τις 4 δυνατές). Από τη σκοπιά τώρα των παιδαγωγικών ζητημάτων, ιδιαίτερα ασθενής είναι η συσχέτιση ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών στο ζήτημα της περιχάραξης και στις απόψεις τους στα επιστημολογικά ζητήματα όπου μόνο μία από τις τέσσερις δυνατές συσχετίσεις είναι στατιστικά σημαντική.

• Πιο συγκεκριμένα οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης σχετίζονται με τις απόψεις τους για το ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής και της επιστημονικής μεθόδου ενώ οι απόψεις τους για το ζήτημα της περιχάραξης σχετίζονται μόνο με τις απόψεις τους για το *ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής*. Με άλλα λόγια οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής σχετίζονται με τις απόψεις τους και για τα δύο παιδαγωγικά ζητήματα. Η συσχέτιση των απόψεων των εκπαιδευτικών στο επιστημολογικό ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής με τις απόψεις τους για τα παιδαγωγικά ζητήματα οφείλεται κυρίως σε όσους επιλέγουν εμπειρικο-επαγωγική ή υποθετικο-παραγωγική θέση οι οποίοι στο ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης επιλέγουν συνήθως τη θέση ΠΠ και στο ζήτημα της περιχάραξης επιλέγουν απόψεις ισχυρής περιχάραξης. (Να σημειώσουμε επίσης ότι όσοι επιλέγουν τις εμπειρικο - επαγωγικές θέσεις στο ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής δεν επιλέγουν συνήθως τις πραγματιστικές θέσεις στο οντολογικό ζήτημα). Δευτερευόντως όσοι επιλέγουν στο ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής συμφραστικές ή σχετικιστικές θέσεις απορρίπτουν συνήθως τη θέση ΠΠ στο ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης και συγχρόνως στο ζήτημα της περιχάραξης απορρίπτουν συνήθως τη θέση της ισχυρής περιχάραξης. Τέλος, η συσχέτιση ανάμεσα στις απόψεις των εκπαιδευτικών για το ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου και το ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας και της μάθησης είναι η μόνη συσχέτιση που κινείται σε διαφορετική κατεύθυνση: οφείλεται στο ότι όσοι επιλέγουν συμφραστικές θέσεις στο ζήτημα της μεθόδου επιλέγουν συνήθως τη θέση ΠΠ στο ζήτημα των γενικών χαρακτηριστικών της διδασκαλίας. Πάντως στο επιστημολογικό ζήτημα της μεθόδου υπενθυμίζουμε ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί επιλέγουν εκλεκτικές θέσεις. Αυτό το στοιχείο ίσως να ερμηνεύει την «παράξενη» αυτή συσχέτιση (όπως και το μικρό σχετικά αριθμό συσχετίσεων των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών στο ζήτημα της μεθόδου με τις αντιλήψεις τους σε όλα τα υπόλοιπα ζητήματα).

Οι σχετικές έρευνες συγκλίνουν στο συμπέρασμα ότι υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα

στις επιστημολογικές και τις παιδαγωγικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών, *χωρίς να δίνεται έμφαση στο σημαντικότερο από τους περιορισμούς* που βρήκαμε, ότι ουσιαστικά δηλαδή στις συσχετίσεις αυτές μετέχουν κυρίως οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το επιστημολογικό ζήτημα της αλλαγής και όχι για τα άλλα ζητήματα, αν εξαιρέσουμε το ζήτημα της μεθόδου λόγω του μεγάλου ποσοστού εκλεκτικών απαντήσεων. Ο περιορισμός αυτός είναι βεβαία δύσκολο να παρατηρηθεί αφού σε αυτές τις έρευνες οι επιστημολογικές αντιλήψεις αντιμετωπίζονται συνολικά και όχι ανά ζήτημα. Πάντως τα αποτελέσματα για τις συσχετίσεις των απόψεων των εκπαιδευτικών για τα παιδαγωγικά και για τα επιστημολογικά ζητήματα όπως φαίνεται από την ανάλυση της βιβλιογραφίας που προηγήθηκε, κινούνται γενικά στην ίδια κατεύθυνση βρίσκοντας ορισμένες από τις συσχετίσεις που προαναφέραμε.

Κάποιες από τις προαναφερθείσες έρευνες βρίσκουν λοιπόν μόνο τη συσχέτιση που αναφέραμε ανάμεσα στις εμπειρικό – επαγωγικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τα επιστημολογικά ζητήματα και τις παιδαγωγικές θέσεις για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης που τους δώσαμε το χαρακτηρισμό ΠΓ1 (Aguiñe et al. 1990, Hodson 1993, Lemberger et al. 1999, Romero 1993). Τα ευρήματα αυτών των ερευνών είναι κοντά στο πρώτο μέρος των συσχετίσεων που βρέθηκε και στη δική μας έρευνα. Υπάρχουν όμως και ορισμένες έρευνες που εντοπίζουν και το δεύτερο μέρος των συσχετίσεων που αναφέραμε, τη συσχέτιση δηλαδή ανάμεσα στις συμφραστικές και οχετικιστικές θέσεις των εκπαιδευτικών για κάποια από τα επιστημολογικά ζητήματα και τις παιδαγωγικές θέσεις για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης που τους δώσαμε το χαρακτηρισμό ΠΓ2 (Yerrick et al. 1997, Benson 1989, Prawat 1992, Tsai 2002, Roehrig & Luft 2004, Tsai 2007). Μάλιστα κάποιες από αυτές τις έρευνες αναφέρονται εμμέσως και στο ζήτημα της περιχάραξης (Yerrick et al. 1997, Benson 1989, Roehrig & Luft 2004), βρίσκοντας ότι οι απόψεις ισχυρής περιχάραξης συσχετίζονται με επιστημολογικές αντιλήψεις με εμπειρικό – επαγωγικά στοιχεία και οι απόψεις ασθενούς περιχάραξης σχετίζονται με επιστημολογικές αντιλήψεις με συμφραστικά ή οχετικιστικά στοιχεία.

Παρά τη γενική συμφωνία των ερευνών στη μορφή των συσχετίσεων, υπάρχουν δύο σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε όλες αυτές τις έρευνες και στην έρευνα που πραγματοποιήσαμε. Η πρώτη έχει να κάνει με το ότι οι οχετικές έρευνες όπως προαναφέραμε δεν «αναλύουν» είτε τις επιστημολογικές είτε τις παιδαγωγικές αντιλήψεις σε ειδικότερες κατηγορίες – ζητήματα (ο Tsai (2007) επιχειρεί μια τέτοια ανάλυση, όμως ασχολείται μόνο με τα ζητήματα της μεθόδου και της αλλαγής χωρίς να αναλύονται σε βάθος αυτά τα δύο ζητήματα μιας και η έρευνά του αναφέρεται και σε πολλά άλλα θέματα)· έτσι απλώς βρίσκουν ότι υπάρχει συσχέτιση, χωρίς να μπορούν να διακρίνουν ότι μεταξύ μιας σειράς τέτοιων ζητημάτων δεν υπάρχει συσχέτιση. Η δεύτερη διαφορά έχει την ίδια ρίζα με την προηγούμενη. Αφού δεν μελετώνται αναλυτικότερα τα διάφορα ζητήματα στο εσωτερικό των επιστημολογικών αντιλήψεων, δεν εμφανίζονται ούτε οι δυσκολίες προσδιορισμού των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για το ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου, όπου βρήκαμε ότι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί έχουν εκλεκτικές θέσεις, ούτε επομένως φαίνονται οι δυσκολίες που παρουσιάζονται στη συσχέτιση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών μεταξύ αυτού του ζητήματος και των παιδαγωγικών ζητημάτων. Για παράδειγμα πολλές έρευνες όπως φάνηκε από την ανάλυση της οχετικής βιβλιο-

γραφίας που προηγήθηκε, βρίσκουν συσχετίσεις ανάμεσα σε απόψεις των εκπαιδευτικών για το ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου και τα παιδαγωγικά ζητήματα, πολλές από αυτές όμως όταν αναφέρονται στο ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου δεν ασχολούνται με ένα θέμα που για τη δική μας έρευνα είναι κομβικό για αυτό το ζήτημα, με το αν δηλαδή οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι υπάρχει μία ή περισσότερες «νόμιμες» επιστημονικές μέθοδοι. Ασχολούνται με ζητήματα που στο πλαίσιο της δικής μας έρευνας είναι μάλλον δευτερεύοντα.

### *Σύνθετες κατηγορίες αντιλήψεων*

Τα συμπεράσματα που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους για τη συσχέτιση των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών αντιλήψεων καθώς και η δημιουργία των ευρύτερων κατηγοριών παιδαγωγικών αντιλήψεων οι οποίες περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο όπου παρουσιάζονται οι συσχετίσεις, μπορούν να μας οδηγήσουν στη δημιουργία δύο συνολικών - σύνθετων κατηγοριών των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για τα φιλοσοφικά και για τα παιδαγωγικά ζητήματα, *στη βάση των στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων που ανιχνεύθηκαν*.

Πιο συγκεκριμένα φαίνεται να *παρουσιάζονται δύο ομάδες εκπαιδευτικών*.

Η *πρώτη ομάδα* απορρίπτει τις πραγματιστικές θέσεις στο οντολογικό ζήτημα, επιλέγει εμπειρικο-επαγωγικές ή υποθετικο-παραγωγικές θέσεις στο επιστημολογικό ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής και στα παιδαγωγικά ζητήματα επιλέγει τις αντιλήψεις που περιλαμβάνονται στην κατηγορία Α (θέσεις ΠΠ για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης και ισχυρή περικάραξη). Η *δεύτερη ομάδα* επιλέγει πραγματιστικές θέσεις στο οντολογικό ζήτημα, συμφραστικές ή σχετικιστικές στο επιστημολογικό ζήτημα της αλλαγής της επιστημονικής γνώσης και τις αντιλήψεις της κατηγορίας Β για τα παιδαγωγικά ζητήματα (θέση ΠΠ2 για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης και όχι ισχυρή περικάραξη).

Οι φιλοσοφικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις των δύο ομάδων εκπαιδευτικών που προαναφέρθηκαν ίσως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι συγκροτούνται γύρω από κάποιους *πυρήνες ιδεών* τους οποίους περιγράφουμε στη συνέχεια.

*Α) Οι αντιλήψεις της πρώτης ομάδας των εκπαιδευτικών:* Η κεντρικότερη αντίληψη της παιδαγωγικής θέσης ΠΠ που επιλέγουν αυτοί οι εκπαιδευτικοί είναι αυτή της μεταφοράς και της συσώρευσης γνώσης. Ο εκπαιδευτικός έχει καθήκον να βρει τους κατάλληλους τρόπους ώστε να μεταφέρει στους μαθητές ένα νέο σώμα γνώσης. Οι μαθητές οφείλουν να «απορροφήσουν» αυτό το νέο σώμα γνώσης και να το τοποθετήσουν δίπλα στις γνώσεις που ήδη κατέχουν, σύμφωνα με τις οδηγίες του εκπαιδευτικού. Έτσι συνεχώς μέσω της συσώρευσης αναπτύσσονται και εμπλουτίζονται οι γνώσεις των μαθητών. Οι μαθητές σε αυτή τη διαδικασία οφείλουν κυρίως να προσπαθούν να ακολουθήσουν τις οδηγίες των εκπαιδευτικών. Άρα είναι φυσιολογικό οι σχέσεις εκπαιδευτικών και μαθητών να χαρακτηρίζονται από ισχυρή περικάραξη. Οι εκπαιδευτικοί με αυτές τις παιδαγωγικές αντιλήψεις έχουν συνήθως εμπειρικο – επαγωγικές αντιλήψεις για την εξέλιξη ή αλλαγή της επιστημονικής γνώσης. Θεωρούν δηλαδή κυρίως ότι αυτή συμβαίνει μέσω της συσώρευσης νέων παρατηρήσεων και πληροφοριών. Η εξέλιξη αυτή είναι συνεχής και ασφαλής. Η νέα γνώση είτε γενικεύει είτε βελτιώνει την ακρίβεια της προηγούμενης.

Μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι προηγούμενες φιλοσοφικές και παιδαγωγικές θέσεις έχουν σαν *κοινό πυρήνα* την ιδέα της *συσσώρευσης*: με αυτόν τον τρόπο μαθαίνουν οι μαθητές και με αυτόν τον τρόπο εξελίσσεται η επιστημονική γνώση.

*Β) Οι αντιλήψεις της δεύτερης ομάδας των εκπαιδευτικών:* Η κεντρικότερη αντίληψη στη δεύτερη παιδαγωγική θέση ΠΠ2 που επιλέγουν αυτοί οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να είναι το ότι ο μαθητής κατέχει πριν από τη διδασκαλία μια δομή αντιλήψεων ιδιαίτερα ανθεκτική σε παρεμβάσεις. Το καθήκον του εκπαιδευτικού σε πολλές περιπτώσεις είναι να βοηθήσει το μαθητή να μετασχηματίσει αυτή τη δομή των αντιλήψεων του. Δηλαδή οι αντιλήψεις αυτές σε τελική ανάλυση μπορούν να μετασχηματιστούν μόνο από τον ίδιο το μαθητή, όμως ο εκπαιδευτικός και οι υπόλοιποι μαθητές μπορούν να βοηθήσουν σε αυτόν το μετασχηματισμό. Έτσι ευνοούνται στοιχεία επικοινωνίας και διαπραγμάτευσης μεταξύ του εκπαιδευτικού και των μαθητών καθώς και μεταξύ των μαθητών. Δηλαδή η ανάπτυξη της νέας γνώσης φαίνεται να προκύπτει και μέσα από κοινωνικού τύπου διαδικασίες. Είναι λογικό σε αυτήν την περίπτωση οι σχέσεις εκπαιδευτικού και μαθητών να περιγράφονται από ασθενέστερη περιχάραξη σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση. Οι εκπαιδευτικοί με αυτές τις παιδαγωγικές αντιλήψεις, έχουν συνήθως συμφραστικές ή σχετικιστικές αντιλήψεις για το ζήτημα της εξέλιξης ή της αλλαγής των επιστημονικών θεωριών. Σύμφωνα με αυτές τις αντιλήψεις η διαδοχή των θεωριών δε σημαίνει πάντα επέκταση της γνώσης. Σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να περιγραφεί ως μια μορφή «gestalt switch», όρο που δανείζεται ο Κuhn από την ψυχολογία. Κατά τη διαδοχή των θεωριών υπάρχει αλλαγή του τρόπου με τον οποίο βλέπουμε και κατανοούμε τα πράγματα. Δεν υπάρχει αναγκαστικά συνέχεια. Στην επιλογή της νέας θεωρίας παίζουν μεγάλο ρόλο κοινωνικές διαδικασίες κοινωνικού τύπου συσχετισμοί και διαπραγματεύσεις. Σε αυτό το πλαίσιο υπάρχει χώρος για πραγματιστικές θέσεις: το σημαντικό για την επιλογή μιας θεωρίας δεν είναι το περιεχόμενο αλήθειας της αλλά η χρησιμότητά της.

Δύο κυρίως ιδέες φαίνεται να *βρίσκονται στον πυρήνα* των προηγούμενων παιδαγωγικών και φιλοσοφικών αντιλήψεων. Η πρώτη ιδέα είναι η *αουνέχεια*: Η εξέλιξη είτε της γνώσης των μαθητών είτε της επιστημονικής γνώσης δεν είναι γραμμική. Στην πορεία αυτή υπάρχουν μια σειρά από τομές, μια σειρά από «gestalt switch». Η δεύτερη ιδέα σχετίζεται με την ιδιαίτερη σημασία του *κοινωνικού παράγοντα*, της κοινωνικής διαπραγμάτευσης, είτε για την εξέλιξη της γνώσης των μαθητών είτε για την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στην ανάλυση της βιβλιογραφίας, οι έρευνες που μελετούν συσχετίσεις ανάμεσα σε φιλοσοφικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι κατ' αρχήν υπάρχουν τέτοιες συσχετίσεις.

Αν παραβλέψουμε τους περιορισμούς στην ακρίβεια των ευρημάτων που έχουμε αναφέρει στη συζήτηση της βιβλιογραφίας, οι έρευνες αυτές σχεδόν πάντα ανιχνεύουν μία ομάδα εκπαιδευτικών με ρεαλιστικές οντολογικές αντιλήψεις, με εμπειρικό – επαγωγικά στοιχεία στις επιστημολογικές αντιλήψεις τους και με παιδαγωγικές αντιλήψεις με στοιχεία που έχουμε συμπεριλάβει στη θέση ΠΠ1 για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης και σε κάποιες περιπτώσεις με αντιλήψεις υπέρ της ισχυρής περιχάραξης. Υπάρχουν και έρευνες που εκτός της πρώτης αυτής ομάδας διακρίνουν και μια δεύτερη ομάδα εκπαιδευτικών με πραγματιστικές οντολογικές αντιλήψεις, με συμφραστικά ή σχετι-



κιστικά στοιχεία στις επιστημολογικές αντιλήψεις τους και με παιδαγωγικές αντιλήψεις με στοιχεία που έχουμε συμπεριλάβει στη θέση ΠΓ2 για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης και σε κάποιες περιπτώσεις με αντιλήψεις υπέρ της ασθενούς περιχάραξης. Για παράδειγμα, τα αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποίησε ο Benson (1989) σε τρεις βιολόγους εκπαιδευτικούς έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί είχαν αντιλήψεις κοινές με τις θέσεις του επιστημονικού ρεαλισμού, θεωρούσαν ακόμα ότι η επιστημονική μέθοδος είναι μία, η εμπειρικό - επαγωγική, και για τα παιδαγωγικά ζητήματα είχαν αντιλήψεις με στοιχεία της άποψης ΠΠ και επίσης αντιλήψεις με στοιχεία ισχυρής περιχάραξης. Δηλαδή αυτοί οι τρεις εκπαιδευτικοί είχαν μια σειρά στοιχείων της πρώτης ομάδας που περιγράψαμε προηγουμένως. Παρόμοια, οι τρεις εκπαιδευτικοί που μελετήθηκαν από τους Lemberger et al. (1999) είχαν αντιλήψεις κοινές με αυτές του επιστημονικού ρεαλισμού στο οντολογικό ζήτημα, αντιλήψεις που είχαν στοιχεία εμπειρικό - επαγωγικά στο ζήτημα της επιστημονικής μεθόδου και στα παιδαγωγικά ζητήματα αντιλήψεις με στοιχεία της θέσης ΠΠ για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης. Ο Tsai (2002, 2007) βρήκε ομάδες εκπαιδευτικών με χαρακτηριστικά κοινά και στις δύο ομάδες που προαναφέρθηκαν. Η μία ομάδα έχει αντιλήψεις με στοιχεία της θέσης ΠΠ για τα γενικά χαρακτηριστικά της διδασκαλίας και της μάθησης και απόψεις κοινές με τις εμπειρικό - επαγωγικές για την επιστημονική μέθοδο ή τη διάκριση. Μια άλλη ομάδα περιλαμβάνει αντιλήψεις για την επιστήμη κοινές στις συμφραστικές για τη μέθοδο ή τη διάκριση και αντιλήψεις για τη διδασκαλία και τη μάθηση που περιλαμβάνουν στοιχεία της θέσης ΠΓ2.

Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι το σχήμα που προκύπτει από τη βιβλιογραφία για αυτές τις συσχετίσεις είναι το ακόλουθο: οι εκπαιδευτικοί χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η *πρώτη κατηγορία* αποτελείται από αυτούς που οι επιστημολογικές, οι οντολογικές τους απόψεις ή οι απόψεις τους για τη φύση της επιστήμης είναι πιο «παραδοσιακές», ή πιο «ορθολογικές» ή πιο κοντά σε εμπειριστικές απόψεις. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί έχουν πιο συχνά «παραδοσιακές» αντιλήψεις για τη διδασκαλία, δηλαδή αντιλήψεις υπέρ δασκαλοκεντρικών μορφών διδασκαλίας, θεωρούν τη διδασκαλία μεταφορά γνώσης και τη μάθηση απόκτηση γνώσης από έγκυρες πηγές. Η *δεύτερη κατηγορία* των εκπαιδευτικών αποτελείται από αυτούς που οι επιστημολογικές, οι οντολογικές τους απόψεις ή οι απόψεις τους για τη φύση της επιστήμης είναι πιο «σύγχρονες», λιγότερο ορθολογικές ή πιο κοντά σε συμφραστικές ή σχετικιστικές θέσεις. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί έχουν πιο συχνά «σύγχρονες» ή «εποικοδομητικές» αντιλήψεις για τη διδασκαλία, δηλαδή υποστηρίζουν ότι οι μαθητές πρέπει να έχουν πιο ενεργό ρόλο κατά τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης, θεωρούν ότι γενικά ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να διευκολύνει τους μαθητές να δομήσουν οι ίδιοι τη γνώση, δίνουν συχνά ιδιαίτερη σημασία στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και συνήθως δεν δίνουν πρωτεύουσα σημασία στη μεταφορά πληροφορίας κατά τη διδασκαλία. *Οι συσχετίσεις των απόψεων που περιγράφονται από αυτές τις δύο κατηγορίες αντιλήψεων των εκπαιδευτικών είναι σε γενικές γραμμές σε συμφωνία με τις συσχετίσεις που προέκυψαν από την έρευνα που πραγματοποιήσαμε και περιγράφηκαν προηγουμένως. Μάλιστα είναι αρκετά καλή η αντιστοιχία ανάμεσα στις δύο κατηγορίες εκπαιδευτικών που προέκυψαν από τη βιβλιογραφία και τις δύο ομάδες εκπαιδευτικών που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα και παρουσιάστηκαν στην παρούσα ενότητα.*

Η βασική διαφορά της έρευνας που πραγματοποιήσαμε φαίνεται να έχει να κάνει με το ότι διερευνά και ανιχνεύει σε ένα βαθύτερο επίπεδο τόσο τις παιδαγωγικές και τις φιλοσοφικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών όσο και τις συσχετίσεις ανάμεσά τους, κυρίως επειδή τα ερευνητικά εργαλεία έδωσαν τη δυνατότητα να μη μελετηθούν μόνο *συνολικά* οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τα φιλοσοφικά και τα παιδαγωγικά ζητήματα. Έδωσαν τη δυνατότητα να μελετηθούν με αρκετή ακρίβεια οι απόψεις των εκπαιδευτικών για μία σειρά ζητημάτων στο εσωτερικό είτε των φιλοσοφικών είτε των παιδαγωγικών θεμάτων. Έτσι, η έρευνα που πραγματοποιήσαμε είχε τη δυνατότητα να μη σταματήσει στη διαπίστωση της ύπαρξης συσχετίσεων. Δεν σταμάτησε ακόμα στη διαπίστωση κάποιων γενικών σχημάτων π.χ. του είδους «όσοι έχουν εμπειρικό – επαγωγικές επιστημολογικές αντιλήψεις έχουν συνήθως και δασκαλοκεντρικές παιδαγωγικές αντιλήψεις». Από τη στιγμή που διερευνήθηκαν στοιχεία για τις επιστημολογικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις σε ένα βαθύτερο επίπεδο ήταν δυνατόν να προσδιοριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι «περιοχές» στις οποίες εμφανίζονται οι συσχετίσεις. Με αυτόν τον τρόπο έγινε δυνατό να προσδιοριστεί με ακρίβεια το δίκτυο των συσχετίσεων που παρουσιάστηκε στο σχήμα 1. Για παράδειγμα, οι απόψεις των εκπαιδευτικών δεν χαρακτηρίστηκαν γενικά «εμπειρικό – επαγωγικές» αλλά χαρακτηρίστηκαν ξεχωριστά για τέσσερα ζητήματα (μέθοδος, διάκριση, αλλαγή, κύρος). Έτσι ανιχνεύθηκαν με ακρίβεια οι επιστημολογικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών κάτω που μας έδωσε τη δυνατότητα να δούμε π.χ. ότι η συσχέτιση ανάμεσα στα επιστημολογικά και στα παιδαγωγικά ζητήματα οφείλεται κυρίως στις απόψεις των εκπαιδευτικών για το ζήτημα της επιστημονικής αλλαγής. Δεν οφείλεται στο ζήτημα της διάκρισης της επιστημονικής γνώσης και στο ζήτημα του κύρους της επιστημονικής γνώσης.

Ένα ενδιαφέρον επιπλέον στοιχείο που προέκυψε από την έρευνα που πραγματοποιήσαμε είναι και η εμφάνιση μιας έμμεσης συσχέτισης ανάμεσα στα επιστημολογικά και τα παιδαγωγικά ζητήματα, πιο συγκεκριμένα μια συσχέτιση μέσω του οντολογικού ζητήματος το οποίο συσχετίζεται με τρόπο στατιστικά σημαντικό με όλα τα υπόλοιπα ζητήματα, όπως περιγράφηκε προηγουμένως. Τέλος, είναι ενδιαφέρον να υπογραμμισθεί ότι ούτε στις έρευνες που παρουσιάστηκαν φαίνεται να υπάρχει μια συμφωνία για την κατεύθυνση της συσχέτισης ούτε στη δική μας έρευνα επιχειρήθηκε διερεύνηση αυτής της κατεύθυνσης.

## Προτάσεις για επόμενες έρευνες

Μια πρώτη «ανοικτή» ερευνητική κατεύθυνση, ιδιαίτερα σημαντική για μια σειρά εκπαιδευτικών παρεμβάσεων, είναι η ακόλουθη: δεν υπάρχουν σημαντικά ευρήματα σε σχέση με την *κατεύθυνση* των συσχετίσεων ανάμεσα στις φιλοσοφικές και τις παιδαγωγικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών, παρόλο που γενικά υπάρχει συμφωνία για την ύπαρξη αυτών των συσχετίσεων. Η ύπαρξη όμως συσχετίσεων ενώ είναι σημαντικό να διαπιστωθεί, χωρίς διαπίστωση κατευθύνσεων και αιτίων μπορεί να καθοδηγήσει μόνο ένα περιορισμένο αριθμό παρεμβάσεων. Για παράδειγμα οι Nott & Wellington (1996b) οι οποίοι πραγματοποίησαν έρευνα για να ανιχνεύσουν τη συσχέτιση ανάμεσα στις απόψεις εκπαιδευτικών των φυσικών επιστημών για την επιστήμη και στις αντιλήψεις τους για τις εργαστηριακές

δραστηριότητες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη φύση της επιστήμης επηρεάζουν αλλά και επηρεάζονται από τις πρακτικές και τις εμπειρίες μέσα στην τάξη, ιδιαίτερα αυτές κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Οι Lemberger et al. (1999) μελέτησαν τις αντιλήψεις τριών υποψήφιων εκπαιδευτικών βιολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση για τη διδασκαλία, τη μάθηση και τη φύση της επιστημονικής γνώσης και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο τρόπος που κατανοούσαν τη βιολογία συνεισέφερε στις θετικιστικές τους αντιλήψεις για τη γνώση και στις αντιλήψεις μεταφοράς για τη διδασκαλία. Αυτά τα συμπεράσματα μπορούν να αποτελέσουν αφετηριακό σημείο για μια επόμενη έρευνα η οποία μπορεί να έχει και παρεμβατικό χαρακτήρα.

Μια δεύτερη ερευνητική κατεύθυνση έχει να κάνει με τη διερεύνηση της επίδρασης των *παραγόντων του πλαισίου* μέσα στο οποίο εργάζεται ο εκπαιδευτικός στις παιδαγωγικές και φιλοσοφικές αντιλήψεις του. Σύμφωνα με τον Ajzen (1985) και τους Haney & McArthur (2002) χρειάζονται τρεις μεταβλητές για να προβλεφθούν οι πεποιθήσεις και η τάση για συμπεριφορά κάποιου ατόμου: η *στάση απέναντι στην ίδια τη συμπεριφορά*, το *«υποκειμενικό μέτρο»*, δηλαδή αν άλλα πρόσωπα που έχουν σημασία έχουν θετική ή αρνητική στάση απέναντι σε αυτήν τη συμπεριφορά και ο *θεωρούμενος έλεγχος* της συμπεριφοράς, δηλαδή παράγοντες που διευκολύνουν ή δυσκολεύουν την εκδήλωση αυτής της συμπεριφοράς. Οι έρευνες που μελετούν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών στην ουσία ασχολούνται μόνο με την πρώτη από τις τρεις προαναφερθείσες μεταβλητές. Όμως έχει σημασία να ελεγχθούν και παράγοντες όπως ο ρόλος των άλλων εκπαιδευτικών, του διευθυντή του σχολείου, των γονέων και των προσδοκιών τους, των ιδιαιτεροτήτων των μαθητών αλλά και της όλης οργανωτικής δομής της σχολικής μονάδας, του αναλυτικού προγράμματος, της υλικοτεχνικής υποδομής, των σχολικών βιβλίων και των εξωτερικών παραγόντων. Για παράδειγμα σε έρευνα που πραγματοποίησε ο Benson (1989) για τις οντολογικές και επιστημολογικές αντιλήψεις καθώς και τις αντιλήψεις για το πρόγραμμα σπουδών εκπαιδευτικών που δίδασκαν σε λύκειο με στόχο να φανούν οι σχέσεις ανάμεσα στην επιστημολογία και το πρόγραμμα σπουδών, παρατηρήθηκε ότι τα μαθήματα ήταν έντονα επικεντρωμένα στα εγχειρίδια και οι μορφές των μαθημάτων δικαιολογούνταν μέσω επιχειρημάτων που είχαν να κάνουν με δεσμεύσεις και ιδιαιτερότητες κάτω από τις οποίες πραγματοποιείται το μάθημα, π.χ. η πίεση των τελικών εξετάσεων, το επίσημο πρόγραμμα σπουδών, οι επιδιώξεις του σχολείου και των γονέων. Αυτοί οι παράγοντες αντιστοιχούν στη δεύτερη και την τρίτη μεταβλητή από αυτές που προαναφέρθηκαν και η έρευνα σε αυτήν την περιοχή είναι περιορισμένη, αν εξαιρεθεί η συσχέτιση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών με το πρόγραμμα σπουδών. Όμως ορισμένα κεντρικά ζητήματα, κυρίως στην παιδαγωγική κατεύθυνση, δεν μπορούν να μελετηθούν χωρίς παράλληλα να μελετηθούν κάποιοι από τους προαναφερθέντες παράγοντες. Για παράδειγμα, φαίνεται να αποτελεί κομβικό θέμα για τις παιδαγωγικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών η στάση τους απέναντι στο ζήτημα της αξιολόγησης των μαθητών (π.χ. Morais 2002, Pratt 1992, Bernstein 1989). Αυτή η συζήτηση όμως δεν μπορεί να διεξαχθεί αν δεν μελετηθούν παράγοντες όπως οι εξωτερικές εξετάσεις και οι προσδοκίες των γονέων. Η διερεύνηση του ρόλου αυτών των ευρύτερων παραγόντων στις αντιλήψεις

των εκπαιδευτικών σχετίζεται και με την ερευνητική κατεύθυνση που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο: οι «πηγές» ή οι «αιτίες» των συσχετίσεων των φιλοσοφικών και των παιδαγωγικών αντιλήψεων των εκπαιδευτικών ίσως θα πρέπει να αναζητηθούν και σε τέτοιους ευρύτερους παράγοντες.

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F. Bell, R.L. & Lederman, N.G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Aguirre, M., Haggerty, S. & Linder, C. (1990). Student – Teachers' Conceptions of Science Teaching and Learning: A Case Study in Preservice Science Education. *International Journal of Science Education*, 12(4), 381-390.
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckman (Eds.), *Action control: From cognition to behavior*. New York: Springer-Verlag.
- Αποστόλου, Α., & Κουλαϊδής, Β. (2002). Ανάλυση των επιστημολογικών θέσεων των εκπαιδευτικών. Πρακτικά του Συνεδρίου «Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Κοινωνία της Πληροφορίας», Αθήνα: Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Αποστόλου, Α., & Κουλαϊδής Β. (2005). «Μελέτη παιδαγωγικών αντιλήψεων \ εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση». Στο Δ. Κολιόπουλος και Α. Βαβουράκη (επιμ.) Ένωση για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & IOSTE (International Organization for Science and Technology Education) στη Νότια Ευρώπη, Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Οι προκλήσεις του 21ου αιώνα. Κείμενα για τη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση, σελ. 57-65.
- Αποστόλου, Α., & Κουλαϊδής, Β. (2007). Φιλοσοφικές Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών. Στο Δ. Κολιόπουλος (επιμ.) «Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η πολιτισμική συνιστώσα των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση», Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών, 391-407.
- Αποστόλου Α. (2007). «Φιλοσοφικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών των Φυσικών Επιστημών: μια εμπειρική μελέτη». Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Αιγαίου.
- Bell, B.F. & Pearson, J. (1992). "Better Learning". *International Journal of Science Education*, 14 (3), 349-361.
- Benson, G.D. (1989). Epistemology and science curriculum. *Curriculum Studies*, 21 (4), 329-344.
- Berliner, D.C. (1987). Ways of thinking about students and classrooms by more and less experienced teachers. In J. Calderhead (Ed.), *Exploring teachers' thinking* (pp. 60-83). London, Cassell.

- Bernstein, B. (1989). Παιδαγωγικοί κώδικες και κοινωνικός έλεγχος. Αλεξάνδρεια, Αθήνα.
- Brickhouse, N.W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 53-62.
- Bryan, L.A. (2003). Nestedness of Beliefs: Examining a Prospective Elementary Teachers' Belief System about Science Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 835-868.
- Cohen, L. & Manion, L. (1994). Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας. Μεταίχμιο, Αθήνα.
- DeVries, Y. & Beijaard, D. (1999). Teachers' Conceptions of Education: A Practical Knowledge Perspective on "Good" Teaching. *Interchange*, 30/4, 371-397.
- Dibbs, D.R. (1982). An investigation into the nature and consequences of teachers' implicit philosophies of science. Unpublished Ph.D. thesis, University of Aston.
- Gallagher, J.J. (1991). Prospective and Practicing Secondary School Science Teachers' Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science Education*, 75 (1), 121-133.
- Haney, J.J., & McArthur, J. (2002). Four Case Studies of Prospective Science Teachers' Beliefs Concerning Constructivist Teaching Practices. *Science Education*, 86, 783-802.
- Hashweh, Z.M. (1996). Effects of Science Teachers' Epistemological Beliefs in Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1), 47-63.
- Hodson, D. (1993). Philosophic Stance of Secondary School Science Teachers, Curriculum Experiences, and Children's Understanding of Science: Some Preliminary Findings. *Interchange*, 24 (1-2), 41-52.
- Koulaidis, V. (1987). Philosophy of Science in relation to Curricular and Pedagogical issues: A study of science teachers' opinions and their implications. Unpublished Ph.D. thesis, Institute of Education, University of London.
- Koulaidis, V., & Ogborn, J. (1989). Teachers' views of philosophy of science. *International Journal of Science Education*, 11 (2), 173-184.
- Lemberger, J., Hewson, P.W., & Park, H.J. (1999). Relationships between Prospective Secondary Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of Biology and of Teaching Science. *Science Education*, 83, 347-371.
- Mellado, V. (1997). Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science. *Science and Education*, 6, 331-354.
- Mellado, V. 1998. The Classroom Practice of Preservice Teachers and Their Conceptions of Teaching and Learning Science. *Science Education*, 82, 197-214.
- Morais, A. (2002). Basil Bernstein at the Micro Level of the Classroom. *British Journal of Sociology of Education*, 23 (4), 559-569.
- Morrison, J.A. & Lederman, N.G. (2003). Science Teachers' Diagnosis and Understanding of Students' Preconceptions. *Science Education*, 87, 849-867.
- Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19, 317-328.

- Nott, M. & Wellington, J. (1996). When the black box springs open: practical work in schools and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 18(7), 807-818.
- Pajares, F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. *Review of Educational Research*, 62 (3), 307-332.
- Pomeroy, D. (1993). Implications of Teachers' Beliefs about the Nature of Science: Comparison of the Beliefs of the Scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77 (3), 261-278.
- Porter, A.C. & Brophy, J.E. (1987). Good teaching: Insights from the work of the Institute for Research on Teaching (Occasional Paper No. 114). E. Lansing, MI: Michigan State University.
- Porter, A.C. & Freeman, D.J. (1986). Professional orientations: An essential domain for teacher testing. *Journal of Negro Education*, 55, 284-292.
- Pratt, D. D. (1992). Conceptions of teaching. *Adult Education Quarterly*, 42 (4), 203 – 220.
- Pratt, D. D. (1992). Conceptions of teaching. *Adult Education Quarterly*, 42 (4), 203 – 220.
- Roehrig, G.H., & Luft, J.A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26 (1), 3-24.
- Tobin, K., Tippins, D.J., & Gallard, A.J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New York, Macmillan.
- Tsai, C.C. (2002). Nested epistemologies: science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24 (8), 771-783.
- Tsai, C.C. (2007). Teachers' Scientific Epistemological Views: The Coherence with Instruction and Students' Views. *Science Education*, 91, 222-243.
- Yerrick, R., Parke, H., & Nugent J. (1997). Struggling to Promote Deeply Rooted Change: The "Filtering Effect" of Teachers' Beliefs on Understanding Transformational Views of Teaching Science. *Science Education*, 81, 137-159.

# Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη φύση της επιστήμης: η εμπειρία από τα ευρωπαϊκά προγράμματα «STeT» και «The MAP prOject»

**Παναγιώτης Κόκκοτας & Παναγιώτης Πήλιουρας**

*Πανεπιστήμιο Αθηνών*

---

## **Ο ρόλος της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών**

Στις μέρες μας, η έρευνα σχετικά με την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες δίνει έμφαση στη σημασία της ενσωμάτωσης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σημαντικών στοιχείων από την Ιστορία τους, όπως μελέτες περίπτωσης (π.χ. Stinner et al., 2003, Seroglou et al., 1998, Bevilaqua & Giannetto, 1998, Heering, 2000, Seroglou & Koumaras 2001, Matthews et al., 2001) καθώς επίσης και γεγονότα που αναδεικνύουν τη φύση των Φυσικών Επιστημών και τη σημασία τους στη διδασκαλία (π.χ. Osborne et al., 2003, McComas et al., 1998). Υπάρχουν επίσης επιχειρήματα που τονίζουν τη σημασία της αξιοποίησης της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών για την κατανόηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών και συνεπώς την ανάγκη για την ενσωμάτωσή της στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Duschl, 1994, Matthews, 1994). Για την ανάπτυξη των επιμορφωτικών δραστηριοτήτων που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο των δυο ευρωπαϊκών προγραμμάτων (“The MAP prOject” και “STeT project”) αξιοποιήθηκε υλικό από την ιστορία του ηλεκτρισμού, του ηλεκτρομαγνητισμού και της πτώσης των σωμάτων.

Η Ιστορία και η Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών είναι μια από τις καλύτερες πηγές για να βοηθηθούν οι μαθητές να κατανοήσουν τις ανθρώπινες διαστάσεις των Φυσικών Επιστημών, τη φύση της επιστημονικής σκέψης και το ρόλο των Φυσικών Επιστημών στην κοινωνία. Οι ενόπτες του ηλεκτρισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού είναι πλούσιες σε παραδείγματα της Επιστήμης ως ανθρώπινης προσπάθειας, των ιστορικών της προοπτικών,

καθώς και της ανάπτυξης της επιστημονικής κατανόησης. Το σκεπτικό για τη χρήση υλικού από την Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία τους, όπως αναφέρουν οι Galili και Hazan (2001) βασίζεται σε αρκετά επιχειρήματα, όπως: η ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας, η ανάπτυξη του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες, η κατανόηση της φύσης και του χαρακτήρα τους, η κατανόηση των εφαρμογών τους στην καθημερινή ζωή. Ο Matthews (1994, βλ. και Matthews 2007, σελ. 73-74) αναφέρεται σε μια σειρά επιχειρημάτων προκειμένου να υποστηρίξει την αναγκαιότητα εισαγωγής της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία τους, όπως:

- Η Ιστορία των Φυσικών Επιστημών προωθεί μια καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και των επιστημονικών μεθόδων.
- Οι προσεγγίσεις που ενσωματώνουν την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών συνδέουν την ανάπτυξη της ατομικής σκέψης με την ανάπτυξη των επιστημονικών ιδεών.
- Η Ιστορία των Φυσικών Επιστημών είναι απαραίτητη για την κατανόηση της φύσης των Φυσικών Επιστημών.

Έτσι η Ιστορία και η Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή της σειράς πραγμάτευσης των εννοιών, να αξιοποιηθεί σε προσεγγίσεις εννοιολογικής αλλαγής, να προάγει τις ικανότητες των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων (Lin et al., 2002) και τις ικανότητές τους για επιστημονική διερεύνηση (Allchin, 2000). Οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί της πράξης αναζητούν διαρκώς τρόπους αξιοποίησης της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση. Κάποιοι από αυτούς είναι:

α) Η προσέγγιση της «γραμμής του χρόνου» (story line) γεγονότων από την Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Stinner et al., 2003). Αρκετοί συγγραφείς και ερευνητές στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες συνιστούν και έχουν επεξεργαστεί την πρόταση για κατασκευή ιστορικών βινιετών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

β) Μελέτες περίπτωσης (π.χ. Irwin, 2000, Stinner et al., 2003, Bevilaqua & Giannetto, 1998, Nott & Wellington, 1998).

γ) Ανακατασκευή ιστορικών οργάνων και πειραματικών διατάξεων (replicas) - πιστών αντιγράφων από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών (e.g. Heering, 1994, Riess, 1995).

δ) Δραματοποίηση - παιχνίδι ρόλων (π.χ. Stinner et al., 2003).

ε) Ποιρρέτα ιστορικών χαρακτήρων και βινιέτες: πρόκειται για ιστορίες που περιγράφουν ένα σύντομο επεισόδιο από τη ζωή ενός επιστήμονα και αναδεικνύουν τη φύση και το χαρακτήρα της Επιστήμης.

στ) Εισαγωγή κοινωνικών και ηθικών πλαισίων των Φυσικών Επιστημών μέσω μελετών περίπτωσης (π.χ. Hagen, Allchin & Singer 1996).

ζ) Προσομοιώσεις ιστορικών πειραμάτων: για παράδειγμα, οι Masson & Vázquez-Abad (2006) πρότειναν ένα νέο τρόπο ενσωμάτωσης της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση αξιοποιώντας τις ΤΠΕ. Επέδωξαν την εννοιολογική αλλαγή των μαθητών με την εισαγωγή ενός υπολογιστικού μαθησιακού περιβάλλοντος-μικρόκοσμου σχετικού με έννοιες από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών.

η) Ιστορικές αντιπαραθέσεις/συζητήσεις.



θ) Ιστορικά πειράματα και υποθετικά πειράματα.

Στα επιμορφωτικά προγράμματα των δυο ευρωπαϊκών σχεδίων (projects) αξιοποιήθηκαν αρκετοί από τους παραπάνω τρόπους χρήσης της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών.

## Το νόημα της φράσης «Φύση των Φυσικών Επιστημών»

Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες δεν είναι ένα στατικό πεδίο αλλά δυναμικό που μεταβάλλεται σε άμεση σχέση με τις κοινωνικές εξελίξεις. Ένα σημαντικό θέμα που οδήγησε στην αλλαγή κατεύθυνσης στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών είναι η σταδιακή αλλαγή των απόψεών μας που αφορούν τη Φύση των Φυσικών Επιστημών (Κόκκοτας, 2003).

Ο «επιστημονικός αλφαριθμητισμός» έχει αναδειχτεί ως ένα γενικό ζήτημα για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Από τη δεκαετία του '80 έχει γίνει εκτεταμένη συζήτηση για το νόημα της έννοιας και έχουν αναδυθεί κάποια σημεία στα οποία υπάρχει συμφωνία των ερευνητών και των επιστημόνων. Ανάμεσα σε αυτά είναι η ανάγκη οι μαθητές να αποκτήσουν μια κατανόηση για τη φύση των Φυσικών Επιστημών και να εκτιμήσουν την Ιστορία και τη Φιλοσοφία τους. Στις μέρες μας, ένας σημαντικός αριθμός επιστημόνων, εκπαιδευτικών, αλλά και οργανισμών που ασχολούνται με την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες έχουν ως ένα βασικό στόχο να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν σύγχρονες αντιλήψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών (Lederman, 2007).

*“Υποστηρίζεται (American Association for the Advancement of Science, 1989, Jenkins, 1997, Jenkins, 1998, Millar, 1996, Millar & Osborne, 1998) ότι η σύγχρονη κοινωνία απαιτεί πολίτες που να έχουν καλύτερη κατανόηση για τη λειτουργία των Φυσικών Επιστημών κάτι που μπορεί να τους βοηθήσει να αντιμετωπίσουν κριτικά, πολιτικά και ηθικά διλήμματα που τίθενται από τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία και να παίρνουν αποφάσεις ύστερα από συζήτηση και ώριμη σκέψη.”*  
(Osborne et al., 2003)

Οι μεταρρυθμίσεις στα Αναλυτικά Προγράμματα των Φυσικών Επιστημών σε πολλές χώρες του κόσμου (π.χ. AAAS, 1993, NRC, 2000), δίνουν στον επιστημονικό αλφαριθμητισμό μια κεντρική θέση και τονίζουν τη σημασία της ανάπτυξης προσωπικής άποψης από τους μαθητές για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.

Η φύση των Φυσικών Επιστημών αναφέρεται στις αξίες και τις πεποιθήσεις που ενυπάρχουν στην επιστημονική γνώση και στην εξέλιξή της (Lederman, 1992). Ερευνητές και εκπαιδευτικοί δέχονται ότι δεν υπάρχει μια μοναδική αντίληψη για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Υποστηρίζεται ότι μια σύγχρονη αποδεκτή άποψη για αυτό το θέμα είναι ότι «οι Φυσικές Επιστήμες είναι δυναμικές, μεταβαλλόμενες και αβεβαιές», δηλαδή δεν είναι μια στατική συλλογή γεγονότων. Δεν μπορούμε να θεωρήσουμε τη σύγχρονη επιστημονική γνώση ως πλήρη και τελική» (Bell, Lederman, & Abd-El-Khalick, 2000). Ο Lemke (2001) υποστηρίζει ότι «ιστορικοί, κοινωνιολόγοι και μελετητές της πολιτισμικής ανθρωπολογίας τείνουν όλο και περισσότερο να θεωρούν ότι οι Φυσικές Επιστήμες πρέπει να γίνονται κατα-

νοντές ως μια ανθρώπινη δραστηριότητα που επικεντρώνει το ενδιαφέρον της σε ένα μέρος των κυρίαρχων πολιτισμικών και πολιτικών θεμάτων της κάθε εποχής».

## **Η Φύση των Φυσικών Επιστημών και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σχετικά με αυτή**

Η διδασκαλία της Φύσης των Φυσικών Επιστημών στα σχολεία και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες σε αυτό το θέμα, έχει ελκύσει την προσοχή της ερευνητικής κοινότητας που ασχολείται με την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Hodson, 1988, Matthews, 1998, McComas et al., 1998, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000, Driver et al., 1996, Jenkins, 1996).

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι απόψεις των μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου αλλά και των εκπαιδευτικών για τη φύση των Φυσικών Επιστημών δεν συμφωνούν με τους σύγχρονους ορισμούς για τη φύση των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Lederman, 1992, Ryan & Aikenhead, 1992, Driver et al., 1996, Leach et al., 2000, Lederman et al., 1998). Για παράδειγμα, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί και μαθητές πιστεύουν ότι η επιστημονική έρευνα ακολουθεί πάντοτε μια σειρά βημάτων που είναι γνωστά ως επιστημονική μέθοδος (McComas, 1996), και δεν αναγνωρίζουν το γεγονός ότι το είδος της εκπαίδευσης των επιστημόνων καθώς και οι προσωπικές εμπειρίες τους, οι προτιμήσεις και οι φιλοσοφικές υποθέσεις που υιοθετούν επιηρεάζουν καθοριστικά το έργο τους (Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000).

Σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα (Kokkotas et al., 2007), στο πλαίσιο του “The MAP project” για τη φύση των Φυσικών Επιστημών, διαπιστώθηκε ότι:

1. Οι εκπαιδευτικοί υιοθετούν διάφορες απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Πολλοί εκπαιδευτικοί δεν «αναγνωρίζουν» τη δυναμική φύση της επιστημονικής γνώσης και ενστερνίζονται κυρίως θετικιστικές και εμπειριστικές απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.
2. Οι περισσότεροι από τους εκπαιδευτικούς θεωρούν την επιστημονική μέθοδο ως κάτι σταθερό, ως μια παγκόσμια, βήμα προς βήμα, προσέγγιση.
3. Η συντριπτική πλειοψηφία των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες πιστεύουν ότι πάντα «οι επιστημονικές ανακαλύψεις προκύπτουν από μια λογική σειρά διερευνήσεων». Επιπλέον, η πλειονότητα όσων απάντησαν στη συγκεκριμένη έρευνα φαίνεται να αγνοεί ότι η Ιστορία των Φυσικών Επιστημών αποκαλύπτει τόσο τον εξελικτικό όσο και τον επαναστατικό χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης.

Σύμφωνα με τον Lederman (2007) τα αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τη φύση των Φυσικών Επιστημών μπορούν να συνοψιστούν ως εξής: (α) οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες δεν έχουν επαρκείς αντιλήψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών, ανεξάρτητα από το εργαλείο που χρησιμοποιείται για να «μετρηθούν» οι απόψεις τους για το θέμα, (β) οι τεχνικές που βελτιώνουν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη φύση των Φυσικών Επιστημών είτε περιλαμβάνουν μελέτη ιστορικών όψεων της επιστημονικής γνώσης είτε άμεση και ρητή διδασκαλία των κοινά αποδεκτών θέσεων για

τη φύση της Επιστήμης και (γ) η ακαδημαϊκού τύπου κατάρτιση δεν σχετίζεται πάντοτε με την υιοθέτηση σύγχρονων απόψεων για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.

Συμπερασματικά, η έρευνα έχει επισημάνει την ανάγκη των εκπαιδευτικών για καλύτερη αντίληψη της φύσης των Φυσικών Επιστημών από μέρους τους και έχει δώσει έμφαση στον κρίσιμο ρόλο που αυτοί με τη σειρά τους διαδραματίζουν στην ανάπτυξη επιθυμητών αντιλήψεων για το θέμα αυτό από τους μαθητές. Η έρευνα επισημαίνει την αναγκαιότητα σαφούς/ρητής διδασκαλίας της φύσης των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών και στη σπουδαιότητα αξιοποίησης αυθεντικών ιστορικών γεγονότων από τις Φυσικές Επιστήμες, ώστε να αναδεικνύεται η κοινωνική και πολιτισμική διάσταση της φύσης των Φυσικών Επιστημών.

Στην ανάπτυξη των επιμορφωτικών δραστηριοτήτων των προγραμμάτων “The MAP project” και του “STeT project” ακολουθήσαμε την αρχή της σαφούς/ρητής διδασκαλίας σχετικά με τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Έτσι μέσα από τις επιμορφωτικές δραστηριότητες προσφέρεται η ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να μελετήσουν και να συγκρίνουν απόψεις επιστημόνων, όπως οι Αριστοτέλης, Γαλιλαίος, Νεύτωνας (The MAP project: εξέλιξη των απόψεων σχετικά με τη πτώση των σωμάτων) και οι Φραγκλίνος, Γκαλβάνι, Βόλτα (STeT project: εξέλιξη των απόψεων σχετικά με τα ηλεκτρικά και τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα).

## **Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες ως διαδικασία συνεργατικής διερεύνησης**

Καθένα από τα διδακτικά μοντέλα για την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών αλλά και των μαθητών στηρίζεται σε μια συγκεκριμένη θεωρία μάθησης και οδηγεί σε διαφορετικές επιλογές σε διάφορες παραμέτρους της εκπαιδευτικής ή της επιμορφωτικής διαδικασίας. Παραδείγματος χάριν διαφορετικά διδακτικά μοντέλα επιφυλάσσουν διαφορετικούς ρόλους για επιμορφωτές και επιμορφούμενους, διαφορετικής φύσης επιμορφωτικό υλικό, διαφορετική οργάνωση του Αναλυτικού Προγράμματος και διαφορετικά χρονοδιαγράμματα υλοποίησης των επιμορφωτικών δράσεων (Kokkotas et al., 2007, Valanides, & Angelí, 2005).

Το παραδοσιακό δασκαλοκεντρικό μοντέλο, το οποίο στηρίζεται στην παραδοχή ότι η γνώση «μεταδίδεται» από τον επιμορφωτή στον επιμορφούμενο έχει αντικατασταθεί από εναλλακτικά μοντέλα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών (κοινωνικοεποικοδομητικά και κοινωνικοπολιτισμικά - Rogoff, 2003, Wells, 1999, Κόκκοτας, 2002), όπου δίνεται έμφαση στην καθοδήγηση και στην υποστήριξη των εκπαιδευτικών, καθώς αυτοί σταδιακά οικειοποιούνται επιθυμητές διδακτικές πρακτικές της κουλτούρας και των κοινοτήτων των οποίων αποτελούν μέρος (Duffy & Cunningham, 1996). Στην προσπάθειά μας για εμπλοκή των εκπαιδευτικών σε εποικοδομητικές δραστηριότητες και την ενεργό συμμετοχή τους σε αυτές, αναγνωρίζουμε την ανάγκη για μάθηση που θα στηρίζεται στον πραγματικό κόσμο ή σε αυθεντικά πλαίσια, όπως οι μελέτες περίπτωσης από την Ιστορία των

Φυσικών Επιστημών για τον ηλεκτρισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό. Τα επιμορφωτικά προγράμματα “The MAP prOject” και “STeT prOject” περιλαμβάνουν δραστηριότητες που προϋποθέτουν τη συμμετοχή των επιμορφούμενων εκπαιδευτικών σε συνεργατικές δραστηριότητες και σε πρακτικές αναστοχασμού και κριτικής σκέψης (Rogoff, Matuson & White, 1996, Wells, 2002).

Με βάση ένα τέτοιο θεωρητικό πλαίσιο η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών μπορεί να θεωρηθεί ως μια μετασχηματιστική διαδικασία οικειοποίησης επιθυμητών λόγων και πρακτικών. Επομένως η ανάπτυξη των επιμορφωτικών προγραμμάτων βασίστηκε στο συμμετοχικό μοντέλο και όχι στο μεταδοτικό μοντέλο απόκτησης γνώσεων (Bruner, 1996). Για το σχεδιασμό των επιμορφωτικών προγραμμάτων υιοθετήθηκαν κοινωνικοεπικοινωνιακές και κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις μαθησιακές αρχές. Αναλυτικότερα μέσα από τα επιμορφωτικά προγράμματα επιδιώκεται:

- Να καθίστανται σαφείς, μέσα από αυθεντικά γεγονότα της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών, οι σύγχρονες αποδεκτές απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.
- Να συμπεριλαμβάνονται ποικιλία διδακτικών και μαθησιακών στρατηγικών (π.χ. συζητήσεις και ανυπαράθεση επιχειρημάτων, προσομοιώσεις), που αξιοποιούν αυθεντικά γεγονότα από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών στις ενότητες του ηλεκτρισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού.
- Να διευκολύνεται η μάθηση/επιμόρφωση των εκπαιδευτικών μέσω δραστηριοτήτων συνεργατικής διερεύνησης των επιμορφούμενων υπό την καθοδήγηση του επιμορφωτή (η μάθηση είναι μια έμφυτα κοινωνικο-διαλογική δραστηριότητα). Στα δυο επιμορφωτικά προγράμματα που είναι προσανατολισμένα στη συνεργατική διερεύνηση επιδιώκεται η εμπλοκή των εκπαιδευτικών σε συζητήσεις σχετικά με κοινές εμπειρίες και στην ανάπτυξη συνεργατικών δραστηριοτήτων (π.χ. συνεργατική υλοποίηση ενός χάρτη εννοιών, ενός φύλλου εργασίας).
- Να εμπλέκονται οι επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί σε διαδικασίες αναστοχασμού των διδακτικών τους πρακτικών. Πιστεύουμε ότι όταν οι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να ερευνούν τις δικές τους πρακτικές, καθοδηγούμενοι κατάλληλα, μπορούν να καταλήξουν σε δημιουργικές μετασχηματιστικές διαδικασίες για τις οποίες είναι ενήμεροι και οι οποίες είναι προς όφελος των ίδιων και των μαθητών τους.
- Να δημιουργείται ένα πλαίσιο για επιμόρφωση, μάθηση και από κοινού παραγωγική δραστηριότητα, που είναι βασισμένο στις εμπειρίες και τις ικανότητες των επιμορφούμενων.

Βασικός στόχος και των δυο επιμορφωτικών προγραμμάτων είναι οι εκπαιδευτικοί να εξετάζουν το ρόλο τους στη σχολική τάξη και σταδιακά να επιχειρήσουν αν το κρίνουν απαραίτητο να μετασχηματίσουν τις διδακτικές μεθόδους, διαδικασίες και προσεγγίσεις τους. Πιστεύουμε ότι κάθε διαδικασία για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες θα πρέπει να είναι μια προσπάθεια για σταδιακό μετασχηματισμό των απόψεών τους από παραδοσιακές σε περισσότερο σύγχρονες οπτικές που μεταξύ άλλων μπορεί να αφορούν τη φύση των Φυσικών Επιστημών, τη φύση της μάθησης και τη φύση της διδασκαλίας.

## Τα επιμορφωτικά Αναλυτικά Πρόγραμμα του «The MAP prOject» και του «STeT project»

Τα επιμορφωτικά Αναλυτικά Πρόγραμμα του The MAP prOject και του STeT project βασίζονται στις κοινωνικοεποικοδομτικές και κοινωνικοπολιτισμικές αρχές που συζητήθηκαν σε προηγούμενες ενότητες και ενσωματώνει κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές (π.χ. συζητήσεις - ανυπαράθεση επιχειρημάτων, εργασία σε ομάδες, προσομοιώσεις, ιστορικά κείμενα, πειράματα, δραματοποίηση - παιχνίδι ρόλων, ιστορικές βινιέτες, σχεδιασμός και παρουσίαση αφίσας, συζήτηση πάνω σε κείμενα). Μια σημαντική διάσταση των προγραμμάτων ήταν η επιδίωξή τους για σταδιακή εξοικείωση των επιμορφούμενων με σύγχρονες απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Πιο συγκεκριμένα μέσω των δραστηριοτήτων των προγραμμάτων δίνονταν οι ευκαιρίες στους εκπαιδευτικούς να διερευνήσουν τη φύση των Φυσικών Επιστημών εξετάζοντας:

1. Πώς η γνώση των Φυσικών Επιστημών αναπτύσσεται από επιστήμονες (π.χ. οι επιμορφούμενοι μελετώντας την ανυπαράθεση ανάμεσα στους Galvani και Volta είναι πιθανό, ο καθένας με το δικό του τρόπο, να κατανοήσουν πώς εξελίσσονται οι Φυσικές Επιστήμες),
2. Τις διαδικασίες και τις πρακτικές της επιστημονικής κοινότητας (π.χ. οι επιμορφούμενοι μελετώντας το έργο του Franklin [γράμμα του Franklin στον Colinson], συζητούν για τους τρόπους με τους οποίους οι επιστήμονες επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας ιδέες),
3. Πώς οι Φυσικές Επιστήμες διαμορφώνουν τον κόσμο στον οποίο ζούμε (π.χ. οι επιμορφούμενοι μελετώντας τις ανακαλύψεις του Faraday, θα μπορούσαν να κατανοήσουν τη συμβολή των Φυσικών Επιστημών στην κοινότητα και την αλληλεπίδραση μεταξύ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας),
4. Την ιστορία των Φυσικών Επιστημών (διαδικασίες, γνώσεις, στόχοι),
5. Πώς κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια επηρεάζουν τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων, τις υποθέσεις που υιοθετούν και τις θεωρίες που διατυπώνουν.

Στην ανάπτυξη των επιμορφωτικών προγραμμάτων ακολουθήθηκε η αρχή της ρητής διδασκαλίας ζητημάτων σχετικών με τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Δόθηκε ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να μελετήσουν και να συγκρίνουν απόψεις επιστημόνων, όπως οι Φραγκλίνος, Γκαλβάνι, Βόλτα, αξιοποιώντας αυθεντικά γεγονότα από την ιστορία του ηλεκτρισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού (π.χ. εξέλιξη των απόψεων σχετικά με τα ηλεκτροστατικά φαινόμενα) (STeT project) και οι Αριστοτέλης, Γαλιλαίος, Νεύτωνας και οι κοσμοθεωρίες τους για την πτώση των σωμάτων (The MAP prOject).

Στο πλαίσιο υλοποίησης του “The MAP prOject” που έχει ολοκληρωθεί δημιουργήθηκε μια σειρά οκτώ επιμορφωτικών μαθημάτων που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων φύλλα εργασίας και οδηγίες για τους επιμορφωτές. Οι τίτλοι αυτών των επιμορφωτικών μαθημάτων είναι η ακόλουθοι:

1. Η σταδιακή αλλαγή των απόψεων για τη φύση της μάθησης και της διδασκαλίας,
2. Η σταδιακή αλλαγή των απόψεων για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.

3. Οι απόψεις του Αριστοτέλη για την πώση των σωμάτων.
4. Οι απόψεις του Γαλιλαίου για την πώση των σωμάτων.
5. Η πώση των σωμάτων και η Φύση της Επιστήμης στα κοσμοειδωλα του Αριστοτέλη και του Γαλιλαίου.
6. Οι απόψεις του Νεύτωνα για την πώση των σωμάτων.
7. Σχεδιασμός φύλλου εργασίας για την κίνηση των πλανητών.
8. Ταξίδι στο διάστημα.

Πρόσβαση σε όλο το υλικό του προγράμματος θα βρείτε στην ιστοσελίδα:

[http://www.primedu.uoa.gr/sciedu/TheMAPProjectSite/page/intro\\_00.htm](http://www.primedu.uoa.gr/sciedu/TheMAPProjectSite/page/intro_00.htm)

Στο πλαίσιο υλοποίησης του STeT project που υλοποιείται και αφορά τις ενότητες του ηλεκτρισμού και ηλεκτρομαγνητισμού, το Αναλυτικό Πρόγραμμα αρχικά θα εφαρμοστεί σε πραγματικές επιμορφωτικές συνθήκες και έπειτα θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ηλεκτρονικού επιμορφωτικού υλικού.

Το επιμορφωτικό πρόγραμμα του STeT project περιλαμβάνει τις εξής ενότητες:

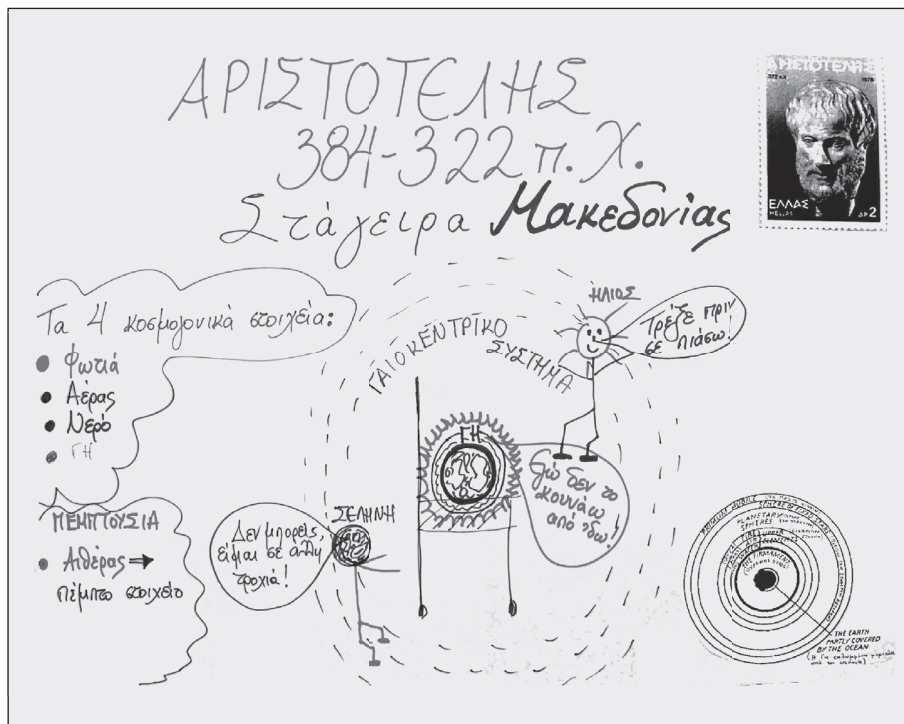
1. Τα πειράματα του Gilbert για τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό: από τους μύθους και τις πλάνες στην καθιέρωση των Φυσικών Επιστημών.
2. Ο ηλεκτρισμός από τον Gilbert στον Franklin: εξερευνώντας τη φύση του ηλεκτρισμού.
3. Από θετικές και αρνητικές φορτίσεις ή από το συν και πλιν στο νόμο της διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.
4. Η αντιπαράθεση ανάμεσα στους Volta και Galvani: από τον ηλεκτρισμό με τη χρήση ζώων στην κατασκευή της μπαταρίας.
5. Το πείραμα του Oersted: από τον ηλεκτρισμό στο μαγνητικό πεδίο.
6. Τα πειράματα του Faraday που οδήγησαν στις ηλεκτρικές μηχανές και στις γεννήτριες: οι ανακαλύψεις που άλλαξαν τη μορφή του κόσμου.

Πρόσβαση σε όλο το υλικό του προγράμματος που βρίσκεται σε εξέλιξη θα βρείτε στην ιστοσελίδα: <http://www.ucy.ac.cy/~seiicase/stet>

## Η εφαρμογή του προγράμματος “The MAP project”

Στο πλαίσιο του προγράμματος “The MAP project” υλοποιήσαμε με επιτυχία στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας δυο επιμορφωτικές δράσεις (δυο ακαδημαϊκά εξάμηνα) στα οποία συμμετείχαν εκπαιδευτικοί που παρακολουθούσαν μαθήματα του Μαράσλειου Διδασκαλείου. Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί αξιολόγησαν πολύ θετικά τις επιμορφωτικές συναντήσεις. Στις συναντήσεις αυτές που ήταν πρακτικού και βιωματικού χαρακτήρα οι εκπαιδευτικοί εργαζόμενοι σε ομάδες παράγαν άφθονο υλικό σχετικό με τη διαδοχή των κοσμοθεωριών για την πώση των σωμάτων και τη φύση των Φυσικών Επιστημών (δέστε ενδεικτικά εικόνα 1). Η συγκριτική θεώρηση των απόψεων του Αριστοτέλη, του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα και η διαφορετική ερμηνεία του φαινομένου της πώσης των σωμάτων προσέφερε τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να προσεγγίσουν το νόημα της φράσης φύση των Φυσικών Επιστημών και διαστάσεις της, όπως η ιδέα της επιστημονικής επανά-

στασης αλλά και οι κοινωνικές και οι ατομικές παράμετροι που μπορεί να εμπλέκονται στις θεωρητικές και πειραματικές εξελίξεις του επιστημονικού πεδίου των.



Εικόνα 1. Παρουσίαση του κοσμολογικού του Αριστοτέλη με τη χρήση αφίσας (ομαδική εργασία).

Τα συμπεράσματα από την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της όλης διαδικασίας του προγράμματος είναι τα ακόλουθα:

- Η παρακολούθηση των προγραμμάτων οδήγησε στον εμπλουτισμό των γνώσεων των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών σχετικά με την ιστορία των Φυσικών Επιστημών και των τρόπων που υλικό σχετικό με αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί στη διδασκαλία του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών.
- Η ενεργός εμπλοκή τους στην επιμορφωτική διαδικασία τους έδωσε τη δυνατότητα να εφαρμόσουν στην πράξη ποικιλία διδακτικών στρατηγικών που αξιοποιούσαν την ιστορία των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία του μαθήματος (παρήγαγαν φύλλα εργασία, αφίσες, εννοιολογικούς χάρτες κλπ.).
- Δόθηκε η δυνατότητα στους επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς να ενημερωθούν και να συζητήσουν για τις απόψεις που γίνεται στις μέρες μας αποδεκτές όχι μόνο για τη φύση των Φυσικών Επιστημών αλλά και για τη φύση της μάθησης και της διδασκαλίας.

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 37, 1057-1095.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The influence of a reflective activity based approach on elementary teachers' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 37(4), 295-317.
- Allchin D. (2000). How Not to Teach History in Science. *Journal of College Science Teaching*, 30: 33-37.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Bell, R. L., Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conceptions of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching* 37, 563-581.
- Bevilaqua, F. & Giannetto, E. (1998). The History of Physics and European Physics Education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, pp. 981-999.
- Bruner, J. (1996). *The culture of education*. Cambridge, Massachusetts, London, England: Harvard University Press.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open University Press, Buckingham England.
- Duffy, T. M., & Cunningham, D. J. (1996). Constructivism: Implications for the design and delivery of instruction. In D. H. Jonassen (Ed.), *Educational communications and technology* (pp. 170-199), New York: Simon & Schuster Macmillan.
- Duschl, R.A. (1994). Research on the History and Philosophy of Science. In D. Gable (eds) *Handbook of research in science teaching* (pp. 443-465), Macmillan, New York.
- Galili I. & Hazan A. (2001). Experts' views on using history and philosophy of science in the practice of physics instruction. *Science and Education*, Volume 10, Number 4, pp. 345-367.
- Hagen, J., Allchin, D., & Singer, F. (1996). *Doing Biology*. New York: Harper Collins.
- Heering, P. (1994). The Replication of the Torsion balance experiment, the inverse square law and its refutation by early 19th-century German physicists. In C. Blondel & M. Dorries (eds.): *Restaging Coulomb*, Florence, Olscki, 47-67.
- Heering P. (2000). Getting Shoks: teaching decondary dchool physics through history. *Science & Education* 9: 363-373.
- Hodson, D. (1988). Towards a philosophically more valid science curriculum. *Science Education* 72(1), 19-40.
- Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: teaching the nature of science in context. *Science Education* 84 (1), 5-26.
- Jenkins, E. (1996). The "nature of science" as a curriculum component. *Journal of*



- Curriculum Studies, 28(2), 137-150.
- Kokkotas P., Piliouras P., Malamitsa K., Vlachos I., Plakitsi K., Maurogiannakis M., Stamoulis E. (2007). Teaching Physics to in-service primary school teachers in the context of the History of Science: the case of the fall of bodies (pp. 97-118). In P. Heering & D. Osewold (eds.): *Constructing Scientific Understanding through Contextual Teaching*, Frank & Timme Publishers, Berlin.
- Κόκκοτας, Π. (2002). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Μέρος ΙΙ. Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (2003). Η φύση της επιστήμης ως παράγοντας διαμόρφωσης των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών (σελ. 87-98). Επιμ. Σκορδούλης Κ. & Χαλκιά Κρ.: Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου που οργάνωσε το ΠΤΔΕ του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών με θέμα: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών», Αθήνα, 8-11 Μαΐου 2003, Εκδόσεις Leader Books.
- Leach, J., Millar, R., Ryder, J. & Séré, M-G. (2000). Epistemological understanding in science learning: the consistency of representations across contexts, *Learning and Instruction*, 10 (6), 497-527.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions about the nature of science: A review of the research, *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In Abell, S. & Lederman, N. (Eds.) *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Lederman, N. G., Wade, P. D. & Bell, R. L. (1998). Assessing understanding of the nature of science: a historical perspective. In McComas, W. (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, Kluwer Academic Publishers, pp. 331-350.
- Lemke, J. L. (2001). Articulating communities: sociocultural perspectives on science education. *Journal of Research in Science Teaching* 38, 296-316.
- Lin Huann-Shyang, Hung Jui-Ying, Hung Su-Chu (2002). Using the history of science to promote students' problem-solving ability. *International Journal of Science Education*, Volume 24, Issue 5 May 2002, pp 453 – 464.
- Masson S. & Vázquez-Abad J. (2006). Integrating History of Science in Science Education through Historical Microworlds to Promote Conceptual Change, *Journal of Science Education and Technology*, Volume 15, Numbers 3-4 / October, 2006, pp. 257-268.
- Matthews, M. (1998). The nature of science and science teaching, In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 981-999), Kluwer Academic Publishers.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge, New York - London.
- Matthews, M. R. (2007). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Ο ρόλος της Ιστορίας και της*

- Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επιμ. Φανή Σέρογλου, Εκδόσεις Επίκεντρο.
- Matthews, M.R., Bevilacqua, F. & Giannetto, E. (eds.) (2001). *Science Education and Culture: The Role of History and Philosophy of Science*. Kluwer Academic Publishers.
- McComas W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The Role And Character of The Nature of Science in Science Education. In W.F. McComas (Ed.), *The Nature Of Science In Science Education. Rationales and Strategies* (pp. 3-39), Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. (1996). Ten myths of science: Reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96, 10-16.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- Nott, M. & Wellington, J. (1998). Eliciting, interpreting and developing teachers' understandings of the nature of science. *Science & Education* 7(6), 579-594.
- Osborne, J., Collins, S., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Riess, F. (1995). Teaching science and the history of science by redoing historical experiments. In Finley et al., Vol. 2, pp. 958-966.
- Rogoff B. (2003). *The cultural nature of human development*. University Press: Oxford, p. 44.
- Rogoff, B., Matusov, E., & White, C. (1996). Models of teaching and learning: Participation in a community of learners. In D. Olson & N. Torrance (Eds.), *Handbook of education and human development: New models of learning, teaching, and schooling*, London: Basil Blackwell.
- Ryan, A. G. & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the Epistemology of science. *Science Education* 76, 559-580.
- Seroglou F., Koumaras P. & Tselfes V. (1998). History of science and instructional design: the case of electromagnetism. *Science and Education* 7, 261-280.
- Seroglou, F. & Koumaras, K. (2001). The contribution of the history of physics in physics education: a review, *Science & Education*, 10(1-2), 153-172.
- Stinner, A., McMillan, B., Metz, D., Jilek, J. & Klassen, S. (2003). The renewal of case studies in science education. *Science & Education* 12 (7), 617–643.
- Valanides, N., & Angeli, C. (2005). *Science Teachers Professional Development*. Proceedings of the Association for the Education of Teachers in Science Annual Conference, Colorado Springs, CO, USA.
- Wells, G. (1999). *Dialogic inquiry: Towards a sociocultural practice and theory of education*. New York: Cambridge University Press.
- Wells G. (2002). Inquiry as an orientation for learning, teaching and teacher education (p. 197-210). In G. Wells and G. Claxton (Eds.): *Learning for Life in the 21st Century: Sociocultural Perspectives on the Future of Education*. London: Blackwell Publishing.

## Παράρτημα

Τα δυο φύλλα εργασίας που ακολουθούν αποτελούν υλικό που περιλαμβάνεται στα αναλυτικά πρόγραμμα των επιμορφωτικών προγραμμάτων “The MAP prOject” και “STeT project”.

### Φύλλο Εργασίας 4 (The MAP prOject)

#### *Η πώση των σωμάτων και η Φύση της Επιστήμης στα κοσμοειδώλα του Αριστοτέλη και του Γαλιλαίου*

1) Τα κείμενα που έχετε στη διάθεσή σας αναφέρονται στο Γαλιλαίο και στη σύγκρουση των απόψεών του με τις θέσεις της Εκκλησίας. Από εσάς ζητείται να τα μελετήσετε προκειμένου να απαντήσετε στο ακόλουθο ερώτημα:

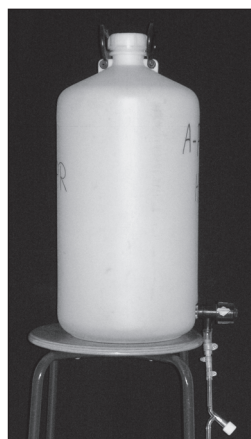
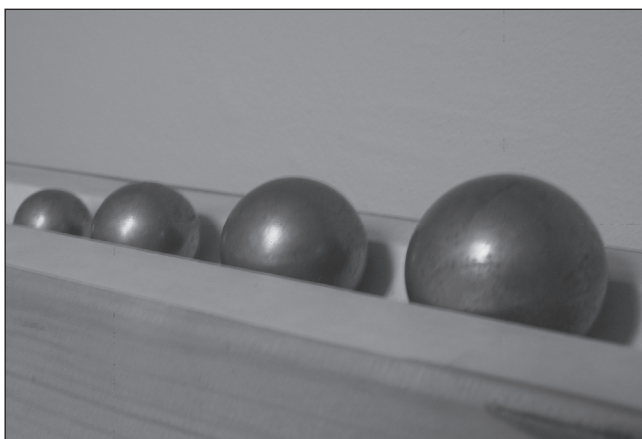
- Πώς το ευρύτερο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο της εποχής του Γαλιλαίου λειτούργησε στην παρουσίαση, στην αποδοχή και στη διάδοση των επιστημονικών απόψεών του;

.....

.....

.....

2) Με βάση το κείμενο που ακολουθεί και τις μελέτες σας (για τον Αριστοτέλη και τον Γαλιλαίο) στις δυο προηγούμενες συναντήσεις συζητήστε πώς η «επιστημονική» προσέγγιση του Γαλιλαίου διαφοροποιείται από αυτή του Αριστοτέλη και τι απόψεις μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι αναδεικνύονται από αυτή τη διαφοροποίηση για τη φύση της Επιστήμης;



*Ξύλινη κατασκευή, όμοια με αυτή που χρησιμοποίησε ο Γαλιλαίος για να μελετήσει την πώση των σωμάτων (perlécia) που κατασκευάστηκε από το Πανεπιστήμιο Oldenburg, συνεργαζόμενο ίδρυμα, στο πρόγραμμα The MAP prOject.*

«... Με τα καλύτερα για την εποχή του όργανα μέτρησης χρόνου, με δυσκολία μπορούσε να μετρήσει χρονικά διαστήματα κλάσματος δευτερολέπτου. Ακόμη, ένα βαρύ αντικείμενο που θα έπεφτε από υψηλότερους προσοιούς σ' αυτόν, πύργους θα εκτελούσε πτώση για χρόνο κάμ περισσότερο από τρία δευτερόλεπτα. Έπρεπε να βρει κάποιον τρόπο να «επιμηκύνει» το χρόνο.

Για να ξεπεράσει τη δυσκολία αυτή, ο Γαλιλαίος επέλεξε να μη μελετήσει αντικείμενα που εκτελούν ελεύθερη πτώση. Αντ' αυτού, έκανε μετρήσεις για μια σφαίρα που κινείται σε κεκλιμένο επίπεδο. Ισχυρίστηκε (χωρίς στην πραγματικότητα να το αποδείξει) ότι αυτό θα «άμβλυνε» την κίνηση (δηλαδή θα μείωνε την επιτάχυνση) χωρίς να αλλάξει ουσιαστικά το χαρακτήρα της.

Χρησιμοποιώντας μια λεία σανίδα με μικρή κλίση και μια αυλάκωση για να οδηγείται η σφαίρα, ο Γαλιλαίος κατόρθωσε να μελετήσει μια κίνηση που ολοκληρωνόταν σε δέκα περίπου δευτερόλεπτα. Ένα δοχείο νερού με μια στρόφιγγα στη βάση του χρησιμοποιήθηκε ως χρονομετρητής. Η σφαίρα αφηνόταν από διάφορες θέσεις κατά μήκος της σανίδας και κατά την κίνησή της η στρόφιγγα ήταν ανοικτή και το νερό έπεφτε σ' ένα κύπελλο. Στη συνέχεια το κύπελλο ζυγίζοταν και το βάρος λαμβανόταν ως ένα μέτρο του χρόνου. Η απόσταση που διανυόταν ήταν ανάλογη προς το τετράγωνο του βάρους του νερού, επιβεβαιώνοντας την πρόβλεψη του Γαλιλαίου...»

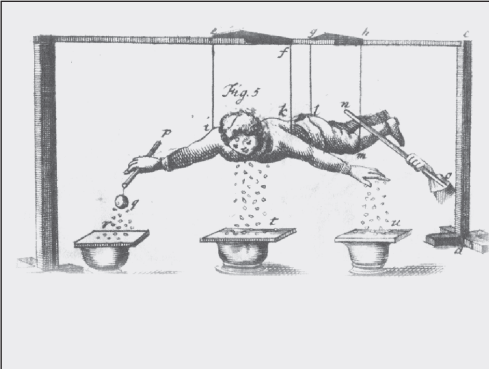
«Φυσική για Ποιητές», Robert March, μεταφρ. Κ. Μεργιά, Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα, σελ. 27-28.

3) Έχετε στη διάθεσή σας μια σειρά απόψεις για τη Φύση της Επιστήμης, που στις μέρες μας γίνονται ευρύτερα αποδεκτές. Με βάση το κοσμοείδωλο του Αριστοτέλη και του Γαλιλαίου για την πτώση των σωμάτων και τις κινήσεις στο Σύμπαν προσπαθήστε να αναζητήσετε συγκεκριμένες απόψεις από τον κατάλογο για τη φύση της Επιστήμης στα δυο κοσμοείδωλα.

4) Οι ομάδες κατασκευάζουν από έναν εννοιολογικό χάρτη με βάση τις εξής φράσεις:

- «Το κοσμοείδωλο του Αριστοτέλη (η πτώση των σωμάτων και η άποψή του για το σύμπαν)»
- «Το κοσμοείδωλο του Γαλιλαίου (η πτώση των σωμάτων και η άποψή του για το σύμπαν)»
- «Τα κοσμοείδωλα για την πτώση των σωμάτων και τη δομή του σύμπαντος στο χρόνο»

## Φύλλο Εργασίας 2 (STeT project) Ο ηλεκτρισμός από τον Gilbert στον Franklin: Εξερευνώντας τη φύση του ηλεκτρισμού



Σήμερα που οι εδραιωμένες με κόπο έννοιες του ατόμου και του ηλεκτρονίου είναι τόσο οικείες στους φυσικούς, στους δασκάλους αλλά και στον ευρύτερο πληθυσμό, είναι εύκολο να σχηματίσει κανείς μια ελλοπτική εικόνα ενός μηχανισμού ο οποίος να εξηγεί τα κύρια φαινόμενα της ηλεκτροστατικής.

Πώς όμως η επιστημονική κοινότητα κατάφερε να φτάσει ως εδώ;

### Δραστηριότητα 1

Μελετάμε το ένθετο 1 και κατασκευάζουμε αφίσα με την ιστορική γραμμή εξέλιξης του τομέα του ηλεκτρισμού από τη δημοσίευση του έργου του Gilbert το 1600 μέχρι το 1790 μ.Χ. (Segre, 2001, σ.131-143).

### Δραστηριότητα 2

Μελετάμε το παρακάτω κείμενο για να απαντήσουμε στα ερωτήματα που ακολουθούν:

«Από τον 17ο αιώνα και μετά, σε απλά πειράματα όπως η ηλεκτρική φόρτιση σωμάτων μέσω τριβής, παρατηρήθηκαν απωστικές δυνάμεις. Χρησιμοποιούμε ακόμα την ορολογία του Φραγκλίνου για να περιγράψουμε τις κυριότερες παρατηρήσεις:

α) Όταν δυο διαφορετικά σώματα, όπως μια γυάλινη ράβδος και ένα μεταξωτό ύφασμα, τριβονται μεταξύ τους, αρχίζουν να έλκονται με μια νέα δύναμη που δεν σχετίζεται με τη βαρύτητα, κι αυτό επειδή έχουν αποκτήσει ετερόνυμα ηλεκτρικά φορτία. Ονομάζουμε συμβατικά το φορτίο της γυάλινης ράβδου θετικό (+) και του υφάσματος αρνητικό (-). Σημειώστε ότι η παρατηρούμενη έλξη καθορίζει δύο πράγματα: ότι φορτία είναι παρόντα και ότι τα φορτία είναι διαφορετικού είδους.

β) Δύο γυάλινες ράβδοι που τριβονται διαδοχικά με μεταξωτό ύφασμα φορτίζονται, αλλά απωθούν η μία την άλλη. Σημειώνουμε ότι τα θετικά φορτία απωθούνται.

γ) Μια ράβδος από ρητίνη (ή ήλεκτρο, καουτσούκ κ.λπ.) που τριβεται με μεταξωτό ύφασμα φορτίζεται επίσης, όπως προκύπτει από την εμφάνιση ελκτικής δύναμης μεταξύ της ράβδου και του υφάσματος. Αλλά η φορτισμένη ράβδος από ρητίνη έλκει επίσης τη φορτισμένη γυάλινη ράβδο\* αποδίδουμε λοιπόν αρνητικό πρόσημο στα φορτία της ράβδου ρητίνης.

δ) Τέλος, δύο ράβδοι από ρητίνη που φορτίζονται με τον ίδιο τρόπο απωθούνται\* συμπεραίνουμε λοιπόν ότι τα αρνητικά φορτία απωθούνται <sup>1</sup>.

Περαιτέρω πειράματα με ανάλογους συνδυασμούς δείχνουν ότι δεν παρατηρείται καμία περίπτωση στην οποία το ύφασμα να απωθείται από το υλικό το οποίο έχει φορτίσει μέσω τριβής. Επιπλέον, δεν παρατηρούνται περιπτώσεις στις οποίες ένα φορτισμένο σώμα να έλκεται (ή να απωθείται) και από θετικά και από αρνητικά φορτία. Όλες αυτές οι παρατηρήσεις μπορούν να συνοψιστούν, επομένως, στις ακόλουθες υποθέσεις (και η λογική συναγωγή τους από τα παραπάνω πειράματα αποτελεί μια χρήσιμη άσκηση ευκρινούς σκέψης).

α) Δύο ουδέτερα σώματα μπορούν να αλληλοφορτισθούν μέσω τριβής, αλλά μόνο με ετερόνυμα φορτία.

β) Υπάρχουν μόνο δύο είδη φορτίων τα οποία αλληλεπιδρούν, τα θετικά και τα αρνητικά. Τα θετικά φορτία παρουσιάζονται στο γυαλί όταν αυτό τριφτεί με μεταξι (ορισμός του θετικού φορτίου) τα αρνητικά φορτία παρουσιάζονται στη ρητίνη όταν τριφτεί με μεταξι ή, για καλύτερα αποτελέσματα, με γούνα (ορισμός του αρνητικού φορτίου).

Κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες, κάθε αντικείμενο μπορεί να φορτισθεί μέσω τριβής με το κατάλληλο ύφασμα τα φορτία που δημιουργούνται είναι πάντα θετικά ή αρνητικά και ποτέ ενός τρίτου είδους.» (Holton & Brush, 2002)

**Ερώτημα 1:** Πώς θα επιδρούσε ένα μεταξωτό ύφασμα το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για τη φόρτιση μιας γυάλινης ράβδου σε ένα άλλο μεταξωτό ύφασμα το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για τη φόρτιση μιας λασιχένιας ράβδου; Μπορείτε να προβλέψετε τι θα συμβεί αν τρίψετε ένα μεταξωτό ύφασμα με ένα άλλο μεταξωτό ύφασμα; Αν τρίψετε μεταξι με γούνα; (Holton & Brush, 2002)

.....

.....

.....

**Ερώτημα 2:** Αν και τέτοια φορτία δεν απαντώνται στη φύση, η ύπαρξη φορτίων που δεν θα ήταν ούτε θετικά ούτε αρνητικά δεν είναι λογικά αδύνατη. Περιγράψτε τις ιδιότητες που θα είχαν τέτοια είδη φορτίων, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσατε να διαπιστώσετε την ύπαρξη φορτίων διαφορετικών και από τα θετικά και από τα αρνητικά. (Holton & Brush, 2002)

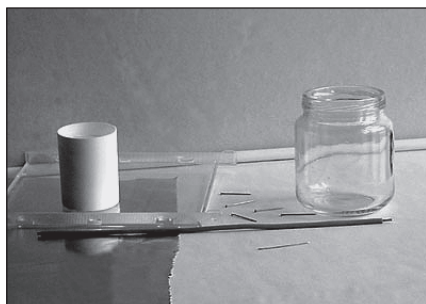
.....

.....

.....

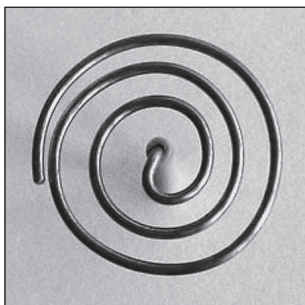
<sup>1</sup> Η υπόθεση ότι τα αρνητικά φορτία απωθούνται δεν αποτελούσε μέρος της αρχικής θεωρίας του Φραγκλίνου, αλλά προστέθηκε από τον Γερμανό φυσικό Φραντς Αιπίνους (Franz Aepinus) στη συστηματική πραγματεία του περί ηλεκτρισμού που δημοσιεύθηκε στα 1759

### Δραστηριότητα 3 Κατασκευή ηλεκτροσκόπιου



Υλικά που είναι απαραίτητα για την κατασκευή ενός απλού ηλεκτροσκόπιου:

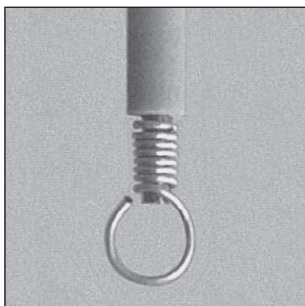
- Ένα βάζο
- Αλουμινόχαρτο
- Καλώδιο (γυμνό) 30 εκ.
- Πλαστικός δίσκος (π.χ. cd-rom)
- Πλαστελίνη
- Πλαστικός σωλήνας (ή καλαμάκι)



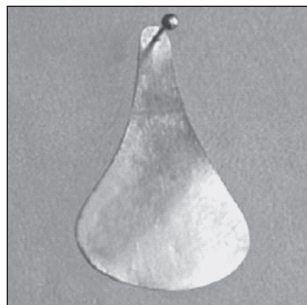
Τυλίγουμε το ένα άκρο του καλωδίου σε ελικοειδές σχήμα όπως φαίνεται στην εικόνα, σε μήκος 12 εκ. περίπου.



Περνάμε το καλώδιο μέσα από τον πλαστικό σωλήνα ή από το καλαμάκι και το στερεώνουμε στον πλαστικό δίσκο με πλαστελίνη.



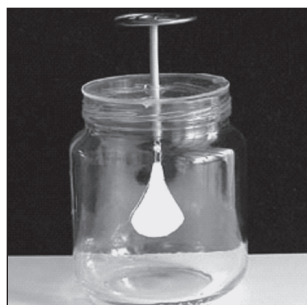
Γυρίζουμε το άλλο άκρο του καλωδίου ώστε να σχηματιστεί ένα άγκιστρο



Κόβουμε δύο μικρά κομμάτια από το αλουμινόχαρτο σε σχήμα αχλαδιού.



Κρεμάμε τα φύλλα του αλουμινόχαρτου από το άγκιστρο. Τοποθετούμε το καλώδιο πάνω στο βάζο έτσι ώστε τα φύλλα αλουμινίου να είναι μέσα στο βάζο.



Το ηλεκτροσκόπιο είναι έτοιμο.



# Η ανάλυση των δασκαλομαθητικών διαλόγων στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών ως αναστοχαστικό εργαλείο για τον εντοπισμό των συνοδευτικών νοημάτων που «επικοινωνούνται» για τη φύση των Φυσικών Επιστημών

**Παναγιώτης Πήλιουρας & Παναγιώτης Κόκκοτας**

*Πανεπιστήμιο Αθηνών*

---

## **Φύση των Φυσικών Επιστημών και επιστημονικός εγγραμματισμός**

Ο όρος «επιστημονικός αλφαριθμητισμός ή γραμματισμός/εγγραμματισμός» (scientific literacy) έχει χρησιμοποιηθεί ως ένα γενικό πλαίσιο συζήτησης για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) από τις αρχές του 1980 (π.χ. AAAS 1993, NRC 1996). Μεγάλες συζητήσεις και αντιπαραθέσεις έχουν αναπτυχθεί για το νόημα της φράσης, αλλά επίσης έχουν εξευρεθεί και κάποια κοινά χαρακτηριστικά της στα οποία υπάρχει ευρύτερη συμφωνία. Μεταξύ αυτών είναι και η αναγκαιότητα διδασκόντες και μαθητές να έχουν έναν ορισμένο βαθμό «ανάλογα με την ηλικία» κατανόησης της φύσης των Φυσικών Επιστημών και επίσης εκτίμηση της συνεισφοράς της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΦΕ). Η κατανόηση της φύσης των Φυσικών Επιστημών έχει υπάρξει ως στόχος της εκπαίδευσης στις ΦΕ τουλάχιστον από την πρώτη δεκαετία του 20ου αιώνα (Lederman 2007).

Στις μέρες μας ένας μεγάλος αριθμός ερευνητών και εκπαιδευτικών συμφωνούν ότι ένας βασικός σκοπός της εκπαίδευσης είναι οι μαθητές να βοηθηθούν ώστε να αναπτύξουν καλά πληροφορημένες απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών (π.χ. McComas 2005, Lederman 2007). Επίσης, γίνεται ευρέως αποδεκτό ότι η γνώση της φύσης των Φυσικών Επιστημών δεν περιλαμβάνει μόνο τη γνώση των επιστημονικών γεγονότων και των θεωριών αλλά και τη γνώση των διαδικασιών της επιστήμης και την επιστημική τους βάση (Osborn et al. 2003, Matthews 1994). Ο Matthews (1994) σημειώνει ότι το δεύτερο από τα

παραπάνω είναι μια διάσταση που δεν λαμβάνεται υπόψη στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες.

Οι Driver et al. (1996) παραθέτουν πέντε βασικά επιχειρήματα για να τεκμηριώσουν γιατί η κατανόηση της Φύσης των Φυσικών Επιστημών είναι θεμελιώδες χαρακτηριστικό ενός επιστημονικά εγγράμματος πολίτη.

- *Πρακτική διάσταση (utilitarian)*: η κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης είναι απαραίτητη για κατανόηση με νόημα των Φυσικών Επιστημών, του χειρισμού των τεχνολογικών συσκευών και των διαδικασιών της καθημερινής ζωής.
- *Δημοκρατική διάσταση (democratic)*: είναι αναγκαία για καλά μελετημένες επιλογές στη λήψη αποφάσεων σε κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα.
- *Πολιτισμική διάσταση (cultural)*: είναι απαραίτητη για την εκτίμηση της συνεισφοράς της επιστήμης ως αναπόσπαστο κομμάτι του πολιτισμού.
- *Ηθική διάσταση (moral)*: βοηθά στην κατανόηση των ηθικών κανόνων που ακολουθεί η επιστημονική κοινότητα και είναι επιθυμητό να αποτελούν και κανόνες της κοινωνίας.
- *Μαθησιακή διάσταση (science learning)*: διευκολύνει τη μάθηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών.

## Προσεγγίζοντας το νόημα της φράσης «Φύση των Φυσικών Επιστημών»

Η φράση «Φύση των Φυσικών Επιστημών» («Nature of Science-NOS» στη βιβλιογραφία συναντάται και με τους ορούς «Nature of Sciences» και «ideas-about-science»). Σύμφωνα με τους McComas et al. (1998) η φύση των Φυσικών Επιστημών είναι ένα γόνιμο πεδίο το οποίο συνδυάζει θεωρήσεις διαφόρων κοινωνικών μελετών των Φυσικών Επιστημών, όπως η Ιστορία, η Κοινωνιολογία, η Ανθρωπολογία και η Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών, που συσχετιζόμενο με έρευνες άλλων επιστημών, όπως η Ψυχολογία, η Σημειολογία κ.ά. αποφέρει μια δέσμη θέσεων και υποθέσεων για ζητήματα και ερωτήματα όπως: Τι είναι Φυσικές Επιστήμες; Πώς λειτουργούν; Πώς οι επιστημονική κοινότητα καταλήγει σε μια αποδεκτή άποψη; Ενώ, σύμφωνα με τον Lederman (1992), η φράση φύση των Φυσικών Επιστημών τυπικά αναφέρεται στην επιστημολογία και στην κοινωνιολογία των Φυσικών Επιστημών, στις Φυσικές Επιστήμες ως τρόπου γιγνώσκειν και στις εγγενείς αξίες και στα πιστεύω που χαρακτηρίζουν την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης. Υποστηρίζεται ότι μια σύγχρονη αποδεκτή άποψη για αυτό το θέμα είναι ότι «οι Φυσικές Επιστήμες είναι ένα πεδίο δυναμικό, μεταβαλλόμενο και διερευνητικό και δεν είναι μια απλή, στατική συλλογή γεγονότων. Δε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η σύγχρονη επιστημονική γνώση είναι ολοκληρωμένη και τελεσιδική» (Bell, Lederman & Abd-El-Khalick 2000).

Φιλόσοφοι, ιστορικοί, επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών και ερευνητές των Φυσικών Επιστημών συμφωνούν πως δεν υπάρχει μια κοινά αποδεκτή άποψη για την εικόνα της επιστημονικής έρευνας και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (π.χ. Duschl 1994).

Παρόλα αυτά, στις μέρες μας στατικές και μονολιθικές θέσεις σχετικά με τη φύση των Φυσικών Επιστημών θεωρούνται προβληματικές. Η υπόθεση ότι η επιστημονική παράδοση χαρακτηρίζεται από μια διαρκή αναζήτηση της αλήθειας σχετικά με τον κόσμο, αλήθειας που αποτελεί προϊόν του ατομικού νου, η λογική της λήψης αποφάσεων που βασίζονται αποκλειστικά σε εμπειρικά δεδομένα, η αντικειμενικότητα, η ουδετερότητα και πολιτισμική παγκοσμιότητα, όλα τα παραπάνω βρίσκονται υπό αμφισβήτηση από πολιτισμικούς ιστορικούς της Επιστήμης, από κοινωνιολόγους της επιστήμης, από πολιτισμικούς ανθρωπολόγους και φιλοσόφους όπως οι Kuhn και Feyerabend (π.χ. Matthews 1998, Lemke 2001). Ο Lemke (2001) υποστηρίζει ότι «οι ιστορικοί, οι κοινωνιολόγοι και όσοι ασχολούνται με την πολιτισμική ανθρωπολογία συγκλίνουν όλο και περισσότερο στο ότι οι Φυσικές Επιστήμες πρέπει να γίνουν κατανοητές ως ανθρώπινη κυρίως δραστηριότητα της οποίας το επίκεντρο του ενδιαφέροντος και οι θεωρητικές της τάσεις σε κάθε ιστορική περίοδο ήταν και είναι μέρος των κυρίαρχων πολιτισμικών και πολιτικών ζητημάτων της εποχής τους». Αυτό δεν σημαίνει βέβαια πως δεν υπάρχουν φιλόσοφοι όπως οι Laudan, Goldman, Kitcher, Brown οι οποίοι ασκούν κριτική σε αυτές τις θέσεις χαρακτηρίζοντάς τις μη ορθολογιστικές και μη ρεαλιστικές (Matthews 1998).

Ο Lederman (1998) υποστηρίζει ότι πολλές από τις διαφωνίες φιλοσόφων, ιστορικών και εκπαιδευτικών των Φυσικών Επιστημών είναι μη οχευόμενες με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο. Κι αυτό γιατί όπως υποστηρίζει υπάρχει ένα αποδεχτό από όλους επίπεδο γενικότητας -σε αυτό το επίπεδο μικρές διαφωνίες υπάρχουν- που είναι κατάλληλο για πρόσβαση σε μαθητές που διδάσκονται μαθήματα Φυσικών Επιστημών. Σύμφωνα με τον ίδιο, μεταξύ των χαρακτηριστικών της Επιστήμης που υπάρχει συμφωνία είναι ότι η Επιστήμη είναι δυναμική, βασίζεται σε εμπειρικά στοιχεία, είναι υποκειμενική/βασίζεται σε θεωρητικά πιστεύω, εμπεριέχει τις διαδικασίες του συμπερασμού, της φαντασίας και της δημιουργικότητας και είναι κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσιοθετημένη. Δυο επιπλέον σημαντικές όψεις της είναι η διάκριση παρατήρησης και συμπεράσματος και η σχέση μεταξύ των επιστημονικών θεωριών και των νόμων.

Είναι σημαντικό ότι τα τελευταία χρόνια μια σειρά από ερευνητές (Osborne et al. 2003, McComas 2005, Lederman et al. 2002, McComas et al. 1998) έχουν διατυπώσει μια σειρά θέσεων -όχι πάντως συγκλινουσών πάντοτε- για τη φύση των Φυσικών Επιστημών κατάλληλων για την πραγμάτευσή τους στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Κάποιες από αυτές που αναφέρει ο McComas (2005) είναι:

- Η επιστημονική γνώση απαιτεί και βασίζεται σε εμπειρικά αποδεικτικά στοιχεία.
- Η παραγωγή της γνώσης στην Επιστήμη χαρακτηρίζεται από ορισμένα στοιχεία και συνθήκες, όπως η κριτική στάση στα γεγονότα, η συσχέτιση των δεδομένων και η ακριβής μεθοδολογία, η τήρηση των κανόνων δεοντολογίας.
- Η επιστημονική γνώση είναι δυναμική, έχει διάρκεια και ακολουθεί πορεία αυτοδιόρθωσης.
- Υπάρχουν ιστορικές, πολιτισμικές και κοινωνικές επιδράσεις στις πρακτικές και στις κατευθύνσεις που ακολουθεί η Επιστήμη.

Εκτός των Lederman et al. (2002) και McComas (2005) μια πλήρη δέσμη ιδεών για τις

Φυσικές Επιστήμες (ideas-about-science) - που καταρτίστηκε με βάση τη διατύπωση απόψεων ειδικών για το θέμα- έχουν διατυπώσει και οι Osborne et al. (2003), αλλά η έκταση της εργασίας δεν επιτρέπει την αναλυτική παρουσίασή τους.

Κατά την άποψή μας η δέσμη των θέσεων που έχουν διατυπώσει ο McComas και ο Lederman μπορεί να αποτελέσουν ένα επαρκές πλαίσιο για την επιμόρφωση εκπαιδευτικών της Α΄/θμιας εκπαίδευσης.

## Η Φύση των Φυσικών Επιστημών και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών

Τα αποτελέσματα των ερευνών των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη φύση των Φυσικών Επιστημών από τη μια και η αναγκαιότητα διδασκαλίας διαστάσεων της φύσης των Φυσικών Επιστημών ως ένα από τα βασικά συστατικά του επιστημονικού αλφαριθμητισμού από την άλλη, έχουν οδηγήσει ώστε η διδασκαλία της φύσης των Φυσικών Επιστημών τόσο στο επίπεδο του σχολείου, όσο και στο επίπεδο της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών, να έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας ως μια αναντίρρητη αναγκαιότητα (π.χ. Matthews 1998, McComas et al. 1998, Abd-El-Khalick & Lederman 2000, Driver et al. 1996).

Δύο υποθέσεις φαίνεται να κυριαρχούν στην έρευνα που σχετίζεται με τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη φύση των Φυσικών Επιστημών, όπως υποστηρίζει ο Lederman (1992): *«η μια δέχεται ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη φύση των Φυσικών Επιστημών σχετίζονται άμεσα με τις απόψεις που δημιουργούν οι μαθητές για αυτή και η δεύτερη ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών επηρεάζουν καθοριστικά τις πρακτικές του μαθήματος των ΦΕ»*. Ότι από τα δύο κι αν συμβαίνει είναι γεγονός ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη φύση των Φυσικών Επιστημών έχουν σημαντική επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών τους, μεταξύ των οποίων είναι και οικειοποίηση συγκεκριμένων απόψεων για αυτές.

Έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για το μετασχηματισμό των απόψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση σχετικών προσπαθειών αποτελεί η εργασία των Abd-El-Khalick και Lederman (2000). Οι περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες υιοθετούν την προοπτική της εννοιολογικής αλλαγής με στόχο να βελτιώσουν τις απόψεις εν ενεργεία και μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη φύση των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Abd-El-Khalick & Akerson 2004) και αξιοποιούν γεγονότα της ΙΦΦΕ για να αναδείξουν, ερμηνεύσουν και αναπτύξουν την κατανόηση των εκπαιδευτικών σχετικά με τη φύση των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Nott & Wellington 1998, Abd-El-Khalick & Lederman 2000). Άλλες ερευνητικές προσπάθειες έχουν ακολουθήσει μια ρητή, αναστοχαστική προσέγγιση (explicit, reflective-based approach) για να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να αναπτύξουν πιο συμβατές με τις επιθυμητές για τη φύση των Φυσικών Επιστημών απόψεις (π.χ. Schwartz et al. 2004). Σύμφωνα με τους Abd-El-Khalick και Lederman (2000) αυτές οι επιμορφωτικές προσπάθειες

μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο διακριτές κατηγορίες:

- *Υπόρρητες προσπάθειες (implicit attempts)*, που υιοθετούν τις επιμορφωτικές στρατηγικές της ανάπτυξης επιστημονικών δεξιοτήτων ή της ενασχόλησης και εμπλοκής με διερευνητικές επιστημονικές δραστηριότητες με στόχο να βελτιώσουν τις απόψεις των επιμορφούμενων για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.
- *Ρητές προσπάθειες (explicit attempts)* για την επίτευξη του ίδιου στόχου, που εστιάζουν όμως στην άμεση διδασκαλία όψεων της φύσης των Φυσικών Επιστημών και/ή υιοθετούν προσεγγίσεις που αξιοποιούν στοιχεία από την ΙΦΦΕ.

Η ανασκόπηση της ερευνών έδειξε ότι οι ρητές προσπάθειες ήταν σχετικά πιο αποτελεσματικές στη βελτίωση των απόψεων των εκπαιδευτικών γιατί καθιστούσαν τους εκπαιδευτικούς ενήμερους για τις απόψεις τους (Abd-El-Khalick & Lederman 2000).

Στη συνέχεια τεκμηριώνεται θεωρητικά και εμπειρικά (μέσω της μελέτης περίπτωσης ενός διδάσκοντος) πώς η χρήση και η αξιοποίηση μιας ρητής στρατηγικής, της ανάλυσης λόγου από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, ως αναστοχαστικό εργαλείο των νοημάτων που «επικοινωνούνται» σχετικά με διαστάσεις της φύσης των Φυσικών Επιστημών, μπορεί να οδηγήσει στη σταδιακή χρήση εναλλακτικών τρόπων επικοινωνιακών δράσεων που πιθανόν να «δημιουργούν» πιο επιθυμητά νοήματα κατά τη διάρκεια του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών.

## Η ανάλυση λόγου ως ερευνητικό και επιμορφωτικό εργαλείο

Η μελέτη του λόγου, βασισμένη σε κοινωνικοπολιτισμικές παραδοχές, έχει γίνει σταδιακά ένας σημαντικός θεωρητικός προσανατολισμός πολλών ερευνητών που ασχολούνται με τη μελέτη μαθησιακών διαδικασιών σε διάφορα κοινωνικά πλαίσια (π.χ. Lemke 1995, Wertsch & Toma 1995, Hicks 1996, Gee 1999). Στις μέρες μας δίνεται όλο και περισσότερο σημασία στην επικοινωνιακή διάσταση των λόγων δασκάλων και μαθητών και έχουν αναπτυχθεί ερευνητικές (με βασικότερη την ανάλυση λόγου) και παιδαγωγικές προσεγγίσεις προσανατολισμένες στο λόγο και τη συνεργασία (π.χ. Mortimer & Scott 2003, Wells 1999). Οι προσεγγίσεις αυτές μελετούν τους λόγους δασκάλων και μαθητών, για να διαμορφώσουν άποψη εάν αυτοί «θέτουν εμπόδια» ή «διευκολύνουν» τη μαθησιακή διαδικασία και εάν βοηθούν στη δημιουργία επιθυμητών συνεργατικών διερευνητικών συνθηκών, όπως επίσης και στη συνεργατική διερεύνηση προβλημάτων/ερωτημάτων. Σύμφωνα με τον Luke (1995) με την ανάλυση λόγου εξετάζουμε πώς οι κοινωνικές σχέσεις, η ταυτότητα, η γνώση και η δύναμη οικοδομούνται σε γραπτά και προφορικά κείμενα μέσα σε κοινότητες. Η αναγκαιότητα της έχει έμμεσα ή άμεσα προταθεί από αρκετούς θεωρητικούς και ερευνητές. Ο Wertsch (1991, σελ. 126) θεωρεί τον ενουνειδίο στοχασμό ως ένα σημαντικό στοιχείο της ανάπτυξης μέσω διαμεσολαβημένης δράσης. Επίσης αναφέρει ότι τα «διαμεσολαβητικά εργαλεία», όπως η γλώσσα, συχνά χρησιμοποιούνται με μικρή ή καθόλου συναίσθηση. Στην πραγματικότητα, είναι όταν κάποιος έρθει αντιμέτωπος με ένα αντίστοιχο παράδειγμα, που θα μπορέσει να γίνει ενήμερος για εναλλακτικούς τρόπους συμπεριφοράς. Ενώ οι Burbules και

Bruce (2001) υποστηρίζουν ότι όσο περισσότερο κάποιος αξιοποιεί την ανάλυση λόγου τόσο περισσότερο καταλαβαίνει ότι οι πιθανότητες διαμόρφωσης πιο επιθυμητών μαθησιακών πρακτικών στις σχολικές τάξεις, ανάλογα και με το πλαίσιο που υιοθετείται, αυξάνονται.

Στο πλαίσιο μιας συνεργατική έρευνας δράσης που έχει ολοκληρωθεί (Πήλιουρας 2006) επικεντρώσαμε τη μελέτη μας στην ανάλυση δασκαλομαθητικών και διαμαθητικών λόγων - ένα μικρό κομμάτι αυτής της έρευνας αφορούσε την ανάδειξη μέσω της ανάλυσης λόγου των συνοδευτικών νοημάτων που «επικοινωνούνταν» σχετικά με τη φύση των Φυσικών Επιστημών- και επιδιώξαμε όπου το κρίναμε αναγκαίο στο σταδιακό μετασχηματισμό τους. Στην έρευνά μας κάναμε πράξη την προσανατολισμένη στην ανάλυση λόγου παραδοχή ότι ο κριτικός αναστοχασμός των τρόπων που διαμορφώνουμε νοήματα μπορεί να μας δώσει τη δυνατότητα να εξετάσουμε και να αναζητήσουμε πιθανούς εναλλακτικούς τρόπους επικοινωνιακών δράσεων κατά τη διάρκεια του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών (Lemke 1995, Gee & Green 1998). Όπως διαπιστώσαμε από κοινού με τους δασκάλους-ερευνητές, η διαδικασία αυτή αποτέλεσε μια επίπονη αλλά αποτελεσματική αναστοχαστική επιμορφωτική διαδικασία.

## **Ανάλυση λόγου και συνοδευτικά νοήματα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών**

Τα σχολικά βιβλία των Φυσικών Επιστημών, οι δάσκαλοι αλλά και οι τάξεις διδάσκουν πολύ περισσότερα από ότι για το νόημα εννοιών, αρχών, νόμων και θεωριών (Rutherford 1998). Τα περισσότερα μάλιστα από αυτά τα νοήματα διδάσκονται με ένα διαφορετικό τρόπο, αφού συνήθως υπονοούνται και δεν εκθέτονται ξεκάθαρα (Roberts & Ostman 1998, p. ix). Οι Roberts και Ostman (1998) χρησιμοποιούν τον όρο συνοδευτικά νοήματα (companion meanings) για να περιγράψουν τα νοήματα που δημιουργούνται σχετικά με το ποιος έχει τη δύναμη και την αυθεντία, όπως και τι και ποιου είδους γνώση αξίζει κανείς να γνωρίζει στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Τα συνοδευτικά νοήματα άλλοτε συμπληρώνουν και ενισχύουν και άλλοτε αντιστρατεύονται και υπονομεύουν το επίσημο Αναλυτικό Πρόγραμμα. Τα νοήματα αυτά άλλοτε είναι σαφή, ενώ άλλες φορές δεν εκφράζονται άμεσα αλλά υπονοούνται. Παρόλα αυτά είναι καθοριστικά για το είδος της μάθησης που θα αποκομίσουν οι μαθητές αλλά και την αντίληψη και τις στάσεις που διαμορφώνουν οι μαθητές για τις Φυσικές Επιστήμες και τη σημασία τους, δηλαδή για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.

Όπως αναφέρει ο Ostman (1998), μια σημαντική κατηγορία συνοδευτικών νοημάτων είναι αυτά που επικοινωνούνται μέσω των επικοινωνιακών δράσεων διδασκόντων και μαθητών. Ο Gee (1999) υποστηρίζει ότι στα πλαίσια των διαλογικών πρακτικών λαμβάνουν χώρα αλληλεπιδράσεις που χαρακτηρίζονται από τη δημιουργία νοημάτων που αφορούν σκοπούς, αξίες, πιστεύω και ιδέες, κανόνες, συνήθειες και συμβάσεις, πρότυπα κοινωνικών σχέσεων και συμπεριφορών κ.λπ. Σύμφωνα με τις κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις οι πρακτικές λόγου στις οποίες μετέχουν οι μαθητές στο μάθημα των Φυσικών Επιστη-

μών είναι καθοριστικές για τη φύση των Φυσικών Επιστημών που θα οικειοποιηθούν (π.χ. Lemke 1995, Gee & Green 1998). Με βάση αυτή την παραδοχή η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες μπορεί να θεωρηθεί ως μια διαδικασία έκθεσης αλλά και εμπλοκής σε πλούτο συνοδευτικών νοημάτων σχετικά με διάφορες όψεις της μαθησιακής διαδικασίας, όπως απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών, για τη φύση της μάθησης και της διδασκαλίας για τη φύση της γλώσσας των Φυσικών Επιστημών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι πάντα κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας «επικοινωνούνται» νοήματα από τους λόγους του διδάσκοντα είτε ο ίδιος είναι ενήμερος είτε όχι. Μερικές φορές, αυτά τα μηνύματα είναι περισσότερο σαφή, ενώ άλλες φορές τα μηνύματα αυτά δεν εκφράζονται άμεσα αλλά υπονοούνται» (Sjøberg 1995). Παρόλα αυτά είναι καθοριστικά για την αντίληψη και τις στάσεις που διαμορφώνουν οι μαθητές για τις Φυσικές Επιστήμες και τη σημασία τους. Έτσι συγκεκριμένες όψεις της φύσης των Φυσικών Επιστημών παρουσιάζονται ως προνομιακές, ενώ άλλες αποκλείονται, υποκρύπτονται ή δεν αναδεικνύονται λόγω άγνοιας της σημασίας τους για αποτελεσματικότερες μαθησιακές διαδικασίες. Παραδείγματος χάριν, πόσο ενημερωμένοι είναι οι διδάσκοντες για τη φύση επιστημονικής διαδικασίας της μέτρησης για να δώσουν τη δυνατότητα στους μαθητές τους να εμπλακούν σε δραστηριότητες και συζητήσεις σχετικές με αυτή;

### **Προβλήματα με τα συνοδευτικά νοήματα που «επικοινωνούνται» για τη φύση των Φυσικών Επιστημών από τους λόγους του δασκάλου**

Οι έρευνες δείχνουν δυσκολίες κατανόησης από τους μαθητές των εννοιών των Φυσικών Επιστημών αλλά και της επιθυμητής φύσης των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Driver et al. 1996, Lederman 1992, Αποστόλου & Κουλαϊδής 2007). Ακόμα και στις μέρες μας το μάθημα των Φυσικών επιστημών θεωρείται δύσκολο από τους μαθητές και καθόλου ελκυστικό ιδιαίτερα για τους μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (e.g. Fensham 2002, Hurd 1997). Μελέτες έχουν δείξει ότι οι απόψεις μαθητών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τη φύση των Φυσικών Επιστημών δεν είναι συμβατές με τις τρέχουσες αποδεκτές απόψεις για αυτή (π.χ. Lederman 1992, Driver et al. 1996, Leach et al. 2000, Lederman et al. 1998, Akerson et al. 2000). Οι Bartholomew et al. (2004) αναφέρουν: «...ακόμα μια βασική δυσκολία που αναδεικνύεται από πολλούς ερευνητές είναι ότι πολλοί διδάσκοντες του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών είναι οι ίδιοι «προϊόντα» μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας που σε μεγάλο βαθμό αγνοούσε τη σημασία ενός βασικού σκοπού της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών που είναι η διδασκαλία της ίδιας τους της φύσης...». Ο Lemke (1990, σελ. 129-30) χαρακτηριστικά αναφέρει: «Πώς η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών καταφέρνει να αποξενώσει τόσους πολλούς μαθητές από τις Φυσικές Επιστήμες; ...Αυτό οφείλεται σε μια συγκεκριμένη αιτία. Η γλώσσα που μιλιέται στις τάξεις των Φυσικών Επιστημών δημιουργεί τη διαβρωτική και εσφαλμένη αντίθεση μεταξύ ενός κόσμου αντικειμενικών, εξουσιαστικών, απρόσωπων επιστημονικών γεγονότων και έναν κανονικό, προσωπικό κόσμο

ανθρώπινων αβειοτήτων, κρίσεων, αξιών και ενδιαφερόντων». Ενώ ο Taylor (1994) υποστηρίζει πως οι διδάσκοντες των Φυσικών Επιστημών έχουν γενικά εισαχθεί στον «ηγεμονικό» λόγο της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών και δεν έχουν τους πολιτισμικούς πόρους ή την κοινωνική υποστήριξη να θέσουν διαφορετικά σε εφαρμογή ένα Αναλυτικό Πρόγραμμα (για παράδειγμα, να «επικοινωνήσουν» στον επιθυμητό βαθμό τις σύγχρονες απόψεις που γίνονται αποδεκτές για τη φύση των Φυσικών Επιστημών).

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι ένας από τους καθοριστικότερους παράγοντες στη διαμόρφωση συνοδευτικών νοημάτων που οικειοποιούνται οι μαθητές μέσω των επικοινωνιακών δράσεων που λαμβάνουν χώρα στις τάξεις των Φυσικών Επιστημών είναι οι στάσεις, οι αντιλήψεις και οι γνώσεις των ίδιων των εκπαιδευτικών. Οι εκπαιδευτικοί δεν διαμεσολαβούν απλά μεταξύ του Αναλυτικού Προγράμματος και των μαθητών. Είναι αυτό που σκέφτονται, πιστεύουν και πράττουν οι εκπαιδευτικοί στο επίπεδο της αίθουσας, που διαμορφώνει τελικά το είδος μάθησης που λαμβάνουν οι μαθητές (Hargreaves, 1995).

### **Μελέτη περίπτωσης: Από το «Θα επικοινωνήσουμε λίγο;» στο «Για να φτιάσω στη λύση ενός προβλήματος... ούτε υπάρχει ένας μόνο σωστός δρόμος.»**

Στη συνέχεια ακολουθεί μια συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης που αφορά την ανάδειξη συνοδευτικών νοημάτων για την φύση των Φυσικών Επιστημών που «επικοινωνούνταν» από τους λόγους ενός διδάσκοντος και την προσπάθεια για μετασχηματισμό προς πιο επιθυμητούς λόγους κατά τη διάρκεια του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών. Η συνολικότερη εργασία (Πήλιουρας & Κόκκοιτας 2006) αφορούσε μια συνεργατική έρευνα δράσης δύο ερευνητών κι ενός δασκάλου-ερευνητή, για τη μελέτη και το σταδιακό μετασχηματισμό των λόγων του τρίτου, έτσι ώστε να διαμορφωθούν πιο συνεργατικές διερευνητικές συνθήκες σε μια συγκεκριμένη τάξη στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Οι υποδράσεις της συνεργατικής έρευνας που υλοποιήθηκαν ήταν οι ακόλουθες:

*1η υποδράση:* Μελέτη της ερευνητικής εργογραφίας σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις δασκάλου - μαθητών,

*2η υποδράση:* Πώς μιλώ στην τάξη;

*3η υποδράση:* Πώς θα μπορούσα να μιλώ στην τάξη; Καθορισμός επιθυμητών πρακτικών λόγου,

*4η υποδράση:* Εξέταση των αναδυόμενων μετασχηματισμένων πρακτικών λόγου και σταδιακή προτυποποίησή τους.

Χρησιμοποιώντας εργαλεία ανάλυσης λόγου, προερχόμενα κυρίως από την κοινωνικοπολιτισμική εκπαιδευτική παράδοση, προσπαθήσαμε εμπλεκόμενος ενεργά το δασκαλο-ερευνητή στην ανάλυση των δικών του πρακτικών λόγου, να μετασχηματιστούν σταδιακά οι βασικά μονολογικοί στη φύση λόγοι του προς πιο συνεργατικούς διερευνητικούς. Έτσι κατά τη διάρκεια των σχολικών ετών 2003-2004 και 2004-2005 προχωρήσαμε στη μαγνητοσκο-



πηση και την απομαγνητοφώνηση 12 διδασκαλιών του δασκάλου-ερευνητή στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών (και τις δυο χρονιές διδάξε στην Ε΄ τάξη του Δημοτικού Σχολείου) και την κριτική ανάλυση των συνοδευτικών νοημάτων των λόγων που συνεισέφερε στη μαθησιακή διαδικασία.

Ειδικότερα και σε σχέση με τα συνοδευτικά νοήματα τα σχετικά με τη φύση των Φυσικών Επιστημών εξετάζαμε τους λόγους του δασκάλου με βάση τα ακόλουθα ερωτήματα:

Ποια εικόνα παρουσιάζεται για το πεδίο των Φυσικών Επιστημών (π.χ. ως στατικό και μονοδιάστατο ή ως δυναμικό και πλουραλιστικό πεδίο, ως ατομικό επίτευγμα ή ως διυποκειμενικά συμφωνημένη και κατασκευασμένη γνώση κ.λπ.);

- Τι νοήματα «επικοινωνούνται» για τη μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών (μία και μοναδική ορθή επιστημονική μέθοδος ή όχι);
- Τι νοήματα «επικοινωνούνται» για μια σειρά από βασικές διαδικασίες της επιστημονικής μεθοδολογίας, όπως η περιγραφή, η γενίκευση και η εξήγηση;
- Πόσο αναδεικνύεται κατά τη διάρκεια των μαθησιακών δραστηριοτήτων η σημασία των εμπειρικών δεδομένων και πόσο ότι οι Φυσικές Επιστήμες επηρεάζονται από τα θεωρητικά πιστεύω;
- Πόσο αναδεικνύονται κατά τη διάρκεια των μαθησιακών δραστηριοτήτων όψεις, όπως ο κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσιοι, χαρακτηριστές των Φυσικών Επιστημών;
- Τι νοήματα «επικοινωνούνται» για μια σειρά επιστημονικών διαδικασιών, όπως η μέτρηση, η παρατήρηση, το συμπέρασμα, το πείραμα, τα μοντέλα και κάτι πολύ σημαντικό η διάκριση των διαδικασιών μεταξύ τους, όπως της παρατήρησης και του συμπεράσματος;
- Τι νοήματα «επικοινωνούνται» για τη φύση της γλώσσας γενικά και τη γλώσσα των Φυσικών Επιστημών ειδικότερα;

Μάλιστα αυτά τα ερωτήματα θα μπορούσαν να εξεταστούν από οπτικές, όπως:

- Οπτική αυτού που μιλά - διδάσκοντα. Επιθυμεί ο δάσκαλος να «επικοινωνήσει» τα συγκεκριμένα φανερά ή λιγότερο φανερά συνοδευτικά νοήματα και σε ποιο βαθμό;
- Οπτική αυτού που ακούει. Τι συνοδευτικά νοήματα «αποκομίζουν» οι μαθητές από τους λόγους του δασκάλου;

### *Η ιστορία του δασκάλου-ερευνητή*

Ο δάσκαλος-ερευνητής στην αρχή της έρευνας είχε διδακτική εμπειρία δυο χρόνων. Οι δυο διδασκαλίες που μελετάμε και οι σιχομυθίες που αναλύουμε έλαβαν χώρα, η 1η στο ξεκίνημα της συνεργατικής έρευνας δράσης (έναρξη σχολικού έτους 2003-2003 - αρχική φάση έρευνας) και η 2η προς το τέλος της (προς το τέλος του σχολικού έτους 2004-2005), όπου ο δάσκαλος-ερευνητής έχοντας λειτουργήσει κριτικά και αναστοχαστικά σε όλη τη διάρκεια της έρευνας, είχε πλέον αποκτήσει ενημερότητα όλων των διαστάσεων ενός συνεργατικού μαθησιακού περιβάλλοντος στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Μεταξύ αυτών των διαστάσεων περιλαμβάνεται και η εξέταση των πιθανών συνοδευτικών νοημάτων που «επικοινωνούνταν» από το διδάσκοντα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.

*Μελέτη και ανάλυση διδασκαλίας από την αρχική φάση της έρευνας - «Θα επικοινωνήσουμε λίγο;»*

Η πρώτη διδασκαλία του δασκάλου-ερευνητή που αναλύσαμε αφορούσε το μάθημα της Ε΄ τάξης «Τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια». Μελετώντας τη σιχομυθία όλης της διδασκαλίας της αρχικής φάσης σε συνεργασία με το δάσκαλο-ερευνητή βασικά εντοπίσαμε μη επιθυμητές διδακτικές στρατηγικές για το συνεργατικό διερευνητικό πλαίσιο που επιθυμούσαμε να δημιουργήσουμε. Πιο συγκεκριμένα ο δάσκαλος-ερευνητής: αποθάρρυνε αντί να ενθαρρύνει την έκφραση των απόψεων από τους μαθητές ή τις ομάδες, μονοπωλούσε τη συζήτηση και το διάλογο, επιδίωκε τη διατύπωση από τους μαθητές συγκεκριμένων απαντήσεων και θεωρούσε ως προνομακικές τις απαντήσεις κάποιων μαθητών, καθοδηγούσε ασφυκτικά τη μαθησιακή διαδικασία. Βέβαια εντοπίσαμε και κάποιες επιθυμητές διδακτικές στρατηγικές, όπως ότι ο δάσκαλος: προσπάθησε να εμπλέξει στη μαθησιακή διαδικασία όχι μόνο άτομα αλλά και ομάδες, προσπάθησε να εισάγει το λόγο των Φυσικών Επιστημών, γεφυρώνοντάς τον με το λόγο των μαθητών, σε κάποιες περιπτώσεις ενθάρρυνε την επέκταση των απόψεων που διατυπώθηκαν από μαθητές.

Η βασική στρατηγική που ακολουθήσαμε για το μετασχηματισμό των λόγων του δασκάλου ήταν αυτή της ανάλυσης λόγου από τους ερευνητές σε συνεργασία με το δάσκαλο-ερευνητή. Η σιχομυθία που ακολουθεί και στη συνέχεια αναλύεται αφορά δραστηριότητα του σχολικού εγχειριδίου. Συγκεκριμένα ο δάσκαλος ζητά από τους μαθητές να διαβάσουν την εκφώνηση μιας δραστηριότητας και να ανακοινώσουν τι χρειάζεται να κάνουν για την πραγματοποίησή της.

*Σιχομυθία 1: Αρχική φάση της έρευνας*

- |    |            |  |
|----|------------|--|
| 1  | Δάσκαλος:  | Ποιος θα μου πει τι ζητάει αυτή η εργασία. Τι ζητάει η άσκηση, διαβάστε και πείτε μου. Εσύ τι θέλεις;  |
| 2  | Μαθητής:   | Τα δοχεία.   |
| 3  | Δάσκαλος:  | Τι ζητάει η άσκηση; Διαβάστε λίγο τα βήματα της ενότητας και ρωτήστε τι ζητάει η άσκηση. Ρωτάω για να μου απαντήσετε; Επωνυμάκης, <i>(απευθύνεται σε μαθητή με το επώνυμό του)</i> |
| 4  | Επωνυμάκης | Αδειάζουμε-  |
| 5  | Δάσκαλος:  | <i>(διακόπτει)</i> Τι σου ζητάει; Άστο το αδειάζουμε. Τι σου ζητάει να κάνεις;   |
| 6  | Επωνυμάκης | Ζητάει...  |
| 7  | Δάσκαλος:  | Ναι. Να πάρεις το νερό που είναι στο ένα δοχείο και να το κάνεις τι;   |
| 8  | Επωνυμάκης | Να το...και να το ρίξω...  |
| 9  | Δάσκαλος:  | Ποιος μπορεί να μου πει; Έλα!  |
| 10 | Θανάσης:   | Και να ...να ρίξουμε το ...  |
| 11 | Δάσκαλος:  | Κάντε πouxία εκεί, εδώ εδώ!  |
| 12 | Αγγελική:  | Να δούμε το σχήμα που παίρνει το νερό;   |
| 13 | Δάσκαλος:  | Ζητάει να πάρετε αυτό <i>(δείχνει το δοχείο)</i> και να το κάνετε τι; Να πάρετε. Πές το!   |

- 14 Αγγελική: Ε...
- 15 Δάσκαλος: Και να το ρίξουμε... (φορτικά)
- 16 Αγγελική: Να το ρίξουμε στα τρία διαφανή δοχεία.
- 17 Δάσκαλος: Και να το ρίξετε λοιπόν. Είναι ήδη στο ένα, να το ρίξετε δηλαδή στα άλλα δυο και στη συνέχεια να παρατηρήσετε τι; Να σου πω...[3δ] θα επικοινωνήσουμε λίγο; Στη συνέχεια σας ζητάει να παρατηρήσετε τι Γεωργία;
- 18 Γεωργία: Το σχήμα που παίρνει το νερό σε κάθε δοχείο.

Ακολουθεί στη συνέχεια η ανάλυση της στιχομυθίας Ι, που έγινε από τους ερευνητές σε συνεργασία με το δάσκαλο ερευνητή, με βάση το πλαίσιο «συνοδευτικά νοήματα από το λόγο του δασκάλου». Η ανάλυση λαμβάνει χώρα ως προς δυο διαστάσεις:

α) Συνοδευτικά νοήματα για τη φύση των Φ.Ε.: Οι λόγοι του δασκάλου δημιουργούν στατικά και μονοδιάστατα νοήματα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών (π.χ. Δάσκαλος: *Άστο το αδειάζουμε. Τι σου ζητάει να κάνεις; ...Να σου πω...[3δ] θα επικοινωνήσουμε λίγο;*). Επιζητούνται από τους μαθητές συγκεκριμένες απαντήσεις και συγκεκριμένοι τρόποι έρευνας. Αυτή η πιεστική καθοδήγηση, του να ειπωθεί αυτό που ο διδάσκων επιθυμεί, υποδηλώνει την άποψη ότι υπάρχουν συγκεκριμένες απαντήσεις και συγκεκριμένοι τρόποι για την εύρεση του «σωστού» συμπεράσματος. Εκπρόσωποι της έγκυρης επιστημονικής γνώσης είναι ο διδάσκων και το σχολικό εγχειρίδιο. Ο δάσκαλος καθοδηγεί απόλυτα τη συζήτηση (*Τι σου ζητάει; Άστο το αδειάζουμε. Τι σου ζητάει να κάνεις;...Ζητάει...Ναι. Να πάρεις το νερό που είναι στο ένα δοχείο και να το κάνεις τι; ... Πες το!*). Απαιτεί από τους μαθητές να του πουν αυτό που ακριβώς ο ίδιος επιθυμεί. Απαιτεί οι μαθητές να ερμηνεύουν αυτά που διαβάζουν, όπως ακριβώς και αυτός τα ερμηνεύει, δημιουργώντας μη επιθυμητά νοήματα για τη φύση της μελέτης του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών ως στατικής και μονοδιάστατης διαδικασίας, αλλά και για το ρόλο του δασκάλου ως αυτού που καθοδηγεί ασφυκτικά την όλη διαδικασία με την οποία θα πρέπει να είναι σύμφωνοι και οι μαθητές.

β) Συνοδευτικά νοήματα για τη φύση της γλώσσας στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών: Ο δάσκαλος-ερευνητής φαίνεται να πιστεύει ότι διαβάζοντας οι μαθητές την εκφώνηση της δραστηριότητας θα πρέπει να δημιουργήσουν απαραίτητα τα ίδια ακριβώς νοήματα που δημιουργεί και ο ίδιος, δημιουργώντας στατικά, μη επιθυμητά νοήματα για τη φύση της γλώσσας (π.χ. Δάσκαλος: *Τι σου ζητάει να κάνεις;...Ζητάει...Ναι. Να πάρεις το νερό που είναι στο ένα δοχείο και να το κάνεις τι; ...Ποιος μπορεί να μου πει;*). Με τους λόγους του δημιουργεί νοήματα για τη γλώσσα αποκλειστικά ως συστήματος ονοματοδοσίας (Sutton, 2002). Αυτή η άποψη απαιτεί ξεκάθαρη και αποτελεσματική μεταφορά από τον εκπαιδευτικό στο μαθητή. Ο μαθητής θα πρέπει να είναι καλός «αποδέκτης» για να κατανοεί άμεσα τον πολύ σημαντικό λόγο του δασκάλου. Ο δάσκαλος με τους λόγους του αλλά και με τις πράξεις του αποθαρρύνει τη διερεύνηση. Όταν η απάντηση δεν τον ικανοποιεί ή δεν υπάρχει άμεση απάντηση στρέφεται σε άλλους μαθητές, επιζητώντας να ακούσει την απάντηση που αυτός επιθυμεί (*Ποιος μπορεί να μου πει; Έλα! Και να ...να ρίξουμε το ...Ζητάει να πάρετε αυτό (δείχνει το δοχείο) και να το κάνετε τι; Να πάρετε. Πες το!*). Και χρησιμοποιεί πρώτο

ενικό πρόσωπο υποδεικνύοντας την άποψη ότι οι απαντήσεις των μαθητών θα πρέπει να φιλτράρονται για την ορθότητά τους πάντα από το διδάσκοντα, αυθεντία της τάξης (*Ποιος θα μου πει τι ζητάει... Ρωτάω για να μου απαντήσετε;*).

Συμπερασματικά, οι διαλογικές πρακτικές του διδάσκοντα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας παρέπεμψαν σε μια δασκαλοκεντρική διδασκαλία με αρκετά μη επιθυμητά χαρακτηριστικά, που έρχονταν σε αντίθεση με τις επιδιώξεις μας για δημιουργία συνεργατικών διερευνητικών συνθηκών στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Οι λόγοι του, σε συνδυασμό με τις πρακτικές του, δημιουργούσαν μη επιθυμητά νοήματα για όλες τις διαστάσεις της μαθησιακής διαδικασίας, μεταξύ αυτών και για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Ενώ υιοθετούσε, όπως υποστήριζε, τις επιθυμητές -για το πλαίσιο μας- απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών και τη φύση της γλώσσας, με τη διδασκαλία του επιτύχανε το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα. Πώς μπορεί να συνέβαινε αυτό; Κατά την άποψή μας, η εξήγηση προέρχεται βασικά από την ιστορία του δασκάλου. Ο διδάσκων έχοντας συμμετάσχει σε όλη του τη ζωή σε δασκαλοκεντρικούς λόγους, αδυνατούσε να λειτουργήσει διαφορετικά γιατί δε ήταν εξοικειωμένος με τα επιθυμητά συνεργατικής διερευνητικής φύσης ρεπερτόρια και τις αντίστοιχες πρακτικές. Μια δεύτερη εξήγηση ήταν ότι ο διδάσκων δεν ήταν ενήμερος για τις επιπτώσεις των λόγων του στη μαθησιακή διαδικασία, δεν ήταν ενήμερος ότι με τους λόγους του δημιουργεί συγκεκριμένα μη επιθυμητά (στην πλειονότητα τους) νοήματα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών..

*Μελέτη και ανάλυση διδασκαλίας από την τελική φάση της έρευνας - «...για να φτάσω λοιπόν στη λύση ενός προβλήματος, δεν χρειάζεται ν' ακολουθήσω ένα δρόμο, κι ούτε υπάρχει ένας μόνο σωστός δρόμος»*

Η δεύτερη διδασκαλία του δασκάλου-ερευνητή που αναλύουμε μαγνητοσκοπήθηκε την άνοιξη του σχολικού έτους 2003-2004, κατά τη διάρκεια της τελικής φάσης της έρευνάς μας. Η μελέτη των δεδομένων της διδασκαλίας δείχνει, ότι συγκριτικά ο δάσκαλος σε σχέση με τις προηγούμενες φάσεις της έρευνας, έχει οικειοποιηθεί περαιτέρω πολιτισμικά ρεπερτόρια που οδηγούσαν στη διαμόρφωση πιο συνεργατικών διερευνητικών συνθηκών. Η συγκεκριμένη διδασκαλία αφορά στη συνεργατική επίλυση από τους μαθητές ενός ανοικτού προβλήματος στην ενότητα των δυνάμεων. Στο συγκεκριμένο μάθημα δόθηκε το παρακάτω ανοικτό πρόβλημα, το οποίο οι ομάδες κλήθηκαν να το λύσουν συνεργατικά: «*Ποιο από τα αντικείμενα που έχουμε στη διάθεσή μας (μπαταρία, κομμάτι πλαστελίνης) έχει το μεγαλύτερο βάρος;*». Μελετώντας τη συχομυθία όλης της διδασκαλίας εντοπίσαμε βασικά επιθυμητά για το πλαίσιο μας χαρακτηριστικά. Μερικά από αυτά είναι τα ακόλουθα: ο δάσκαλος ενθάρρυνε τη διατύπωση των απόψεων, των ιδεών και των λύσεων που πρότειναν οι μαθητές ή οι μαθητικές ομάδες, προσπαθούσε να προάγει τη συνεργατική διερεύνηση και το διάλογο δίνοντας κατάλληλες οδηγίες και θέτοντας κατάλληλες ερωτήσεις που επιζητούσαν αιτιολογήσεις και διατύπωση επιχειρημάτων, φρόντιζε για τη γεφύρωση του λόγου των μαθητών με το λόγο των Φυσικών Επιστημών, δημιουργώντας ταυτόχρονα επιθυμητά νοήματα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών.

Η συχομυθία 2 που ακολουθεί είναι ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των δασκαλομαθη-

τικών λόγων που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Στη συγκεκριμένη συχομυθία οι μαθητικές ομάδες, αφού έχουν συζητήσει και έχουν δώσει συγκεκριμένες λύσεις για το πρόβλημα που τους δόθηκε, καλούνται από το δάσκαλο να ανακοινώσουν τις λύσεις που προτείνουν στην ολομέλεια της τάξης.

*Συχομυθία 2: Τελική φάση της έρευνας*

- 1 Δάσκαλος: Μια, δυο, τρεις, τέσσερις ομάδες που έχετε τελειώσει, δεν μιλάτε καθόλου. Έναν εκπρόσωπο κι από εδώ. Κυκλικά είπαμε ο εκπρόσωπος. Λοιπόν ας ξεκινήσουμε *(λέει το όνομα ενός παιδιού)*. Όλοι ακούμε τι λέει κάθε ομάδα.
- 2 Μαθητής: *(ως εκπρόσωπος ομάδας)* Θα δέσουμε στο ελατήριο το σπάγκο από τη μια άκρη του *(παράλληλα δείχνει με τα υλικά τι θα κάνουν)* θα βάλω το συνδετήρα από την άλλη. Στην άλλη άκρη του σπάγκου θα βάλουμε το συνδετήρα από την άλλη πλευρά και μετά θα προσθέσουμε το συνδετήρα στο σώμα που θέλουμε να μετρήσουμε.
- 3 Δάσκαλος: Πες το μου απλά! Πες το στα παιδιά απλά; Τι θα κάνεις; Πώς; Τι πρόκειται να κοιτάξεις για να δεις ποιο είναι πιο βαρύ;
- 4 Μαθητής 1: *(συμπληρώνοντας-βοηθώντας τον εκπρόσωπο της ομάδας του)* Θα κοιτάξω το μήκος του ελατηρίου.
- 5 Δάσκαλος: Θα βάλει λοιπόν τα αντικείμενα που; Πάνω στο...; Στην άκρη του...;
- 6 Μαθητής 1: Σε ...του συνδετήρα.
- 7 Δάσκαλος: Ωραία! Εκεί. Ωραία! Πώς θα μετρήσεις το μήκος του ελατηρίου που λες;
- 8 Μαθητής: *(ομιλεί ο εκπρόσωπος της ομάδας)* Πόσο...πόσο περισσότερο, όταν τεντώνεται το ελατήριο θα το μετρήσουμε με τον χάρακα.
- 9 Δάσκαλος: Και σε ποια περίπτωση είναι πιο βαρύ ένα σώμα; Όταν τεντώνεται το ελατήριο περισσότερο ή λιγότερο;
- 10 Μαθητής 1: Περισσότερο.
- 11 Δάσκαλος: Λοιπόν πάμε ν' ακούσουμε μια τελείως διαφορετική άποψη από αυτή την ομάδα. Ποιος θα διαβάσει τα βήματα που σχεδιάσατε να κάνετε για να λύσετε το πρόβλημα;
- 12 Μαθήτρια: *(ως εκπρόσωπος της ομάδας)* Θα φτιάξουμε μια ζυγαριά. Θα περά...
- 13 Δάσκαλος: Ακούω, πιο δυνατά λιγάκι.
- 14 Μαθητής: *(μιλάει πιο δυνατά)* Θα περάσουμε τη μια θηλιά του σπάγκου στο χάρακα. Έπειτα, θα βάλουμε την πλαστελίνη στο ένα άκρο του χάρακα και την μπαταρία στο άλλο άκρο. Ύστερα, θα σηκώσουμε το σπάγκο και θα δούμε πιο είναι πιο βαρύ.
- 15 Δάσκαλος: Να το δούμε λίγο αυτό; Να το κάνουμε; Είναι μια διαφορετική

- ιδέα. Εεε; Σηκωθείτε τρία παιδιά από την ομάδα όρθια. Να δούμε και κατά πόσο εφαρμόζεται η ιδέα μας έτσι; *(τα παιδιά σηκώνονται – ο δάσκαλος απευθύνεται στην ομάδα)*
- 16 Μαθητής: *(από άλλη ομάδα)* Αυτό θα κάνουμε κι εμείς κύριε.
- 17 Δάσκαλος: Εσείς είχατε πει μια άλλη ιδέα την οποία καταγράψατε. Εκείνη θα δούμε από σας...

Η στιχομουθία 2 χαρακτηρίζεται από αρκετά συνεργατικά διερευνητικά χαρακτηριστικά. Μπορούμε να παρατηρήσουμε, για παράδειγμα, τις εκτεταμένες συνεισφορές των μαθητών (ως εκπροσώπων των μαθητικών ομάδων), τις στοχαστικές ερωτήσεις του δασκάλου-ερευνητή, την αυτοματοποίηση συνεργατικών και διαλογικών δεξιοτήτων δασκάλων και μαθητών. Αναλυτικότερα, μπορούμε να «παρακολουθήσουμε» τη στιχομουθία 2 και τα συνοδευτικά νοήματα που σε συνεργασία με το δάσκαλο-ερευνητή συζητήσαμε ότι πιθανόν δημιουργούνταν από τους λόγους του:

α) Συνοδευτικά νοήματα για τη φύση των Φ.Ε.: Οι λόγοι του δασκάλου δημιουργούν μη στατικά νοήματα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Ο δάσκαλος όχι μόνο δεν επιζητά συγκεκριμένες απαντήσεις από τους μαθητές αλλά τους προτρέπει να αναφερθούν σε εναλλακτικές λύσεις, τονίζοντας βέβαια ότι αυτές (οι λύσεις) θα πρέπει να εφαρμόζονται *(Δάσκαλος: ... να δούμε και κατά πόσο εφαρμόζεται η ιδέα μας έτσι;)*. Έτσι δημιουργεί επιθυμητά νοήματα για την φύση των Φυσικών Επιστημών όπως:

- δεν υπάρχει η μέθοδος για να κάνεις Φυσικές Επιστήμες.
- οι λύσεις που προτείνονται πρέπει να αρθρώνονται με επιχειρήματα και αποδεικτικά στοιχεία και να είναι ανοικτές στην κριτική και τον έλεγχο.

Ο δάσκαλος με τους λόγους του προάγει τη συνεργατική διερεύνηση και λειτουργεί ως διευκολυντής της γνώσης. Καθοδηγεί κατάλληλα τις ομάδες και φαίνεται πολύ πιο εξοικειωμένος με τις απαραίτητες συνεργατικές και διαλογικές δεξιότητες (π.χ. *Δάσκαλος: Λοιπόν πάμε ν' ακούσουμε μια τελείως διαφορετική άποψη από αυτή την ομάδα. Ποιος θα διαβάσει τα βήματα που σχεδιάσατε να κάνετε για να λύσετε το πρόβλημα;*). Δάσκαλος και βιβλίο δεν είναι οι μοναδικοί έγκυροι πόροι γνώσης στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Εξίσου σημαντικές για τη μαθησιακή διαδικασία είναι οι απόψεις των μαθητών που αναδεικνύονται και αξιοποιούνται (π.χ. *Δάσκαλος: Ωραία! Εκεί. Ωραία! Πώς θα μετρήσεις το μήκος του ελατηρίου που λες;... Και σε ποια περίπτωση είναι πιο βαρύ ένα σώμα; Όταν τεντώνεται το ελατήριο περισσότερο ή λιγότερα;*). Ο δάσκαλος-ερευνητής διατυπώνει ερωτήσεις που προάγουν τη διερεύνηση θέσεων, απόψεων, νοημάτων.

β) Συνοδευτικά νοήματα για τη φύση της γλώσσας: Με τις επικοινωνιακές του συνεισφορές ο δάσκαλος-ερευνητής επιδιώκει τη διερευνητική προσέγγιση του προβλήματος. Επιδιώκει την ανάδειξη των λύσεων που έχουν προτείνει η ομάδα και την αξιολόγησή τους, δημιουργώντας επιθυμητά για το πλαίσιο μας νοήματα (π.χ. *Δάσκαλος: Να το δούμε λίγο αυτό; Να το κάνουμε; Είναι μια διαφορετική ιδέα. Εεε; Σηκωθείτε τρία παιδιά από την ομάδα όρθια. Να δούμε και κατά πόσο εφαρμόζεται η ιδέα μας έτσι;*). Ο δάσκαλος-ερευνητής θέτει ερωτήσεις που προάγουν τη διερεύνηση των απόψεων και των προτάσεων/λύσεων

που διατυπώνονται από τις ομάδες και δεν δέχεται άκριτα και χωρίς να ζητά διευκρινίσεις τις διατυπωθείσες απόψεις, όπως έκανε συνήθως στην αρχική φάση της έρευνας (π.χ. *Δάσκαλος: Ωραία! Εκεί. Ωραία! Πώς θα μετρήσεις το μήκος του ελατηρίου που λες;*). Ενθαρρύνει τις επικοινωνιακές συλλογιστικές των συμμετεχόντων στη μαθησιακή διαδικασία. Ζητά διευκρινίσεις από τους μαθητές ή τις ομάδες που διατύπωσαν τις απόψεις τους. Καθοδηγεί κατάλληλα για να εξασφαλίσει την επικοινωνία όλων των μελών και των ομάδων της τάξης (*Δάσκαλος: Πες το μου απλά! Πες το στα παιδιά απλά; Τι θα κάνεις; Πώς; Τι πρόκειται να κοιτάξεις για να δεις ποιο είναι πιο βαρύ;*).

Στη διδασκαλία αυτή, που είναι από την τελική φάση της έρευνάς μας, διαπιστώσαμε μια ευδιάκριτη μετακίνηση του δασκάλου-ερευνητή αλλά και των μαθητών του προς πιο συνεργατικές διερευνητικές πρακτικές. Ο δάσκαλος-ερευνητής καθοδήγησε κατάλληλα και έδωσε χρόνο στις μαθητικές ομάδες να εργαστούν, να αλληλεπιδράσουν τα μέλη τους και

**Στιχομυθία που αφορά την 1<sup>η</sup> κατηγορία λύσεων: κατασκευή δυναμόμετρου**

**Μαθητής:** Θα δέσουμε στο ελατήριο το σπάγκο από τη μια άκρη του (παράλληλα δείχνει με τα υλικά τι θα κάνουν) θα βάλω τον συνδετήρα από την άλλη. Στην άλλη άκρη του σπάγκου θα βάλουμε το συνδετήρα από την άλλη πλευρά και μετά θα προσθέσουμε το συνδετήρα στο σώμα που θέλουμε να μετρήσουμε.  
**Δάσκαλος:** Πες το μου απλά!... Τι θα κάνεις; Πώς; Τι πρόκειται να κοιτάξεις για να δεις ποιο είναι πιο βαρύ;

**Μαθητής:** Θα κοιτάξω το μήκος του ελατηρίου.

**Δάσκαλος:** Θα βάλεις λοιπόν τα αντικείμενα που; Πάνω στο...; Στην άκρη του...;

**Μαθητής:** Σε...του συνδετήρα.

**Δάσκαλος:** Ωραία! Εκεί. Ωραία! Πώς θα μετρήσεις το μήκος του ελατηρίου που λες;

**Μαθητής:** Πόσο...πόσο περισσότερο, όταν τεντώνεται το ελατήριο θα το μετρήσουμε με το χάρακα.

**Δάσκαλος:** Και σε ποια περίπτωση είναι πιο βαρύ ένα σώμα; Όταν τεντώνεται το ελατήριο περισσότερο ή λιγότερο;

**Μαθητής:** Περισσότερο.

**Στιχομυθία που αφορά τη 2<sup>η</sup> κατηγορία λύσεων: κατασκευή ζυγαριάς**

**Δάσκαλος:** Λοιπόν, θα δούμε κι όμως άλλα πειράματα σχετικά. Ας κάτσει εδώ η ομάδα (τα παιδιά κάθονται στα θρανία τους). Είδαμε και εκτέλεση από εδώ λίνε. (απευθύνεται σε άλλη ομάδα) Λοιπόν εκπρόσωπος από εδώ. Βασιλική.

**Βασιλική:** Θα περάσουμε το ελατήριο στη μέση του σπάγκου.

**Δάσκαλος:** Μισό, μισό, μισό, μισό (οιωπά για να συγκεντρωθούν όλοι οι μαθητές στην ολομέλεια)...τώρα.

**Βασιλική:** Θα περάσουμε το ελατήριο στη μέση του σπάγκου και θα στερεώσουμε τις δυο άκρες του σπάγκου στο χάρακα. Στο ένα άκρο του χάρακα τοποθετούμε την μπαταρία...στο άλλο την πλαστελίνη, έτσι [...] μια ζυγαριά.

να διαμορφώσουν τις δικές τους λύσεις. Ένα πολύ ενδιαφέρον στοιχείο της διδασκαλίας ήταν ότι οι ομάδες εργαζόμενες συνεργατικά και διερευνητικά χρησιμοποίησαν τα υλικά με διαφορετικό τρόπο η καθεμία για να καταλήξουν, όμως βασικά, σε δυο κατηγορίες λύσεων. Κατασκεύασαν, συνδυάζοντας τα υλικά με διαφορετικούς τρόπους, διαφόρους τύπους δυναμόμετρων και ζυγαριών. Στον πίνακα που βρίσκεται στην προηγούμενη σελίδα, παρουσιάζονται δυο σιχρομυθίες και οι λύσεις που προτάθηκαν για το πρόβλημα από δυο ομάδες της τάξης.

Συμπερασματικά, από τη μελέτη των δεδομένων της διδασκαλίας προκύπτει ότι αυτή διαφοροποιείται σημαντικά από τις δυο προηγούμενες. Πραγματοποιώντας την ανάλυση των ίδιων του των λόγων ο συγκεκριμένος εκπαιδευτικός, έχοντας και την απαραίτητη υποστήριξη στο πλαίσιο μια συνεργατικής έρευνας δράσης, σταδιακά «επικοινωνούσε» κατά τη διάρκεια των δασκαλομαθητικών διαλόγων πιο επιθυμητές απόψεις για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Αυτό, κατά την άποψή μας, έχει να κάνει με μια σειρά από παραμέτρους, όπως η θεωρητική ενημέρωση του διδάσκοντος, η σταδιακή εξοικείωσή του με συνεργατικές διερευνητικές στρατηγικές αλλά το πιο βασικό, η κριτική, αναστοχαστική στάση του διδάσκοντος απέναντι στους λόγους του, που οδήγησαν σταδιακά στο μετασχηματισμό των δραστηριοτήτων των Φυσικών Επιστημών στην τάξη του και φυσικά ταυτόχρονα στο μετασχηματισμό των δικών του πρακτικών. Με βάση τα λόγια του ίδιου του δασκάλου-ερευνητή: *«Χρησιμοποιώντας τα εργαλεία της ανάλυσης λόγου ανακάλυψα όψεις των διδακτικών πρακτικών μου για τις οποίες δεν ήμουν καθόλου ενήμερος. Δεν μπορούσα να φανταστώ τη δύναμη των λόγων μας.»*

## Μια πρόταση για την «επικοινωνία» πιο επιθυμητών για τη φύση των Φυσικών Επιστημών συνοδευτικών νοημάτων

Οι έρευνες διεθνώς έχουν δώσει έμφαση στον κρίσιμο ρόλο που οι διδάσκοντες διαδραματίζουν στην ανάπτυξη μιας επιθυμητής κατανόησης για τη φύση των Φυσικών Επιστημών από μέρους των μαθητών και ταυτόχρονα αναδεικνύουν την ανάγκη των εκπαιδευτικών για καλύτερη και βαθύτερη κατανόηση της φύσης των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, τα ερευνητικά δεδομένα προκρίνουν την αξιοποίηση επιμορφωτικών στρατηγικών που ρητά αναδεικνύουν όψεις της φύσης των Φυσικών Επιστημών και την αξιοποίηση αυθεντικών ιστορικών κείμενων για την ανάδειξη της κοινωνικής και πολιτισμικής συνιστώσας των ΦΕ.

Μια τέτοια πρόταση κάνουμε, δηλαδή προτείνουμε την αξιοποίηση της ανάλυσης λόγου από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, φυσικά με την κατάλληλη υποστήριξη και καθοδήγηση από ερευνητές, στο πλαίσιο μιας συνεργατικής έρευνας δράσης. Υποστηρίζουμε, ότι η εμπλοκή των διδασκόντων στην ανάλυση των λόγων τους με την ταυτόχρονη εμπλοκή τους σε *ρητές επιμορφωτικές αναστοχαστικές στρατηγικές* που εστιάζουν στην άμεση διδασκαλία όψεων της φύσης των Φυσικών Επιστημών και την ταυτόχρονη αξιοποίηση στοιχείων από την ΙΦΦΕ, μπορούν να οδηγήσουν στη σταδιακή δημιουργία πιο αποτελεσματικών μαθησιακών περιβαλλόντων.

Για αυτό ως ευρύτερο επιμορφωτικό πλαίσιο προτείνουμε τη συνεργατική έρευνα δρά-



σης και χρησιμοποιώντας εργαλεία ανάλυσης λόγου μπορούμε να εμπλέξουμε ενεργά τους εκπαιδευτικούς στην ανάλυση των δικών τους πρακτικών λόγου (Piliouras & Kokkotas 2005, Πήλιουρας 2006), και πιθανόν να μετασχηματίσουμε τους -στην μεγαλύτερη πλειονότητα- μονοδιάστατους και μονολιθικούς για τη φύση των Φυσικών Επιστημών επικρατούντες λόγους των δασκαλομαθητικών αλληλεπιδράσεων προς πιο επιθυμητούς.

Μια πιθανή σειρά υποδράσεων στο πλαίσιο μιας συνεργατικής έρευνας δράσης προσανατολισμένης στην ανάλυση των λόγων των διδασκόντων από τους ίδιους μπορεί να είναι η ακόλουθη:

- Υποδράση 1: Μελέτη ερευνητικών εργασιών σχετικά με όψεις της φύσης των Φυσικών Επιστημών και ρητή διδασκαλία του πώς αυτές οι όψεις αναδεικνύονται μέσα από αυθεντικές μελέτες περίπτωσης που αντλούνται από την ΙΦΦΕ.
- Υποδράση 2: Ποια νοήματα δημιουργούμε/ επικοινωνούμε στην τάξη μας για τη φύση των Φυσικών Επιστημών;
- Υποδράση 3: Πώς θα μπορούσαμε να μιλούμε στην τάξη μας ώστε να δημιουργούμε πιο επιθυμητά νοήματα για τη φύση των Φυσικών Επιστημών; Καθορισμός επιθυμητών πρακτικών λόγου.
- Υποδράση 4: Εξέταση των αναδυόμενων μετασχηματισμένων πρακτικών λόγου που σχετίζονται με όψεις της φύσης των Φυσικών Επιστημών και η σταδιακή προτυποποίησή τους.

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of the nature of science, *Science Education*, vol. 88, no. 5, pp. 785-810.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature, *International Journal of Science Education*, vol. 22, no. 7, pp. 665-702.
- Akerson, V.L., Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000). The Influence of a Reflective Activity Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of the Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching* 37(4), 295-317.
- American Association for the Advancement of Science-AAAS (1993). *Benchmarks for Science Literacy*, Oxford University Press.
- Αποστόλου Α. & Κουλαϊδής Β. (2007). Φιλοσοφικές αντιλήψεις εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών (σελ. 391-408). Επιμέλεια Δ. Κολλιόπουλος: Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με θέμα: "Η πολιτισμική συνιστώσα των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση", ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστημίου Πατρών, 5-7 Οκτωβρίου 2007.
- Bartholomew, H., Osborne, J. & Ratcliffe, M. (2004). Teaching Students "Ideas-About Science": Five Dimensions of Effective Practice, *Science Education*, 1-28.

- Bell, R. L., Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conceptions of the nature of science: A follow-up study, *Journal of Research in Science Teaching* 37, 563-581.
- Burbules, N. & Bruce, B. (2001). Theory and research on teaching as dialogue, In Richardson, V. (ed): *Handbook of research on teaching*, pp. 1102 – 1121, American Educational Research Association.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996), *Young people's images of science*, Open University Press.
- Duschl, R.A. (1994), *Research on The History and Philosophy of Science*, In D. Gable (eds) *Handbook of research in science teaching*, pp. 443-465, Macmillan, New York.
- Fensham, P.J. (2002). Time to Change Drivers for Scientific Literacy, *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 2(1), 9-24.
- Gee, P. & Green, J. (1998), *Discourse Analysis, Learning, and Social Practice: A methodological study*, *Review of Research in Education* 23, pp. 119–169.
- Gee, P. (1999). *An Introduction to Discourse Analysis: Theory and Method*, London, Routledge.
- Hargreaves, A. (1995), *Changing teachers, Changing times*, London: Cassell.
- Hicks, D. (1996). *Contextual Inquiries: a Discourse-oriented Study of Classroom Learning*, In D. Hicks (ed.), *Discourse, Learning, and Schooling*, Cambridge, pp. 104-141, Cambridge University Press.
- Hurd, P. (1997). *Inventing Science Education for the New Millennium*, New York: Teachers College Press.
- Leach, J., Millar, R., Ryder, J., & Séré, M-G. (2000). Epistemological understanding in science learning: The consistency of representations across contexts, *Learning and Instruction*, vol. 10, no. 6, pp. 497-527.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future, in Abell, S., & Lederman, N. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, pp. 831-880, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions about the nature of science: A review of the research, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, no. 4, pp. 331-359.
- Lederman, N. G. (1998), The state of science education: Subject matter without context, *Electronic Journal of Science Education*, vol. 3, no. 2, pp. 1-7.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 39, no. 6, pp. 497-521.
- Lederman, N.G., Wade, P.D. & Bell, R.L. (1998). Assessing Understanding of the Nature of Science: A Historical Perspective, In McComas, W. (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*, pp. 331-350, Kluwer Academic Publishers.

- Lemke, J. L. (2001). Articulating communities: sociocultural perspectives on science education, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 38, no. 3, pp. 296-316.
- Lemke, J.L. (1990). *Talking Science: Language, Learning and Values*, Norwood, NJ: Ablex Publishing Company.
- Lemke, J.L. (1995). *Textual Politics: Discourse and Social Dynamics*, Bristol, PA: Taylor & Francis.
- Luke, A. (1995). Text and discourse in education: An introduction to critical discourse analysis, In Apple, M. (ed.), *Review of research in education*, 21, pp. 3-48, American Educational Research Association.
- Matthews, M. (1998). The nature of science and science teaching, In Fraser, B. J., & Tobin, K. G. (Eds.), *International Handbook of Science Education*, pp. 981-999, Kluwer Academic Publishers.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge.
- McComas, W. F. (2005). "Teaching the nature of science: What illustrations and examples exist in popular books on the subject?", e-proceedings of Eighth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference, Leeds, UK (July 15-18), <http://www.ihpst2005leeds.ac.uk/>.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education, In McComas, W. F. (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies*, pp. 3-39, Kluwer Academic Publishers.
- Mortimer, E. & Scott, P. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*, Maidenhead-Philadelphia: Open University Press.
- National Research Council-NRC (1996). *National science education standards*, National Academic Press.
- Nott, M., & Wellington, J. (1998), Eliciting, interpreting and developing teachers' understandings of the nature of science, *Science & Education*, vol. 7, no. 6, pp. 579-594.
- Osborne, J., Collins, S., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40, no. 7, pp. 692-720.
- Ostman, L. (1998). How Companion Meanings are Expressed by Science Education Discourse, In Roberts, D.A. & Ostman, L. (eds), *Problems of Meaning in Science Curriculum*, pp. 54-70, Teachers College, Columbia University: Teachers College Press.
- Piliouras P. & Kokkotas P. (2005), Discourse analysis as a metadidactical transformative tool to more collaborative inquiry environments in elementary science classrooms, 1st ISCAR Congress: "Acting in changing worlds: Learning, communication, and minds in intercultural activities". (Book of Abstracts, p.369-370).
- Πήλιουρας Π., Κόκκοτας Π. (2006). «Μελέτη και Προσπάθεια Μετασχηματισμού των Λόγων ενός Δασκάλου προς πιο Συνεργατικές Διερευνητικές Συνθήκες στο

- Μάθημα των Φυσικών Επιστημών» (σελ. 329-336). Επιμέλεια Ε. Σταυρίδου: Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών με θέμα “Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης”, Βόλος, 7-9 Απριλίου 2006.
- Πήλιουρας, Π. (2006). Η συνεργατική διερεύνηση στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Μια προσέγγιση προσανατολισμένη στο λόγο, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Π.Τ.Δ.Ε. Παν. Αθηνών.
- Roberts, D.A., & Ostman, L. (1998). *Problems of Meaning in Science Curriculum*. Teachers College, Columbia University: Teachers College Press.
- Rutherford, J. (1998), Foreword, In D. A. Roberts & L. Ostman (Eds.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*, Teachers College Columbia University: New York, p. ix.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., Crawford B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry, *Science Education*, vol. 88, no. 4, pp. 610-645.
- Sjøberg S. (1995). Meanings and ideologies, the shaping of school science: New trends-or new interest for old criticism? *Journal of Nordic Educational Research*, no 4.
- Sutton C. (2002). Οι Λέξεις, οι Φυσικές Επιστήμες και η Μάθηση, επιμ. Π. Κόκκοτας, μίμρ: Μιχαήλ Ν. Κασούτας - Δημήτριος Π. Λαθούρης, Εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Taylor, C.A. (1994), *Science as Cultural Practice: a Rhetorical Perspective*, *Technical Communication Quarterly*, 3, 67-81.
- Wells G. (1999). *Dialogic Inquiry. Toward a Sociocultural Practice and Theory in Education*, Cambridge University Press.
- Wertsch J. (1991), *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Wertsch, J. & Toma, C. (1995). *Discourse and Learning in the Classroom: A Sociocultural Approach*, In L. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in Education*, pp. 159-174., Mahwah, NJ: LEA.

# Η Φύση της Επιστήμης ως οριζόντιος άξονας στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες

**Κατερίνα Πλακίτση**

*Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων*

---

## Εισαγωγή

Επιχειρώντας να αναλύσουμε σημασιολογικά τον όρο «Φύση των Φυσικών Επιστημών», συνώνυμο του όρου «Ιδέες για την Επιστήμη» ή «Φύση της Επιστήμης», θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι υπάρχουν ιστορικές και φιλοσοφικές διαφορές στους κανόνες, στις παραδόσεις και στις πρακτικές στο πεδίο της Βιολογίας, της Χημείας ή της Φυσικής. Γι' αυτό υιοθετούμε τον όρο «Φύση των Φυσικών Επιστημών» αντί του προγενέστερου «Φύση της Επιστήμης», γιατί δεν πρόκειται για κάτι που είναι ταυτόσημο σε όλα τα επιστημονικά πεδία. Ως εκ τούτου, στις αναφορές μας θα χρησιμοποιούμε τον όρο «Φύση των Φυσικών Επιστημών» ως συνώνυμο του όρου «Φύση της Επιστήμης» (nature of science – NOS).

Η φύση των Φυσικών Επιστημών σχετίζεται έντονα αλλά δεν συμπίπτει με την Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών. Σύμφωνα με τους McComas, Clough & Almazroa, (1998, σελ.4), η φύση των Φυσικών Επιστημών (nature of science – NOS) μπορεί να οριστεί ως ένα υβριδικό πεδίο το οποίο συμπεριλαμβάνει θέσεις και προοπτικές από πολλές κοινωνικές μελέτες των Φυσικών Επιστημών, όπως είναι η Ιστορία, η Κοινωνιολογία και η Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών, σε συνδυασμό με την έρευνα και τα δεδομένα των γνωστικών επιστημών, όπως είναι η Γνωστική Ψυχολογία. Στο πεδίο της Φύσης των Φυσικών Επιστημών τα συμβαλλόμενα πεδία οδηγούν σε πλούσιες περιγραφές σχετικά με το τι είναι οι Φυσικές Επιστήμες, πώς λειτουργούν, πώς οι επιστήμονες λειτουργούν ως κοινωνική ομάδα, και πώς η κοινωνία καθοδηγεί και επηρεάζει τις επιστημονικές προσπάθειες.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την κριτική θεώρηση των Φυσικών Επιστημών

υπό το πρίσμα των κοινωνιολόγων, ως περιγραφές, σχόλια, ανησυχίες και αναλύσεις ειδικών είναι πολλές φορές ακανθή, δυσνόητα, ενδιαφέροντα, ελλιπή, ώστε να μην είναι άμεσα αξιοποιήσιμα από τους ασχολούμενους με την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Όμως είναι ενθαρρυντικό το γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια συναινετική οπτική για το ποιες ιδέες κλειδιά του NOS είναι κατάλληλες για τα αναλυτικά προγράμματα στο επίπεδο Κ-12.

Τονίζουμε ιδιαίτερα ότι ερευνητές όπως οι Osborn, Collins, Ratcliffe, Millar and Duschl (2003), McComas (2005a, 2005b, 1998<sup>1</sup>), Lederman (1999), & McComas, Clough & Almazroa (1998) έχουν προτείνει παρόμοια σύνολα για το περιεχόμενο των στόχων για το NOS, τα οποία μπορούν να συμπεριληφθούν στο αναλυτικό πρόγραμμα και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Κ-12. Οι προτεινόμενες κεντρικές ιδέες, ή βασικές αρχές των Φυσικών Επιστημών παρέχονται στον κατάλογο που ακολουθεί (McComas, 2005b ό.π.):

1) Η επιστήμη απαιτεί και στηρίζεται σε εμπειρικά δεδομένα.

2) Η παραγωγή γνώσης στην επιστήμη γίνεται υπό την επίδραση πολλών παραγόντων, τρόπων σκέψης, λογικών κανόνων και εργαλείων (όπως είναι η προσεκτική παρατήρηση και η καταγραφή των δεδομένων, η ειλικρίνεια στις εκθέσεις αναφορών κ.ά.). Επίσης, η παραδοχή της αξιοπιστίας τόσο της επαγωγικής όσο και της παραγωγικής μεθόδου, η αποδοχή της άποψης ότι δεν υπάρχει μία και μοναδική ενιαία έγκυρη επιστημονική μέθοδος.

- Τα πειράματα δεν είναι ο μοναδικός δρόμος που οδηγεί στη γνώση.
- Οι Φυσικές Επιστήμες χρησιμοποιούν τόσο τον επαγωγικό συλλογισμό όσο και τον υποθετικο-παραγωγικό έλεγχο.
- Δεν υπάρχει μία και μοναδική ενιαία έγκυρη επιστημονική μέθοδος
- Οι Φυσικές Επιστήμες εξελίχθηκαν μέσω της «κανονικής επιστήμης» και των «επαναστάσεων» όπως αυτές περιγράφηκαν από τον Kuhn (1981).

3) Η επιστημονική γνώση έχει διάρκεια αλλά υπόκειται σε κριτική και διαρκή έλεγχο και υπό αυτή την έννοια είναι προσωρινή. Αυτό σημαίνει ότι οι Φυσικές Επιστήμες δεν μπορούν να αποδείξουν τα πάντα, όμως τα επιστημονικά συμπεράσματα είναι αξιόπιστα και λειτουργικά, ενώ παράλληλα επιστημονικά λάθη ανακαλύπτονται και διορθώνονται ως μέρος της διαδικασίας παραγωγής της γνώσης.

4) Οι νόμοι και οι θεωρίες σχετίζονται μεν αλλά είναι διακριτά είδη επιστημονικής γνώσης. Οι επιστημονικές υποθέσεις είναι ιδιαίτερο είδος, αλλά παράλληλα είναι και ένα γενικό είδος επιστημονικής γνώσης.

5) Η επιστήμη έχει δημιουργικά χαρακτηριστικά.

6) Η επιστήμη έχει υποκειμενικά στοιχεία (οι ιδέες και η παρατήρηση είναι φορτισμένες από τα θεωρητικά πιστεύω. Αυτή η προκατάληψη (bias) είναι δυνατόν να παίξει είτε θετικό είτε αρνητικό ρόλο στην επιστημονική έρευνα).

7) Υπάρχουν ιστορικές, πολιτισμικές και κοινωνικές επιρροές στην πρακτική και στην κατεύθυνση προς την οποία εξελίσσεται η επιστήμη.

<sup>1</sup> Το κείμενο αυτό περιλαμβάνεται στον παρόντα τόμο με τίτλο: *Τα κυριότερα στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης: καταρρίπτοντας τους μύθους (ΣτΕ).*

- 8) Η Επιστήμη και Τεχνολογία αλληλεπιδρούν αλλά δεν είναι το ίδιο πράγμα.  
9) Η επιστήμη και οι μέθοδοί της δεν μπορούν να απαντήσουν σε όλα τα ερωτήματα. (Με άλλα λόγια υπάρχουν όρια στα είδη των ερωτήσεων που μπορούμε να υποβάλλουμε στο επιστημονικό πεδίο).

## **Η «αξία» της διδασκαλίας της φύσης της επιστήμης στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών**

Στις κοινότητες των ερευνητών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, των επιμορφωτών στις Φυσικές Επιστήμες, και στους συντάκτες των Αναλυτικών Προγραμμάτων είναι σαφές ότι ένα συνεκτικό, αυτοσυνεπές και αυθεντικό Αναλυτικό Πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών θα πρέπει να περιλαμβάνει στοιχεία από τη Φύση των Φυσικών Επιστημών. Καί' αυτόν τον τρόπο οι μαθητές θα κατανοούν και θα εκτιμούν τις επιστημονικές δραστηριότητες και τα τολμηρά εγχειρήματα των φυσικών, βιολόγων κ.ά. επιστημόνων, και δεν θα ενημερώνονται απλώς για τα επιστημονικά επιτεύγματα.

Το εγχείρημα της ενσωμάτωσης στοιχείων της φύσης της επιστήμης στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες στη βασική εκπαίδευση έχει νόημα για τους παρακάτω λόγους:

- Υπάρχει πλούσια και σοβαρή ερευνητική δραστηριότητα σχετικά με τη Φύση των Φυσικών Επιστημών.
- Στην τρέχουσα Πανεπιστημιακή εκπαίδευση όσων πρόκειται να διδάξουν Φυσικές Επιστήμες, εντάσσονται όλο και περισσότερο θέματα που σχετίζονται με τη Φύση των Φυσικών Επιστημών και την εκπαίδευση του πολίτη.
- Ανάλογο αίτημα διαγράφεται καθαρά και στα αναλυτικά προγράμματα της βασικής εκπαίδευσης όλων των προηγμένων χωρών.
- Ο επιστημονικός και τεχνολογικός αλφαριθμητισμός αποτελεί αίτημα της εποχής μας και συνδυάζεται με το στόχο της εκπαίδευσης του πολίτη. Έτσι, είναι σημαντικό κατά την άποψή μας, στην εκπαίδευση των Νηπιαγωγών και των Δασκάλων να εντάσσονται στοιχεία από τη Φύση των Φυσικών Επιστημών. Αυτό γιατί η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες στην προσχολική ηλικία έχει ως ιδιαιτερότητες «ανοίγματα» στην κοινωνία, τον πολιτισμό και το περιβάλλον. Αυτά τα «ανοίγματα» είναι σημαντικό οι καταρτισμένοι εκπαιδευτικοί να τα διατηρήσουν και να τα επαυξήσουν στο σύγχρονο κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες.
- Πολλές έρευνες έχουν καταγράψει τις αντιλήψεις και τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών για το NOS. Σημαντικοί ερευνητές, όπου μεταξύ άλλων περιλαμβάνονται οι McComas (2005a), Abd-El-Khalick et al (2000), Lederman (1999), Pomeroy (1993), Machamer (1998), Hogan (2000) μελετούν διαφορετικές πτυχές του NOS και τους τρόπους καλλιέργειας πλουραλιστικών απόψεων, πολλαπλών επιστημολογικών προσεγγίσεων και τρόπους ανάπτυξής του στα Αναλυτικά Προγράμματα των Φυσικών Επιστημών και της εκπαίδευσης του πολίτη.

Διδακτικές προσεγγίσεις της φύσης της επιστήμης στο Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων υλοποιούνται:

- Στα προπτυχιακά προγράμματα, μέσω της διδασκαλίας των μαθημάτων «Εισαγωγή στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών» και «Το Μουσείο ως χώρος εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες».
  - ο Κατεύθυνση 1: Έμμεση βιωματική διδακτική προσέγγιση των αρχών της φύσης της επιστήμης στο εργαστήριο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.
  - ο Κατεύθυνση 2: Άμεση διδακτική προσέγγιση των αρχών της φύσης της επιστήμης μέσα από τη δράση «Επιστήμη και Τέχνη» στο πλαίσιο του Προγράμματος Αναμόρφωσης Προπτυχιακών Σπουδών.
  - ο Κατεύθυνση 3: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στα σύγχρονα Μουσεία και Κέντρα Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας.
- Στα επιμορφωτικά προγράμματα δια-βίου και εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, μέσω της ανάπτυξης εκπαιδευτικών σεναρίων, σχεδίων εργασίας και μελετών περίπτωσης.

#### *Προπτυχιακά προγράμματα – Κατεύθυνση 1<sup>η</sup> - Εργαστήριο*

Στο πλαίσιο του μαθήματος «Εισαγωγή στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών», το εργαστήριο λειτουργεί ως χώρος βιωματικής προσέγγισης ορισμένων βασικών αρχών της φύσης της επιστήμης. Αυτό επιχειρείται όπως παρακάτω:

Η διαπραγμάτευση των εννοιών και η εισαγωγή του γνωστικού αντικειμένου εμπλουτίζονται με στοιχεία από την ιστορία και τη φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών, έτσι ώστε να εντοπίζονται ρήξεις, αντιπαραθέσεις και γενικότερα η ιστορικότητα της επιστημονικής γνώσης (Αρχή 7). Σε πρακτικό επίπεδο, οι εκπαιδευτικοί εμπλέκονται σε ασκήσεις πάνω στις δεξιότητες της επιστημονικής μεθόδου, όπου κυριαρχεί η συστηματική συλλογή και επεξεργασία εμπειρικών δεδομένων (Αρχή 1), σε συνδυασμό με την επιχειρηματολογία και την αντιπαραθεση απόψεων (Αρχή 2). Ασκοούνται στη διατύπωση υποθέσεων και στον έλεγχό τους μέσα από το πείραμα (Αρχή 3). Αξιολογούν τι είναι επιστημονική θεωρία και τι όχι (Αρχή 3). Σχεδιάζουν στην ομάδα τους ή παρατηρούν μια δραστηριότητα και εντοπίζουν το επιστημολογικό και κοινωνικό της πλαίσιο (Αρχή 5). Τέλος, διακρίνουν ερωτήματα στα οποία μπορεί να δώσει απαντήσεις η επιστήμη από εκείνα τα οποία δεν ανήκουν στη σφαίρα της επιστήμης (Αρχή 9).

Στις παρακάτω θεματικές ενότητες του εργαστηρίου του μαθήματος θα εντοπίσουμε ορισμένες από τις βασικές αρχές για τη Φύση της Επιστήμης οι οποίες αποτελούν για μας και κριτήρια αξιολόγησης του μαθήματος.

Α) Στην ενότητα «Συλλογές Φύλλων» η αναγνώριση και η ονομασία των μερών του φύλλου στηρίζεται κυρίως σε εμπειρικά δεδομένα. Μέσα από τη δεξιότητα της παρατήρησης, αναγνωρίζονται αρχικά όσα μέρη του φύλλου είναι γνωστά από τον κύκλο εμπειριών και γνώσεων των φοιτητών, ενθαρρύνονται στο να εφεύρουν ονομασίες χωρίς αυτές να παρουσιάζονται από την αρχή ως η απόλυτη επιστημονική γνώση.

Β) Στα θέματα «Διαλυτότητα στερεών στο νερό» και «Επίπλευση και Βύθιση στερεών στο νερό» η παραγωγή επιστημονικής γνώσης προβάλλεται ως αποτέλεσμα ποικίλων παραγόντων.



Αρχικά, χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις, τις προηγούμενες γνώσεις και τη λογική οι φοιτητές οδηγούνται σε επαγωγικούς συλλογισμούς σχετικά με τη συμπεριφορά των υλικών. Στη συνέχεια κάνουν υποθέσεις οι οποίες τίθενται σε έλεγχο κατά τη διαδικασία του πειράματος και τελικά εξαγονται συμπεράσματα. Η επιστημονική γνώση επομένως υπόκειται σε έλεγχο και περιλαμβάνει υποκειμενικά στοιχεία καθώς είναι φορτισμένη από τα θεωρητικά πιστεύω των φοιτητών. Για παράδειγμα υπήρξε αρκετή δυσπιστία στο γεγονός ότι ένα πορτοκάλι επιπλέει ακόμη και μετά τον έλεγχο των υποθέσεων, καθώς δεν ήταν εύκολη η αποδέσμευση από το γνωστικό εμπόδιο ότι το βάρος του σώματος δεν παίζει ρόλο στο αν θα επιπλεύσει ή θα βυθιστεί.

Γ) Στην ενότητα «Ανθρώπινο σώμα» διαφαίνονται ιστορικές και πολιτισμικές επιρροές, καθώς οι φοιτητές έρχονται σε επαφή με έργα τέχνης από διαφορετικές χρονικές περιόδους και μελετούν τους τρόπους με τους οποίους γλύπτες και ζωγράφοι από διαφορετικές χώρες αναπαριστούν το ανθρώπινο σώμα.

Υπάρχει επίσης και η κοινωνική διάσταση στην πρακτική της επιστήμης κατά τη στιγμή που προκύπτει ο προβληματισμός σχετικά με την κατάσταση έλλειψης ενός μέλους του σώματος και γίνεται συζήτηση για τα άτομα με ειδικές ανάγκες.

Δ) Η επιστήμη και οι μέθοδοί της δεν μπορούν να απαντήσουν σε όλα τα ερωτήματα, καθώς υπάρχουν στοιχεία τα οποία θεωρούνται απατόδεκτα. Αυτό αναδεικνύεται από την αδυναμία μας να απαντήσουμε στο ερώτημα «γιατί η γη είναι ένας τεράστιος μαγνήτης;» ή «γιατί υπάρχουν οι μαγνητικές δυνάμεις;» ή ακόμη «γιατί η γη περιστρέφεται και είναι ετερόφωτο σώμα, γιατί αντανακλά το φως του ήλιου;» κ.λ.π. Συχνά χρησιμοποιούνται προτάσεις-προκλήσεις. Κατά το παράδειγμα από το βιβλίο του Hewit, ο φοιτητής καλείται να αποφανθεί ποια πρόταση είναι επιστημονική ανάμεσα στις ακόλουθες: α) Το φεγγάρι αποτελείται από πράσινο τυρί. β) Λογικά όντα υπάρχουν κάπου αλλού στο Σύμπαν. γ) Ο Einstein είναι ο μεγαλύτερος φυσικός του 20ου αιώνα.

Ε) Η αρχή 5, δηλ. ότι η επιστήμη έχει δημιουργικά χαρακτηριστικά αναδεικνύεται περιφερειακά μέσα από την ελαστικότητα του προγράμματος εκπαίδευσης των φοιτητών. Συχνά παρατηρούμε ότι ανεξάρτητα από τον αρχικό σχεδιασμό για την εκπαίδευση των φοιτητών, μέσα από την αλληλεπίδραση προκύπτουν ή κατανοούνται νέες έννοιες. Στο θέμα «Φως» για παράδειγμα, προέκυψε η ανάγκη μελέτης της εναλλαγής μέρας-νύχτας σε σχέση με την περιστροφή της γης χωρίς οι έννοιες αυτές να περιλαμβάνονται στον αρχικό σχεδιασμό.

ΣΤ) Στοιχεία από την ιστορία των Φυσικών Επιστημών εντάσσονται σε κάθε θεματική ενότητα του εργασιτηρίου. Κατ' αυτόν τον τρόπο καθίσταται φανερό ότι οι περισσότερες έννοιες των Φυσικών Επιστημών γίνονται αντικείμενο μελέτης από ερευνητές σε διαφορετικές περιόδους της ιστορίας και πολλές φορές η επιστημονική γνώση που παράγεται είναι μεταβλητή. Η πεποίθηση αυτή αναδεικνύει την αρχή 5 για τη φύση της επιστήμης και προσδίδει στη διδασκαλία έναν νέο προσανατολισμό, ο οποίος αποτελεί τη βάση για το σχεδιασμό των επιμορφωτικών προγραμμάτων.

### *Προπτυχιακά προγράμματα – Κατεύθυνση 2<sup>η</sup> – Επιστήμη και Τέχνη*

Μια δράση μας ήταν στα μαθήματα των φοιτητών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, της Διδακτικής των Μαθηματικών και της Θεατρικής Παιδείας να παρουσιαστεί το

θεατρικό έργο του Brecht GALILEO GALILEI Sidereus nuncius. Αποτελείτο από σκηνικό δρώμενο βασισμένο σε αποσπάσματα της «Ζωής του Γαλιλαίου» του Brecht. Συζητήθηκε το ζήτημα αν ο Galileo Galilei ήταν επιστήμονας, δάσκαλος, ήρωας, επαναστάτης, ή απλώς ένας άνθρωπος που λυγίζει μπροστά στο σωματικό πόνο και τον τρόπο του θανάτου ώστε να απαρνηθεί ακόμα και τις ίδιες του τις ιδέες. Επιχειρήσαμε να αξιοποιήσουμε τη «δύναμη» των μεγάλων κειμένων μέσα από ένα από τα σημαντικότερα έργα του Brecht – που από πολλούς θεωρείται το Οικουμενικότερο - με βασικό θέμα την ευθύνη του επιστήμονα για το μέλλον των ανακαλύψεών του<sup>2</sup>.

Στη συζήτηση συμμετείχαν πολλοί φοιτητές του τρίτου έτους του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών (Π.Τ.Ν.) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Τρία μέλη Δ.Ε.Π. έκαναν παρεμβάσεις ως εξής:

- Παρέμβαση με θέμα: «Γαλιλαίος ο συμπαντικός»: Κατερίνα Καραμήτρου, Λέκτορας της Θεατρικής Παιδείας Π.Τ.Ν. Ιωαννίνων

- Παρεμβάσεις για τη σχέση Επιστήμης και Τέχνης και ειδικότερα του έργου του Γαλιλαίου με τις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά: Μαρία Καλδρυμίδου, Αν. Καθηγήτρια της Διδακτικής των Μαθηματικών Π.Τ.Ν. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Κατερίνα Πλακίτον, Λέκτορας της Διδακτικής των Φυσικών Π.Τ.Ν. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Μέσα από τη μελέτη του θεατρικού έργου του Bertolt Brecht «Η ζωή του Γαλιλαίου» αναδεικνύονται οι πολιτιστικές αλληλεπιδράσεις επιστήμης και κοινωνίας και συγκεκριμένα ο τρόπος που η επιστήμη διαμορφώνει την αντίληψη που έχουμε για τον κόσμο γύρω μας (Brecht, 1991) (Αρχή 5). Οι επιστημονικές θεωρίες καθώς αλλάζουν, παρέχουν στους πολίτες μία διαφορετική ματιά απέναντι στα προβλήματα και τα θέματα που τους απασχολούν, επηρεάζοντας έτσι τον πολιτισμό και αναδιαμορφώνοντας τις κοινωνικές δομές. Με αφετηρία την ιστορία των φυσικών επιστημών, και τον τρόπο που αυτή έχει εκφραστεί μέσα από το θέατρο, αναδεικνύεται η αλληλεπίδραση Επιστήμης και πολιτισμού, ο τρόπος που η επιστήμη και η εκκλήσια συγκρούστηκαν ή συνεργάστηκαν, ο τρόπος που η αλλαγή αυτή γέννησε στο μυαλό των ανθρώπων την αμφισβήτηση απέναντι σε οτιδήποτε θεωρούνταν μέχρι στιγμής δεδομένο από το Θεό, μέχρι τους άρχοντες ως εκφραστές της εξουσίας και τη σχέση άνδρα και γυναίκας.

*Προπτυχιακά και Επιμορφωτικά προγράμματα – Κατεύθυνση 3<sup>η</sup> – Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στα σύγχρονα Μουσεία και Κέντρα Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας*

Στο πλαίσιο ο σχετικών μαθημάτων μας το σύγχρονο Μουσείο Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας αναδεικνύεται ως ιδανικός χώρος της σύγχρονης Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η μη τυπική αυτή μορφή εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες τεκμηριώνεται στις μέρες μας σε διεθνές, ευρωπαϊκό αλλά και εθνικό επίπεδο ολοένα και περισσότερο

<sup>2</sup> Η παράσταση δόθηκε από το θεατρικό εργαστήρι "Απλειοί κίπποι". Επιστημονική σύμβουλος: Βάσω Δημητροπούλου. Σκηνοθεσία-Δραματουργική επεξεργασία: Αφροδίτη Παρζακάνη. Μουσική σύνθεση: Μαριέτα Φαφουάκι. Υπεύθυνη παρουσίασης: Βάσω Δημητροπούλου. Φυσικός-Εκπαιδευτικός θεάτρου.

επιστημολογικά και παιδαγωγικά, ενώ συγχρόνως παράγεται έγκυρο εκπαιδευτικό υλικό από πολλαπλούς παράλληλους φορείς.

Στα μαθήματα οι φοιτητές:

- αναγνωρίζουν την αναγκαιότητα του Μουσείου ως χώρου εκπαίδευσης γενικότερα και ειδικότερα στις Φυσικές Επιστήμες,
- γνωρίζουν τα βασικά χαρακτηριστικά του σύγχρονου Μουσείου (κέντρα τεκμηρίωσης, αίθουσες αλληλεπίδρασης, συμμετοχικά προγράμματα, εμπυκωτές),
- πληροφορούνται για τις σύγχρονες προσεγγίσεις για τη μάθηση που χρησιμοποιούν οι Φυσικές Επιστήμες και μπορούν να λάβουν χώρα σε ένα Μουσείο (Hands-on activities, Interactive teaching learning by doing, Doing and playing),
- ενημερώνονται επαρκώς για τα Μουσεία και άλλους χώρους, όπου υπάρχουν εκθέματα ή άλλες πηγές σχετικές με τις φυσικές Επιστήμες,
- ασκούνται σε τεχνικές ανάδειξης ενός εκθέματος με έμφαση στις Φυσικές Επιστήμες,
- ασκούνται στη χρήση *εκπαιδευτικού υλικού*: π.χ. (μουσειοσυσκευών, μουσειοβαλισμών, εκπαιδευτικών φακέλων) και *εκπαιδευτικών προγραμμάτων* που έχουν άμεση σχέση με τις Φυσικές Επιστήμες και προσφέρουν τα υπάρχοντα Μουσεία της χώρας μας,
- ασκούνται στη δημιουργία και αξιολόγηση *εκπαιδευτικού υλικού* σχετικού με τις Φυσικές Επιστήμες που θα αξιοποιεί τα εκθέματα των Μουσείων ενώ παράλληλα θα είναι εναρμονισμένο με το αναλυτικό πρόγραμμα,
- εξοικειώνονται με τις διαδικασίες που χρειάζονται για μια πετυχημένη επίσκεψη στο Μουσείο,
- ασκούνται στις ενέργειες που πρέπει να κάνουν *πριν*, κατά τη διάρκεια και μετά την επίσκεψη στο Μουσείο,
- γνωρίζουν και συνεργάζονται με το προσωπικό του Μουσείου.

Υποστηρίζουμε ότι οι σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις των Φυσικών Επιστημών στο χώρο του Μουσείου, που απορρέουν από έναν επιστημολογικό πλουραλισμό, μπορούν να λειτουργήσουν ως μοχλός ανάπτυξης σύγχρονων αντιλήψεων για τη φύση της Επιστήμης και αλλαγής των διδακτικών πρακτικών των εκπαιδευτικών.

Στην κατεύθυνση αυτή, μπορεί να λειτουργήσει το επιχείρημα που έχει υποστηριχτεί από την προοπτική του μεταμοντέρνου κοινοτροκυβισμού (Taylor & Willison, 2002), δηλαδή:

- της διαλεκτικής συμπληρωματικότητας, ως της δυναμικής για την ενοποιητική θεώρηση της διαφορετικότητας των επιστημολογιών, σε αντίθεση με τον Καρτεσιανό δυϊσμό (Slattery, 1995), και
- της μεταφοράς, ως πλαισίου αναφοράς για να υπερβούμε τα εμπόδια του σχολαστικισμού που τείνει να ενισχύει την αίσθηση της διαφορετικότητας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, με το γεφύρωμα της βαθιάς γνώσης και της συνεισφοράς των επιστημόνων και των ανθρωπιστών, με βάση το επιχείρημα του επιστημολογικού πλουραλισμού, η περιβαλλοντική ιστορία μπορεί να δυναμώσει την εκτίμηση της κοινωνίας για την οικολογική της κληρονομιά της και να κάνει εμφανή τη σύνδεση μεταξύ της ανθρώπινης δραστηριότητας και της περιβαλλοντικής ποιότητας.

Προϋποθέσεις για τη «γεφύρωση» είναι:

- Ο διευρυμένος ορισμός της έννοιας «μουσείο»
- Οι σύγχρονες διεπιστημονικές διδακτικές προσεγγίσεις και πρακτικές
- Η κατάρτιση του ανθρώπινου δυναμικού.

Επιπλέον, τα σύγχρονα μουσεία και κέντρα των Φυσικών Επιστημών (Koster, 1999):

- Εφαρμόζουν ολιστικές προσεγγίσεις των θεμάτων τους στο πλαίσιο του τρίπτυχου *επιστήμη – τεχνολογία – κοινωνία (STS)*, (Solomon & Aikenhead, 1994) δίνοντας έμφαση περισσότερο στο σήμερα και στο μέλλον παρά στο χτες (τάση που ικανοποιεί τη διαλεκτική συμπληρωματικότητα και την αρχή 7).
- Δημιουργούν συνθήκες πρόσβασης σε κοινό διαφορετικής ηλικίας, διαφορετικής κουλτούρας, και διαφορετικών δυνατοτήτων μάθησης (αρχή 6).
- Αντιμετωπίζουν ενοποιητικά τα θέματά τους δημιουργώντας συνδέσεις με άλλα θέματα (αξιοποίηση της μεταφοράς ως πλαισίου αναφοράς).
- Υιοθετούν τα προϊόντα των τελευταίων εξελίξεων της Τεχνολογίας και προκαλούν έντονες και σπάνιες εμπειρίες στο κοινό (προσφέρουν κίνητρα και ενδιαφέρον για τις Φυσικές Επιστήμες, συντελούν στην αβίαστη μάθηση και ικανοποιούν την αρχή 8).
- Αναπτύσσουν σε τοπικό επίπεδο πολυδιάστατες δραστηριότητες και αποιελούν πηγές και κέντρα μελετών και έρευνας (εκκλαίκευση της επιστήμης, επιστημολογικός πλουραλισμός).
- Συνεργάζονται με άλλους οργανισμούς για να εμπλουτίσουν τις συλλογές τους (διάχυση της επιστήμης).
- Βοηθούν στην επιστημονική τεκμηρίωση των προβλημάτων της κοινωνίας που σχετίζονται με την επιστήμη και την τεχνολογία (κοινωνικός παιδευτικός ρόλος).

Συμπερασματικά, η «νέα γενιά μουσείων και κέντρων Φυσικών Επιστημών» πραγματοποιεί μια στροφή από κέντρα συλλογών με «ανικείμενα σε γυάλινες προθήκες» σε κέντρα αλληλεπίδρασης, δραστηριοτήτων και ιδεών, που βοηθούν τους επισκέπτες όχι μόνο να ερευνήσουν και να μελετήσουν τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, αλλά και τα σύγχρονα κοινωνικο – επιστημονικά θέματα (Koster, 1999, Pedretti, 2002)

Στα επιμορφωτικά προγράμματα εξ αποστάσεως εκπαίδευσης και δια βίου μάθησης, συνεργαστήκαμε στα εξής:

- Επιστημονικός υπεύθυνος και μέλος της ομάδας υλοποίησης του ολοκληρωμένου εκπαιδευτικού πακέτου «Περιβάλλον-Η προστασία του δάσους» για το Δημοτικό σχολείο, της ενότητας «Νηρηίδες - Ανάπτυξη Ολοκληρωμένων Εκπαιδευτικών Πακέτων» το έργο «Πλειάδες – Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Λογισμικού και Ολοκληρωμένων Εκπαιδευτικών Πακέτων για τα Ελληνικά Σχολεία της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης» του Ε.Α.ΙΤΥ και του ΥπεΠΘ.
- Μέλος της ομάδας έργου του διαπανεπιστημιακού ευρωπαϊκού προγράμματος “Science Teacher e-Training (STeT) - Teaching Science using case studies from the History of Science”, 129552-CP-1-2006-1-GR-COMENIUS-C21. Επιστ. Υπεύθυνος Ομ. Καθηγητής Π. Κόκκοτας, Συμμετέχουν σε αυτό τα Πανεπιστήμια Αθηνών, Θεσσαλονίκης, Pavia, Carl von Ossietzky (De), Μαδρίτης και Κύπρου. Αφορά στην

εκπαίδευση από απόσταση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες μέσα από μια κατάλληλα διαμορφωμένη ιστοσελίδα που θα περιλαμβάνει μελέτες περίπτωσης, όπως είναι τα φαινόμενα του ηλεκτρομαγνητισμού, με την ενσωμάτωση στοιχείων από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών.

- Μέλος της ομάδας έργου του διαπανεπιστημιακού ευρωπαϊκού προγράμματος «The MAP prOject: A teacher training program based on Science education and history of science», I18873 - CP - 1 - 2004 - 1 - GR - COMENIUS - C2I. Επιστ. Υπεύθυνος Ομ. Καθηγητής Π. Κόκκοτας. Συμμετέχουν σε αυτό τα Πανεπιστήμια Αθηνών, Θεσσαλονίκης, Παβίας, Μαδρίτης και Carl von Ossietzky (De). Έχει σκοπό την επιμόρφωση εκπαιδευτικών στη διδασκαλία των Φ. Ε. με την ενσωμάτωση στοιχείων της Ιστορίας τους. Η υλοποίηση γίνεται μέσα από ένα αλληλεπιδραστικό αρθρωτό (modular) e-curriculum το οποίο αναπτύσσεται σε μια ιστοσελίδα στο διαδίκτυο. Παρέχει θεωρητική και πρακτική υποστήριξη στον εκπαιδευτικό που διδάσκει Φ. Ε. και ολοκληρωμένα εκπαιδευτικά πακέτα για θέματα των Φυσικών Επιστημών, όπως είναι η πτώση των σωμάτων, τα οποία περιλαμβάνουν και συγκεκριμένα σενάρια διδασκαλίας.
- Συμμετοχή στο πρόγραμμα «Καινοτομικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία-μάθηση εννοιών που περιγράφουν / ερμηνεύουν την έμβια και την άβια ύλη και τα φαινόμενα που παρατηρούνται σ' αυτές» του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, σε συνεργασία με το Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, στο πλαίσιο προγράμματος Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ. – Ενέργεια 3.2β. Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου προγράμματος πραγματοποιήθηκε παιδαγωγική έρευνα (έρευνα δράσης και έρευνα εφαρμοσιμότητας καινοτομικού Αναλυτικού Προγράμματος) ενώ παράλληλα έγινε συγγραφή Ολοκληρωμένου Αναλυτικού Προγράμματος (φύλλων εργασίας μαθητή - οδηγού δασκάλου - φύλλων αξιολόγησης μαθητή).
- Μέλος της ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ του Πειραματικού Προγράμματος Εκπαίδευσης αρ. 21, με τίτλο: "Εποικοδομητική διδασκαλία της ενότητας: τα υλικά σώματα, τα φαινόμενα και η σωματιδιακή δομή της ύλης, στην Ε΄ Δημοτικού", στο πλαίσιο του ΕΡΓΟΥ: ΣΧΟΛΕΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ (Σ.Ε.Π.Π.Ε.) (1998 - 1999 - 2000), που χρηματοδοτήθηκε από το Κοινωνικό Πλαίσιο Στήριξης μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος Εκπαίδευσης και αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης (Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ.) - Υποπρόγραμμα 1, Μέτρο 1.1, Ενέργεια 1.1.α.
- Συμμετοχή σε ερευνητικό πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Αθηνών με τίτλο: «Η ανάπτυξη της έννοιας του χρόνου σε μαθητές της Α΄ θμιας Εκπαίδευσης. Πρόταση για ένα Ολοκληρωμένο Αναλυτικό Πρόγραμμα».
- Συμμετοχή στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα "FIREES: Formation Interdisciplinaire aux Relations Energie - Environment - Societe", DG XI, European Commission. Συνεργαζόμενα Πανεπιστήμια: Πανεπιστήμια Αθηνών, Aveiro, Barcelona, Liege, Paris-7. Το πρόγραμμα είχε ως στόχο τη δημιουργία περιβαλλοντικών εκπαιδευτικών προγραμμάτων με θεματολογία: Ενέργεια - Περιβάλλον - Κοινωνία.

## Ερευνητική δραστηριότητα

Σε συνάρτηση με τα προηγούμενα πραγματοποιήσαμε έρευνες:

Α) Κάναμε κριτική θεώρηση των επιστημολογικών προσεγγίσεων της φύσης της επιστήμης στα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα. Ερευνήσαμε τις επιστημολογικές προσεγγίσεις στις πεποιθήσεις και στις πρακτικές νηπιαγωγών και δασκάλων (Πλακίτον, Κόκκοτας, 2004).

Στα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα η κυρίαρχη άποψη στην επιστημολογική προσέγγιση της φύσης και των επιστημών που τη μελετούν, είναι αυτή του εμπειρισμού και του λογικού θετικισμού. Η οπτική αυτή οδηγεί στην μετατροπή του υποκειμένου σε παθητικό λήπτη της γνώσης, και εξαλείφει την κοινωνία και τον πολιτισμό από την επιστήμη. Κατά τη γνώμη μας, η άποψη αυτή υπονομεύθηκε από στοχαστές όπως ο Ρέιτσε, ο Mead και ο Vygotsky, ενώ ο Piaget υπονόμωσε την κυριαρχία του μπιχεβιορισμού στο χώρο της ψυχολογίας. Η επιστήμη προϋποθέτει ένα ενεργό κοινωνικοποιημένο υποκείμενο, το οποίο πραγματώνοντας την υπευθυνότητα της ύπαρξής του θα αναζητά την τοποθέτησή του σ' ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο κόσμο. Τα προηγούμενα αναλύονται σε θεωρητικό και εμπειρικό επίπεδο μέσα από τις πεποιθήσεις και τις πρακτικές Νηπιαγωγών και Δασκάλων ενώ παράλληλα συνεξετάζονται με συναφείς έρευνες (Hogan, 2000 κ.ά.).

Η Hogan διαχωρίζει τη γνώση των μαθητών για τη φύση της επιστήμης σε *περιφερειακή (distal)* και *εγγύς/κεντρική (proximal)*. Η περιφερειακή γνώση για τη φύση της επιστήμης αναφέρεται στη γνώση των μαθητών για τα πρωτόκολλα, τις πρακτικές και τα προϊόντα της επιστημονικής κοινότητας. Η κεντρική γνώση της φύσης της επιστήμης αναφέρεται στην κατανόηση των μαθητών και στις διαδικασίες οικοδόμησης της γνώσης τους. Είναι δεμένη με το σχολικό πλαίσιο και τις διαδικασίες παραγωγής της γνώσης τους. Η Hogan επισημαίνει ότι η γραμμική και μονοδιάστατη συσχέτιση του τύπου «Αν απαιτείται αυτό το είδος γνώσης τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί αυτός ο τύπος μάθησης» δεν επαρκεί και δεν αποδίδει πάντα τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Πολλές φορές οι κοινωνικές σχέσεις, οι ρόλοι και οι ιεραρχίες μέσα σε μια τάξη, μπορούν να διαμεσολαβήσουν στα πιθανά μεταγνωστικά αποτελέσματα των μαθητών, καθώς και στην ικανότητά τους να αυτορρυθμίσουν τη μάθησή τους. Κατά τη Hogan μια εκτεταμένη έρευνα συσχέτισης ανάμεσα στις 4 δομές της γνώσης των μαθητών για τη φύση της επιστήμης (επιστημολογία, μεταγνώση, περιφερειακή και κεντρική γνώση, βλ. πίνακα 1) θα μπορούσε να μας βοηθήσει να καταλάβουμε την αλληλεπίδραση της ανάπτυξης και των διαδικασιών μάθησης στο σχηματισμό και στη λειτουργία των γνωστικών δομών και τελικά να οδηγηθούμε σε βελτιωμένες μεθόδους διδασκαλίας για να ενθαρρύνουμε τους μαθητές μας να κατασκευάζουν τη γνώση τους και να αποκτούν δεξιότητες.

Β) Ερευνήσαμε τη διαδικασία συγκρότησης ενός πλαισίου επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών, που διδάσκουν φυσικές επιστήμες στην πρώτη σχολική ηλικία, με βάση σύγχρονες απόψεις για τη Φύση της Επιστήμης (Πλακίτον, 2006, Πλακίτον, 2007). Η διαδικασία περιλαμβάνει: α) βιβλιογραφική έρευνα για την αποσαφήνιση του όρου και τον καθορισμό των βασικών αρχών της φύσης της επιστήμης, β) βιβλιογραφική έρευνα για τις απόψεις των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας για τη φύση της επιστήμης, γ) επισκόπηση των αντιλήψεων των φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών (προέλεγχος), δ)

<b>Δομές της γνώσης</b>	<b>Περιγραφή</b>	<b>Παράδειγμα</b>
Περιφερειακή γνώση της φύσης της επιστήμης	Γνώση για την επιστήμη ως επάγγελμα συμπεριλαμβανομένων των επιστημολογικών παραδοχών που στηρίζουν το σχηματισμό και την κριτική της επιστημονικής γνώσης.	«Τα βήματα στην έρευνα των επιστημόνων είναι συνήθως λιγότερο λογικά από ότι τα κάνουν να δείχνουν οι αναφορές τους».
Κεντρική γνώση της φύσης της επιστήμης	Μεταγνώση για τις προσωπικές εμπειρίες και για την ατομική μάθηση, καθώς επίσης και επιστημολογικές παραδοχές για την επιστημονική γνώση και τη μάθηση στο σχολείο.	«Πιστεύω και εγώ, όπως και οι περισσότεροι, ότι οι μαθητές μαθαίνουν την επιστήμη καλύτερα όταν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ο δάσκαλος κάνει σαφές ποιες είναι οι σωστές και ποιες οι λάθος απαντήσεις».
Επιστημολογική γνώση	Επικρατεί γενικό σύστημα πεποιθήσεων για τη φύση και τα όρια της αλήθειας της γνώσης.	«Η γνώση είναι υποκειμενική επειδή εξαρτάται από την άποψη του προσώπου που τη διαμόρφωσε».
Μεταγνώση	Δηλωτική, διαδικαστική και υπό όρους γνώση για τη μάθηση.	«Αν θέλω να θυμηθώ κάτι καινούργιο με βοηθά να το συνδέσω με κάτι το οποίο ξέρω ήδη».

*Πίνακας 1: Μια ανάλυση της γνώσης για τη φύση της επιστήμης (Hogan 2000).*

συγκρότηση του πλαισίου του προγράμματος επιμόρφωσης και του υποστηρικτικού υλικού, αποτελούμενου από δραστηριότητες δομημένες σε φύλλα εργασίας, ε) εφαρμογή του προγράμματος σε φοιτητές του Π.Τ.Ν. Ιωαννίνων για περίοδο ενός ακαδημαϊκού εξαμήνου, και, τέλος, στ) διαπιστώσεις και συμπεράσματα που εξαγονται από τις συνεντεύξεις και τα ερωτηματολόγια μεταελέγχου.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε μέρος των αποτελεσμάτων της έρευνας από τον προέλεγχο (Πλακίτον, 2006ό.π.). Επίσης, επιχειρούμε να αποτυπώσουμε τη λογική της συγκρότησης του πλαισίου επιμόρφωσης. Υποστηρικτικά του πλαισίου, παρατίθενται ενδεικτικά σχέδια μαθήματος. Η επεξεργασία των δεδομένων από την εφαρμογή του προγράμματος και τον μεταέλεγχο συνεχίζεται.

Ως πρώτα αποτελέσματα, από τον προέλεγχο [όπου χρησιμοποιήθηκε ως ερωτηματολόγιο ένα απόσπασμα του ερωτηματολογίου VOSTS (Aikenhead 1989, ό.π.)], παρουσιάζουμε στον πίνακα 1 τις ερωτήσεις και τις απαντήσεις με τη μεγαλύτερη συχνότητα στο σύνολο του δείγματος των 40 φοιτητών/τριών (βλ. και Πλακίτον, 2007 ό.π.).

Ερώτηση	Απάντηση 1	Απάντηση 2	Απάντηση 3
1. Τι είναι κατά την άποψή σας οι Φυσικές Επιστήμες;	Οι Φ.Ε. είναι μια αντικειμενική, λογική και συνεχής προσπάθεια κατανόησης των αρχών και των δυνάμεων που διέπουν τη λειτουργία του σύμπαντος (N=21, p=52,5%)	Κύριο έργο των Φ.Ε. είναι η κατανόηση της λειτουργίας του φυσικού κόσμου (N=12, p=30%)	
2. Τι διαφοροποιεί τις Φυσικές Επιστήμες από άλλα επιστημονικά πεδία έρευνας (π.χ. Θρησκεία, Φιλοσοφία);	Οι Φ.Ε. δεν είναι ένα πεδίο μελέτης που επιτρέπει τη διατύπωση πολλών απόψεων για το ίδιο θέμα, προσωπικών οπτικών και προκαταλήψεων. Οι Φ.Ε. βασίζονται στα γεγονότα (N=20, p=50%).	Οι Φ.Ε. βασίζονται σε συγκεκριμένα γεγονότα που έχουν αποδειχθεί/ είναι αντικειμενικά/ μπορεί να επαναληφθούν από οποιονδήποτε άλλον (N=8, p=20%).	Συγκρινόμενες με τη Φιλοσοφία ή τη Θρησκεία οι Φ.Ε. απαιτούν οριστικές απαντήσεις, οι οποίες είναι σωστές ή λανθασμένες (N=9, p=22,5%).
3. Όταν οι επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών ερευνούν τη φύση, θεωρείται ότι ακολουθούν την επιστημονική μέθοδο. Επιστημονική μέθοδος είναι...	Η διατύπωση ερωτήσεων, η παραγωγή υποθέσεων, η συλλογή δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων (N=21, p=52,5%).	Η διατύπωση μιας θεωρίας και στη συνέχεια ο σχεδιασμός του κατάλληλου πειράματος για την απόδειξή της (N=9, p=22,5%).	Μια λογική και ευρέως αποδεκτή προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων (N=6, p=15%).
4. Οι επιστημονικές ανακαλύψεις συμβαίνουν ως αποτέλεσμα μιας σειράς ερευνητικών διαδικασιών, καθεμιά από τις οποίες στηρίζεται στην προηγούμενη της και οδηγεί λογικά στην επόμενη.	Μερικές από τις επιστημονικές ανακαλύψεις γίνονται τυχαία, ή αποτελούν ένα απρόβλεπτο προϊόν σε σχέση με τις πραγματικές προθέσεις του συγκεκριμένου επιστήμονα. Ωστόσο, πολλές ανακαλύψεις εμφανίζονται ως αποτέλεσμα μιας σειράς ερευνητικών διαδικασιών οι οποίες οικοδομούνται με λογικό τρόπο η μία πάνω στην άλλη (N=19, p=47,5%).	Οι περισσότερες επιστημονικές ανακαλύψεις γίνονται τυχαία, ή αποτελούν ένα απρόβλεπτο προϊόν σε σχέση με τις πραγματικές προθέσεις του συγκεκριμένου επιστήμονα. Μερικές από τις ανακαλύψεις εμφανίζονται ως αποτέλεσμα μιας σειράς ερευνητικών διαδικασιών οι οποίες οικοδομούνται με λογικό τρόπο η μία πάνω στην άλλη (N=13, p=32,5%).	Συνήθως οι επιστημονικές ανακαλύψεις εμφανίζονται ως αποτέλεσμα μιας λογικής σειράς ερευνών. Οι Φ.Ε. όμως δεν είναι πάντοτε λογικές. Υπάρχει ένα στοιχείο δοκιμής και πλάνης στην όλη διαδικασία (N=5, p=12,5%).



<p>5. Όταν αναπτύσσονται νέες θεωρίες ή νόμοι, οι επιστήμονες χρειάζεται να διατυπώσουν συγκεκριμένες υποθέσεις σχετικά με τη φύση (π.χ. η ύλη αποτελείται από άτομα). Αυτές οι υποθέσεις πρέπει να είναι αληθινές έτσι ώστε η επιστήμη να εξελίσσεται κατάλληλα.</p>	<p>Δεν έχει σημασία. Οι επιστήμονες πρέπει να παράγουν υποθέσεις, αληθινές ή όχι, έτσι ώστε να ξεκινήσουν ένα έργο. Η ιστορία έχει δείξει ότι μεγάλες ανακαλύψεις έχουν γίνει μέσω της απόρριψης μιας θεωρίας και μέσω της μάθησης από τις λανθασμένες της υποθέσεις (N=19, p=47,5%).</p>	<p>Εξαρτάται. Μερικές φορές η επιστήμη χρειάζεται αληθείς υποθέσεις ώστε να προοδεύει. Άλλες φορές πάλι η ιστορία έχει δείξει ότι μεγάλες ανακαλύψεις έχουν γίνει μέσω της απόρριψης μιας θεωρίας και μέσω της μάθησης από τις λανθασμένες της υποθέσεις (N=11, p=27,5%).</p>	
<p>6. Επιστήμονες που έχουν εκπαιδευτεί σε διαφορετικές χώρες έχουν αναπτύξει διαφορετικές οπτικές όταν κοιτάζουν ένα επιστημονικό πρόβλημα. Αυτό σημαίνει ότι ο πολιτισμός μιας χώρας (η κουλτούρα της) μπορεί να επηρεάσει τα συμπεράσματα που εξαγουν οι επιστήμονες.</p>	<p>Εξαρτάται. Ο τρόπος που μια χώρα εκπαιδεύει τους επιστήμονες της μπορεί να κάνει τη διαφορά για κάποιους από αυτούς. ΟΜΩΣ κάποιοι άλλοι (επιστήμονες) ερευνούν τα προβλήματα με τον δικό τους προσωπικό τρόπο που βασίζεται στις προσωπικές τους απόψεις (N=17, p=42,5%).</p>	<p>ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ η χώρα αυτή που κάνει τη διαφορά: Επειδή οι επιστήμονες ερευνούν τα προβλήματα με τον δικό τους προσωπικό τρόπο ανεξάρτητα από τη χώρα στην οποία έχουν εκπαιδευτεί (N=7, p=17,5%).</p>	<p>ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ η χώρα αυτή που κάνει τη διαφορά: Επειδή παντού στον κόσμο οι επιστήμονες χρησιμοποιούν την ίδια επιστημονική μέθοδο η οποία οδηγεί στην εξαγωγή παρόμοιων συμπερασμάτων (N=5, p=12,5%).</p>
<p>7. Οι επιστήμονες ΔΕΝ πρέπει να κάνουν λάθη στο έργο τους γιατί αυτά τα λάθη καθυστερούν την πρόοδο της επιστήμης.</p>	<p>Μερικά λάθη μπορεί να επιβραδύνουν την πρόοδο της επιστήμης, άλλα λάθη όμως μπορεί να οδηγήσουν σε νέες ανακαλύψεις ή σε μια αλματώδη πρόοδο. Εάν οι επιστήμονες μαθαίνουν από τα λάθη τους και τα διορθώνουν τότε η επιστήμη προοδεύει (N=29, p=72,5%).</p>		

Πίνακας 2. Αποτελέσματα ερωτηματολογίου προελέγχου

Σχολιάζοντας συνδυαστικά τις απαντήσεις των φοιτητών/τριών στις ερωτήσεις 1 και 2 θα λέγαμε ότι αναδεικνύουν έντονα τη θετικιστική προοπτική με την αναζήτηση της αντικειμενικότητας και της βεβαιότητας της γνώσης. Στην ερώτηση 3, φαίνεται (απάντηση 1) ότι οι φοιτητές και οι φοιτήτριες ορίζουν ως επιστημονική μέθοδο ορισμένες διαδικασίες

της, που κατά τη γνώμη τους είναι οι σημαντικότερες (ταύτιση μεθόδου-διαδικασιών της). Υπάρχουν όμως και οι υποστηρικτές της παραγωγικής μεθόδου, όσοι δηλ. επέλεξαν την απάντηση 2. Στην ερώτηση 4, μπορούμε να σχολιάσουμε ότι οι φοιτητές/τριες του δείγματος δέχονται το τυχαίο ως συστατικό των επιστημονικών ανακαλύψεων (Απαντήσεις 1 και 2). Παράλληλα υπάρχουν και πέντε (N=5) επιλογές στην απάντηση 3, όπου τονίζεται η λογική σειρά η οποία μόνο μπορεί να οδηγήσει στις επιστημονικές ανακαλύψεις. Στην ερώτηση 5, ένα πρώτο σχόλιο σχετικά με τις επιλογές των φοιτητών/τριών είναι ότι θεωρούν απαραίτητη τη διαδικασία διατύπωσης υποθέσεων από τους επιστήμονες είτε αυτές είναι αληθείς είτε ψευδείς. Σχολιάζοντας το περιεχόμενο των απαντήσεων των φοιτητών στην ερώτηση 6, παρατηρούμε ότι δέχονται μόνο εν μέρει ότι η χώρα και η κουλτούρα επηρεάζουν τον επιστήμονα. Κυρίως υποστηρίζουν την άποψη ότι το προσωπικό στοιχείο και η παγκοσμιότητα της επιστημονικής μεθόδου είναι οι κεντρικοί άξονες που οδηγούν τους επιστήμονες. Στην ερώτηση 7, οι φοιτητές/τριες στη συντριπτική τους πλειοψηφία (N=29) υποστηρίζουν ότι τα επιστημονικά λάθη δεν μπορούν να αποφευχθούν. Η επιλογή με την οποία συμφωνούν κατά πλειοψηφία (απάντηση 1) δέχεται τα λάθη ως στοιχεία προόδου της επιστήμης. Αυτή τάση μπορεί να αποτελέσει μια καλή αφετηρία στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σχετικά με τον προσωρινό χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης και το βαθμό αβεβαιότητάς της.

Στη συνέχεια (Πίνακας 3), παραθέτουμε ένα τμήμα της Πρότασης Πλαισίου Αναλυτικού Προγράμματος Επιμόρφωσης, ενδεικτικό της φιλοσοφίας του, το οποίο αφορά το θέμα της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων στον αέρα. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει έννοιες-στόχους και δεξιότητες-στόχους, ενώ παράλληλα έχει και στόχους διδασκαλίας της φύσης της επιστήμης. Στο παράρτημα παρατίθενται ενδεικτικά δύο σχέδια μαθήματος που εμπλέκουν τους φοιτητές στη διαδικασία χρήσης πολλαπλών ερμηνευτικών πλαισίων σχετικά με το φαινόμενο της πτώσης των σωμάτων. Στα σχέδια μαθήματος αξιοποιείται και το e-υλικό που παράχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Comenius “The MAPrOject” (<http://www.primedu.uoa.gr/sciedu/TheMAPrOjectSite/index.htm>).

### *Παραδείγματα διδακτικών σεναρίων με βάση το πλαίσιο στον πίνακα 3.*

*Ερμηνευτικό πλαίσιο Α:* Οι απόψεις του Αριστοτέλη για την πτώση των σωμάτων. Ενδεικτικό σχέδιο μαθήματος.

Διαδικασία: κυρίως διαλεκτική, όχι εμπειρική/πειραματική, μόνο παρατήρηση του φαινομένου και λογική ανάλυσή του.

Δραστηριότητες:

1. Μπορείτε να αναζητήσετε στην ιστοσελίδα του επιμορφωτικού σας προγράμματος (The MAPrOject) και σε άλλες πηγές τη βιογραφία του Αριστοτέλη.
2. Στη συνέχεια μπορείτε να αναζητήσετε τις απόψεις του Αριστοτέλη για την πτώση των σωμάτων.
3. Τώρα μπορείτε να συζητήσετε για εμπειρίες σας από την ελεύθερη πτώση των σωμάτων. Συζητήστε στην ομάδα σας και περιγράψτε λεπτομερώς την ελεύθερη πτώση μιας πέτρας στη γη. Καταγράψτε της περιγραφή της ομάδας σας σε ένα φύλλο χαρτί.
4. Πώς ερμηνεύεται το φαινόμενο με βάση τις απόψεις του Αριστοτέλη; (Ποια είναι η αιτία

<b>Γενική Θεματική Ενότητα</b>	Πτώση των σωμάτων
<b>Ειδική Θεματική Ενότητα</b>	Ελεύθερη πτώση σωμάτων στον αέρα (χωρίς αντίσταση)
<b>Έννοιες</b>	Μετατόπιση, χρόνος, δύναμη και κίνηση, ταχύτητα, επιτάχυνση, g
<b>Δεξιότητες</b>	παρατήρηση, περιγραφή, μέτρηση, ταξινόμηση, πρόβλεψη, υπόθεση, εξαγωγή συμπερασμάτων, επικοινωνία, επιχειρηματολογία, ερμηνεία, κατασκευή απλών διατάξεων και μοντέλων, πειραματισμός, μαθηματικές εκφράσεις, λειτουργικοί ορισμοί, χωροχρονικές σχέσεις, συλλογικότητα, συνεργασία, συνυπευθυνότητα.
<b>Στόχοι</b>	Οι εκπαιδευτικοί -να μελετήσουν πειραματικά την ελεύθερη πτώση στον αέρα χωρίς αντίσταση -να διακρίνουν μεταξύ τους και να ορίσουν λειτουργικά τις έννοιες της τρίτης στήλης -να ασκηθούν στις δεξιότητες της δεύτερης στήλης -να ερμηνεύσουν το φαινόμενο της ελεύθερης πτώσης στον αέρα με βάση τις θεωρίες του Αριστοτέλη και του Γαλιλαίου
<b>Ενδεικτικές Δραστηριότητες</b>	-παρατήρηση του φαινομένου της ελεύθερης πτώσης στις διάφορες προτεινόμενες περιπτώσεις -σχολιασμός αν το φαινόμενο που παρατήρησαν αναφέρεται μονοσήμαντα στην πτώση των σωμάτων ή και στην μέτρηση του χρόνου κ.ο.κ. -μελέτη των θεωριών Αριστοτέλη, Γαλιλαίου και Νεύτωνα για τη δημιουργία ερμηνευτικών πλαισίων -μελέτη βιογραφικών στοιχείων -παρακολούθηση videos ιστορικών πειραμάτων -συμμετοχή σε σχετικά αλληλεπιδραστικά animations -διαμεσολάβηση των εναλλακτικών απόψεων για την εξάρτηση του χρόνου πτώσης από το βάρος του σώματος
<b>Αξιολόγηση</b>	Η αξιολόγηση γίνεται βάσει κριτηρίων. Τα κριτήρια είναι οι εννέα βασικές αρχές για τη φύση της επιστήμης (McComas, ό.π.)

Πίνακας 3: Απόσπασμα πρότασης πλαισίου επιμορφωτικού προγράμματος

- της πτώσης ενός σώματος. Τι ρόλο παίζει το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο;)
5. Συζητήστε στην ομάδα σας και επιχειρηματολογήστε υπέρ της λογικής της ερμηνείας του Αριστοτέλη.
  6. Συζητήστε στην ομάδα σας και επιχειρηματολογήστε κατά της ερμηνείας του Αριστοτέλη για την πτώση των σωμάτων. Ποιο ερμηνευτικό πλαίσιο υποφαίνεται μέσα από την αντιμεπιχειρηματολογία σας;

*Ερμηνευτικό πλαίσιο Β:* Η πειραματική προσέγγιση του Γαλιλαίου στην πτώση των σωμάτων.

Ενδεικτικό σχέδιο μαθήματος

Διαδικασία: κυρίως εμπειρική/πειραματική, συστηματική άσκηση στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου, διαλεκτική-συζήτηση για τα όρια της εμπειρικής επιστήμης.

Δραστηριότητες:

1. Μπορείτε να αναζητήσετε στην ιστοσελίδα του επιμορφωτικού σας προγράμματος (The MAPrOject) και σε άλλες πηγές τη βιογραφία του Γαλιλαίου.
2. Στη συνέχεια μπορείτε να αναζητήσετε τη θεωρία του Γαλιλαίου για την πτώση των σωμάτων.
3. Είναι σημαντικό να έρθετε σε επαφή και να μελετήσετε ιστορικά στοιχεία και πηγές όπως τα χειρόγραφα, που είναι αναρτημένα στην ιστοσελίδα του επιμορφωτικού προγράμματος.
4. Παρατήρηση του φαινομένου της ελεύθερης πτώσης/ Πειραματισμός:
  - Αφού χωριστείτε σε ομάδες, μπορείτε να πειραματιστείτε με πραγματικά αντικείμενα που θα τα αφήνεται να πέφτουν στη γη και να χρονομετρήσετε τους χρόνους πτώσης τους.
  - Μπορείτε να επαναλάβετε τους πειραματισμούς σας αφήνοντας τα αντικείμενα να πέφτουν από κεκλιμένα επίπεδα.
  - Μπορείτε να μετρήσετε τους χρόνους πτώσης σωμάτων διαφορετικού βάρους όταν αυτά αιωρούνται ως εκκρεμή.
  - Στη συνέχεια πειραματιστείτε με τα αλληλεπιδραστικά λογισμικά που λειτουργούν στην ιστοσελίδα του MAPrOject.
5. Κάνοντας τις απαραίτητες προσεγγίσεις στις πειραματικές σας μετρήσεις και υπολογίζοντας πιθανά συστηματικά και τυχαία σφάλματα συζητήστε στην ομάδα σας και βγάλτε τα δικά σας συμπεράσματα για τους χρόνους πτώσης των σωμάτων διαφορετικού βάρους από το ίδιο ύψος προς τη γη.
6. Στη συνέχεια και μέσω της ιστοσελίδας του MAPrOject μπορείτε να παρακολουθήσετε videos αναπαραγωγής ιστορικών πειραμάτων, όπως αυτό με το κεκλιμένο επίπεδο του Γαλιλαίου.
7. Τώρα μπορείτε να επιχειρήσετε την ερμηνεία της ελεύθερης πτώσης με βάση τη θεωρία του Γαλιλαίου. Μπορείτε ακόμα να συζητήσετε για τα όρια και τους περιορισμούς της θεωρίας του Γαλιλαίου μελετώντας αντίστοιχα κείμενα (π.χ. Hewitt, P. Οι έννοιες της Φυσικής, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, κ.ά.).
8. Χωριστείτε σε δύο ομάδες: Η μια ομάδα σας αναλάβει να επιχειρηματολογήσει υπέρ των θέσεων του Γαλιλαίου και της πειραματικής μεθόδου του στη μελέτη της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων. Η άλλη ομάδα σας επιχειρηματολογήσει κατά της θεωρίας του Γαλιλαίου και υπέρ της λογικής ερμηνείας της πτώσης των σωμάτων σύμφωνα με τον Αριστοτέλη. Ανταλλάξτε τα επιχειρήματά σας και προσπαθήστε να καταλήξετε σε μια θέση.

## Συμπερασματικά

Οι βασικές αρχές της φύσης της επιστήμης μπορούν να αποτελούν α) διδακτικό αντικείμενο – στόχο, β) υπόβαθρο στις εργαστηριακές και διδακτικές ασκήσεις της βασικής εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών στο Πανεπιστήμιο, γ) κορμό στα εξ αποστάσεως και δια βίου προγράμματα εκπαίδευσης και κατάρτισης (Comenius κ.ά.).

Στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες χρειάζεται εκτός από τις έννοιες, τις δεξιότητες και τις στάσεις των Φυσικών Επιστημών και διδασκαλία της φύσης της επιστήμης. Το υβριδικό αυτό πεδίο τοποθετεί την επιστήμη στο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο όπου αυτή παράγεται και λειτουργεί, και τη συναρτά με την ψυχολογία και άλλες γνωστικές επιστήμες. Ως εκ τούτου, υποστηρίζουμε ότι η φύση της επιστήμης είναι ένα πεδίο πιο κοντά στο διδακτικό πεδίο απ' ό,τι το πεδίο της καθαρής επιστήμης. Αυτή η τάση καταγράφεται έντονα σε διεθνές επίπεδο (βλ. International History, Philosophy and Sociology in Science Teaching Group, <http://www.iphst.org>). Οι ασχολούμενοι με τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αντιμετωπίζουν την πρόκληση να επιμορφώσουν τους εκπαιδευτικούς στη φύση της επιστήμης. Γιατί οι εκπαιδευτικοί είναι πολύ σημαντικό όταν σχεδιάζουν ή παρακολουθούν μια δραστηριότητα να γνωρίζουν το υποφαινόμενο επιστημολογικό πλαίσιο αυτής. Είναι σημαντικό να γνωρίζουν ότι οι επιλογές πρακτικής που κάνουν οι ίδιοι αντανakλούν τις επιστημολογικές τους θέσεις και καλλιεργούν συγκεκριμένες αντιλήψεις και στάσεις για τις φυσικές επιστήμες. Κατά την άποψή μας, απαιτείται μακροχρόνια συστηματική εκπαίδευση των εκπαιδευτικών με υπόβαθρο έναν επιστημολογικό πλουραλισμό στη διαπραγμάτευση των εννοιών και των θεμάτων.

Η πρόταση ενός πλαισίου προγράμματος επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών χρειάζεται παράπλευρη υποστήριξη και βιωματική εμπλοκή των εκπαιδευτικών σε διαδικασίες έρευνας δράσης με ομάδες ειδικών. Προτείνουμε το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την υλοποίηση από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς αναλυτικών προγραμμάτων για την προσέγγιση ενός θέματος, όπως είναι η πτώση των σωμάτων υπό το πρίσμα των διαφορετικών ερμηνειών που έδωσαν στο φαινόμενο ο Αριστοτέλης, ο Γαλιλαίος, ο Νεύτωνας και ο Αϊνστάιν. Οι πολλαπλές προοπτικές και ερμηνείες των φαινομένων, όπως στην περίπτωση του φαινομένου της πτώσης των σωμάτων, μπορούν να συντελέσουν στην υιοθέτηση σύγχρονων απόψεων για τη φύση της επιστήμης. Η υπόθεση αυτή χρήζει περαιτέρω διερεύνησης μέσω ενός ευρύτερου ερευνητικού προγράμματος.

Τέλος, για τον έλεγχο της πληρότητας των κριτηρίων (των βασικών αρχών της φύσης της επιστήμης σύμφωνα με τον McComas) κατά την παρατήρηση δραστηριοτήτων στο διδακτικό πεδίο, θεωρούμε ότι χρειάζεται μελέτη για τον καθορισμό δεικτών πληρότητας και για τη βαθμολογία των δεικτών στο πλαίσιο κάθε βασικής αρχής.

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057-1095.
- Aikenhead G., Ryan A., & Fleming R. (1989). Views on Science Technology, Society (VOSTS). Department of Curriculum Studies, College of Education, University of Sasnatchewan, Canada.
- Brecht, B. (1991). *Galileo Galilei*, NY: Grove Press.
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of student's knowledge about the Nature of Science. *Science Education*, 84: 51-70.
- Koster, E. (1999). In Search of Relevance: Science Centres as Innovators in the Evolution of Museums. President and Chief Executive Officer, Liberty Science Centre.
- Kuhn, T. (1981). Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων. Θεσσαλονίκη. Τίτλος πρωτοτύπου: *The Structure of Scientific Revolutions* (1962), University of Chicago Press.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 916 – 929.
- Machamer, P. (1998). Philosophy of science: An overview for educators. *Science & Education*, 7, 1-11.
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths of science. In W. F. McComas (Ed.) *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers. (pp. 53-70).
- McComas, W. F. (2005a). Seeking NOS standards: What content consensus exists in popular books on the nature of science? Paper presented at the Annual conference of the National Association of Research in Science Teaching, Dallas, TX, April 2005.
- McComas, W. F. (2005b). Teaching the Nature of Science: What Illustrations and Examples Exist in Popular Books on the Subject? Paper presented at the IHPST Conference, Leeds (UK) July 15-18, 2005.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1998). A review of the role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers. (pp. 3-39).
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., and Duschl, R. (2003). What "ideas-about science" Should be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.
- Pedretti E. (2002), T. Kuhn Meets T. Rex: Critical Conversations and New Directions in Science Centers and Science Museums. *Studies in Science Education*. Vol. 37 (1-42).
- Πλακίτον, Κ. (2006). (υπό έκδοση). Προς ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Φυσικές Επιστήμες σχετικά με τη Φύση της Επιστή-

- μης. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα: Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση, Παιδαγωγικά Τμήματα Προσχολικής Εκπαίδευσης και Ειδικής Αγωγής, Βόλος, σ.σx.
- Πλακίτσι, Κ. (2007). Σχεδιάζοντας ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας με βάση σύγχρονες απόψεις για τη φύση της επιστήμης. Πρακτικά του 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με θέμα: «Η πολιτισμική συνιστώσα των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση». Πανεπιστήμιο Πατρών, σ. 451-462.
- Πλακίτσι, Κ. & Κόκκοτας, Π. (2004). Κριτική θεώρηση των επιστημολογικών προσεγγίσεων της φύσης της επιστήμης στα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα. Ανάδειξη των επιστημολογικών προσεγγίσεων στις πεποιθήσεις και στις πρακτικές Νηπιαγωγών και Δασκάλων. Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου Μάθηση και Διδασκαλία στην Κοινωνία της Γνώσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Π.Τ.Δ.Ε., Κ.Ε.ΕΠ. ΕΚ., Νοέμβριος 2004, σ. 246-253.
- Pomeroy, D.H., 1993, Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers: *Science Education*, 77:3, 261-278.
- Slattery, P. (1995). *Curriculum development in the postmodern era*. New York, NY: Garland Publishing.
- Solomon, J., & Aikenhead, G.S. (Eds.). (1994). *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press.
- Taylor, P.C. & Willison, J.W. (2002). Complementary epistemologies of science teaching: an integral perspective. Paper presented at the 33rd annual conference of the Australian Science Education Research Association, Townsville.





# Γνώσεις και πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την εξήγηση στην επιστήμη και τη διδασκαλία της

**Ιωάννης Α. Βλάχος<sup>1</sup>**

*Σχολικός Σύμβουλος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης*

---

## Εισαγωγή

Ο πλέον απλός τρόπος να αναφερθεί κανείς στην εξήγηση είναι να την περιγράψει ως την απάντηση σε ένα ερώτημα που εισάγεται με το «γιατί». Μια απλή περιγραφή της δομής της εξήγησης είναι ότι αποτελείται από τρία μέρη: Το ερώτημα προς εξήγηση, την επεξηγούσα θέση (αρχή, αιτία, νόμο, θεωρία) και το συλλογισμό (πλήρη ή ελλιπή) που παράγει την εξήγηση.

Παράδειγμα (σε επίπεδο σχολικού βιβλίου του Γυμνασίου).

*Ερώτημα προς εξήγηση:* Γιατί το μολύβι φαίνεται σπασμένο όταν τοποθετηθεί σε ένα ποτήρι που περιέχει νερό;

*Επεξηγούσα θέση:* Νόμος διάθλασης του φωτός. Ιδιότητα του μηχανισμού της όρασης να «βλέπει» μόνο ευθείες.

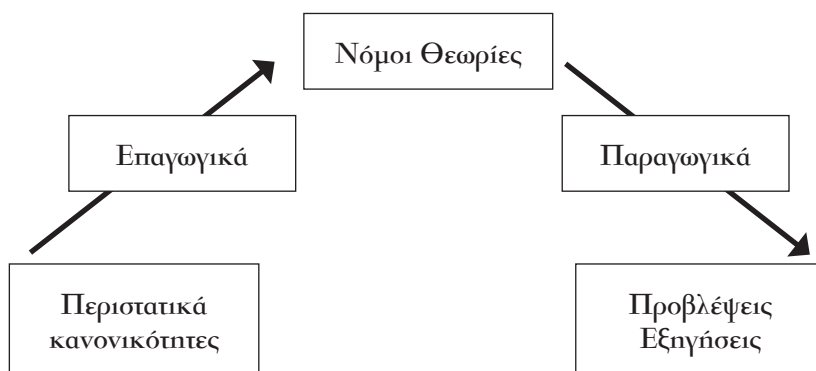
*Συλλογισμός που εξηγεί:* Οι ακτίνες που προέρχονται από το μέρος του μολυβιού που βρίσκεται βυθισμένο στο νερό, καθώς εξέρχονται από το νερό υφίστανται διάθλαση και αποκλίνουν από την αρχική τους διεύθυνση. Ο μηχανισμός της όρασης δε δέχεται την κάμψη αυτή και τοποθετεί τα σημεία από τα οποία προέρχονται αυτές οι ακτίνες πιο πέρα από εκεί που είναι πραγματικά. Αυτό δεν συμβαίνει με το τμήμα που βρίσκεται εκτός του νερού. Η συνολική εικόνα που δημιουργεί ο μηχανισμός της όρασης είναι ότι το μολύβι κάμπτεται στο σημείο που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του νερού.

Ο συλλογισμός καταλήγει στο προς εξήγηση θέμα, ότι το μολύβι φαίνεται σπασμένο. Βέβαια μπορεί να τεθούν περαιτέρω ερωτήματα όπως: Γιατί το συμπέρασμα αυτό είναι σωστό; Γιατί

---

<sup>1</sup> Φυσικός, Ραδιοηλεκτρολόγος, Δρ. Διδακτικής Φ.Ε.

η όρασή μας δεν μπορεί να «δει» με καμπύλες ή τεθλασμένες ακτίνες φωτός; Γιατί οι ακτίνες παθαίνουν διάθλαση; Με ακτίνες, κύματα ή φωτόνια «δουλεύει» ο μηχανισμός της όρασής μας; Μήπως η διάθλαση είναι οπτική απάτη και όχι επιστημονικά προσδιορισμένο φαινόμενο; Συνεπώς η εξήγηση δεν μπορεί να θεωρηθεί ως τελική και πρέπει να δειχθούμε την πληρότητα, την ορθότητα και την επάρκειά της μέσα σε κάποια πλαίσια. Έτσι η εξήγηση ξεφεύγει από τον τεκμηριωμένο συλλογισμό ή την πρόβλεψη και εγείρονται ζητήματα όπως η φύση της εξήγησης, η διαδικασία παραγωγής της, η εγκυρότητα/ η ορθότητά της.



Σχήμα 1

Σύμφωνα με τον A.F. Chalmers (Chalmers, 2000), η διαδικασία της εξήγησης κατά τον επαγωγισμό αποδίδεται στο σχήμα 1. Σ' αυτό φαίνεται πως εξήγηση είναι «αδελφή» διαδικασία της πρόβλεψης, άποψη που τίθεται σε διαπραγμάτευση στη συνέχεια του βιβλίου. Μερικά από τα θέματα που η μελέτη της εξήγησης έχει καταστήσει σαφή είναι τα εξής:

1) Η εξήγηση διαφέρει από την περιγραφή.

Παραδείγματα:

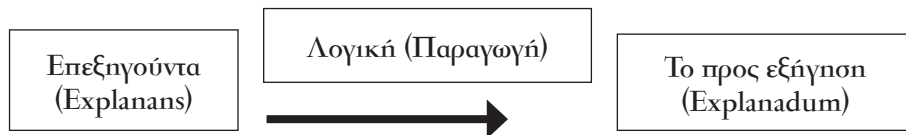
- Οι νόμοι του Κέπλερ περιγράφουν την κίνηση των πλανητών, δηλαδή το είδος της τροχιάς, την περίοδο της κίνησης, την αλλαγή της ταχύτητας κατά την κίνηση πάνω στην τροχιά. Μας επιτρέπουν προβλέψεις π.χ. των εκλείψεων αλλά δεν είναι η εξήγηση της κίνησης των πλανητών.
- Η εξίσωση των ιδανικών αερίων  $PV = nRT$  δεν εξηγεί, αλλά περιγράφει τις αλλαγές.

2) Η εξήγηση δεν μπορεί πάντοτε να εξασφαλίσει την πρόβλεψη και αντιστρόφως.

Παραδείγματα:

- Οι σεισμοί εξηγούνται αλλά δεν προβλέπονται.
- Η πρόβλεψη μιας έκλειψης δεν μπορεί να μας δώσει και την εξήγησή της ως φαινομένου.

Μια περισσότερο αυστηρή οχηματοποίηση της εξήγησης είναι εξής: τα περιστατικά και στοιχεία που συγκροτούν το προς εξήγηση θέμα συνθέτουν μια ενότητα που ονομάζεται «το προς εξήγηση» (explanandum). Οι νόμοι, οι αρχές, οι θεωρίες, το «ιστορικό» που σχετίζονται με το προς εξήγηση θέματος συνθέτουν «τα επεξηγούντα» (explanans) Με βάση τους κανόνες της Λογικής προκύπτει «το προς εξήγηση». (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Εξήγηση (Explanation)

Το γενικό αυτό σχήμα περιγραφής της εξήγησης δεν μπορεί να συλλάβει στοιχεία όπως το πρόσωπο που θέτει το ερώτημα «γιατί», δηλαδή το «προς εξήγηση», αυτόν που απαντά στο ερώτημα παράγοντας την εξήγηση, την ποικιλία των «προς εξήγηση», τις συνθήκες και το πλαίσιο εντός του οποίου διεξάγεται η συζήτηση, τα κριτήρια αποδοχής ή ελέγχου μιας εξήγησης, κ.ά. Ακόμα περισσότερο δεν καλύπτει την παραγωγή ερμηνευτικών υποθέσεων για φαινόμενα που είτε είναι καινοφανή είτε δεν προβλέπονται από τις επικρατούσες θεωρίες και τους ισχύοντες νόμους.

## Επισκόπηση της βιβλιογραφίας

Η τεράστια ποικιλία των ερωτημάτων τύπου «γιατί» στα διάφορα επιστημονικά πεδία έχει δημιουργήσει αντιπαραθέσεις για το νόημα και το ρόλο της εξήγησης στις φυσικές και στις υπόλοιπες επιστήμες αλλά και κατηγοριοποίηση των εξηγήσεων. Κάθε κατηγορία εξήγησης είναι ικανοποιητική για μια μεγάλη ομάδα φαινομένων, δεν μπορεί όμως να θεωρηθεί κατάλληλη για κάποια άλλα. Αναμενόμενο και ερευνητικά προσδιορισμένο είναι ότι υπάρχει πληθώρα τύπων εξήγησης η οποία αντανακλά την ποικιλία των εξηγήσεων και των κριτηρίων αξιολόγησης ή αποδοχής τους (Dancy & Sosa, 1993). Μερικές συνήθεις κατηγορίες είναι οι ακόλουθες: Οι τελεολογικές εξηγήσεις (συμβαίνει για να υπηρετηθεί ένας απώτερος σκοπός, π.χ. *η εναλλαγή των εποχών υπηρετεί την καρποφορία της γης*), οι ανθρωπομορφικές (ανθρώπινα χαρακτηριστικά π.χ. θέλνση, αποδίδονται σε ζώα (π.χ. *δε θέλει να φάει ο σκύλος*), σε υλικά, π.χ. *το νερό δεν μπορεί να διαλύσει άλλη ζάχαρη*), κλπ, απλοϊκής ψυχολογίας (με απλοϊκά-εμπειρικά σχήματα ερμηνεύεται η συμπεριφορά των ανθρώπων, π.χ. *είναι κακομαθημένος γι' αυτό το έκανε.....*), η κατηγορία του κοινού νου (λογικοφανή ή λογικά σχήματα που εκφράζουν συνήθεις εμπειρίες, π.χ. *θα έβρεχε όταν έφυγε γιατί πήρε ομπρέλα μαζί του.....*), σε αιτιολογικές (οι αιτίες ή το ιστορικό είναι η εξήγηση, π.χ. *με τόσα τοιγάρα που κάπνιζε θα το πάθαινε... στο δρόμο υπήρχαν λάδια και οι τροχοί γλίστρισαν*), οι μεταφυσικές (όπου μια μεταφυσική οντότητα επηρεάζει τις εξελίξεις και προκαλεί το φαινόμενο, π.χ. οι πληγές του Φαραώ), κ.ά.

Η ποικιλία αυτή εμφανίζεται και στο περιβάλλον της σχολικής τάξης κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε. Επίσης προσδιορίζεται και στα σχολικά εγχειρίδια. Για παράδειγμα χρησιμοποιούνται λέξεις ή φράσεις όπως: εξήγηση, ερμηνεία, διερμηνεία, αιτιολόγηση δικαιολόγηση, «πώς εξηγείται;», «πώς δικαιολογείται;», «πώς ερμηνεύεται;», «πώς αιτιολογείται;», «πού

οφείλεται;», «ποιά είναι η ερμηνεία;», «ποιά είναι η εξήγηση;», «ποιοί είναι οι λόγοι που συμβαίνει;», κλπ. Ανάλογη είναι και η ποικιλία που καταγράφεται σε έρευνες που αναφέρονται σε άλλες γλώσσες π.χ. στην Αγγλική (Dagher & Cossman 1992).

Η αναζήτηση στην βάση δεδομένων Google Scholar με τις λέξεις explanation, science και teaching σε λογική σύζευξη και σε κείμενα Φυσικών Επιστημών (Φυσική, Χημεία, Βιολογία, Αστρονομία, κλπ), την περίοδο 1990-2007, έδωσε ότι υπάρχουν 8.900 άρθρα στα οποία περιέχονται οι δύο αυτές λέξεις. Η εξήγηση αναφέρεται συχνά σε κείμενα που απηχούν τη συζήτηση για την ένταξη επιστημολογικών θεμάτων στα Αναλυτικά Προγράμματα των Φ.Ε. ή για τις θετικές επιπτώσεις που μπορεί να έχει η «συγχώνευση» της γνώσης του περιεχομένου με την επιστημολογική του θεώρηση και τη μεθοδολογία της διδασκαλίας. Ενδεικτικά και χαρακτηριστικά είναι τα κείμενα: στο Project 2061 Chpt.1 The Nature of Science, το βιβλίο *Science Teaching, The Role of History and Philosophy of Science* του M. R. Matthews, (1994), το μοντέλο SHINE των Σέρογλου Φ. & Κουμαρά Π. (Seroglou & Koumaras, 2001), το άρθρο του Eric R. Scerri (2001) *The new philosophy of Science and its relevance to chemical education*, οι διάφορες εργασίες του Lederman (Lederman, 1992, Lederman & Abd-El-Khalick, 1998).κ.ά.

Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας μπορεί να συνοψισθεί σε τέσσερα πεδία: α) τη φιλοσοφική-επιστημολογική συζήτηση για τη φύση της εξήγησης και για τη θέση της στην Επιστήμη και στη Φιλοσοφία, β) στη γνωσιακή θεώρηση της εξήγησης για το ρόλο της στην κατανόηση και τη μάθηση, γ) για τη θέση της εξήγησης στα Αναλυτικά Προγράμματα των Φυσικών Επιστημών και δ) για τη χρήση της στην έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η ποικιλία των προσεγγίσεων της εξήγησης και οι στόχοι των ερευνητών στα περίπου 9000 άρθρα δεν μπορεί να συνοψισθούν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η οποία θα περιοριστεί σε αυτά που αναφέρονται στις πρακτικές και τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών.

## Φιλοσοφική-Επιστημολογική θεώρηση της εξήγησης

Θεωρώντας ως σημαντικούς σταθμούς το έργο του Αριστοτέλη (Φυσικά I,II, Όργανον), το έργο του W. Ockham (1285-1347), (Ockham's razor - Το ξυράφι του Ockham «κόβει» πολλές από τις μεταφυσικές και μη λογικές εξηγήσεις, βλ. Hoffmann, Minkin & Carpenter, 1997), του F. Bacon (1561-1626), (Novum Organum), τις μελέτες της εξήγησης στο πλαίσιο της Αναλυτικής Φιλοσοφίας, προσεγγίζουμε χρονικά (1948) το έργο των Hempel-Oppenheim: «Studies in the Logic of Explanation» (1948). Οι εξελίξεις στον επιστημολογικό στοχασμό που έχουν έναυσμα στο έργο των Popper, Kun, Feyerabend, Lakatos, κ.ά. εμπλουτίζουν σημαντικά τον στοχασμό για το στόχο, τη λειτουργία και την ορθότητα της διαδικασίας που ονομάζουμε εξήγηση. Μια σύνοψη η οποία είναι χρήσιμη στα πλαίσια της παρούσα εργασίας και η οποία δε διεκδικεί ούτε την ακρίβεια ούτε την πληρότητα της καταγραφής του εκτεταμένου αυτού πεδίου, είναι η ακόλουθη (Πίνακας 1).

Θεώρηση της εξήγησης/ εκπρόσωποι	Συνοπτική περιγραφή
<p>Ως Συμπέρασμα (Inferential View) των Hempel, Oppenheim</p>	<p>Η εξήγηση είναι ένα είδος παραγωγικού συλλογισμού. Οι προκείμενες προτάσεις είναι νόμοι της φύσης και οι συνθήκες του περιστατικού, ενώ το προς εξήγηση είναι το συμπέρασμα. Ανάλογα με τη φύση του νόμου που υπέρκειται του φαινομένου Στατιστικός (π.χ. Κβαντικής Φυσικής) ή Ντετερμινιστικός (π.χ. παγκόσμιας έλξης), η εξήγηση ακολουθεί το Νομοθετικό - Παραγωγικό (ΝΠ), Στατιστικό-Παραγωγικό (ΣΠ) πρότυπο λογικής παραγωγής. Η εξήγηση είναι η πρόβλεψη του φαινομένου από όσα γνωρίζουμε για την κατάσταση των πραγμάτων και για τους νόμους και τις θεωρίες που σχετίζονται με το προς εξήγηση.</p>
<p>Ως αιτιολόγηση (Causal View) των Salmon, Lewis (Salmon, 1990)</p>	<p>Η εξήγηση είναι ο προσδιορισμός των αιτιών ή το ιστορικό των αιτιών που προκάλεσαν το συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Παραδείγματα: Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί την τήξη του στερεού. Το ιστορικό του ασθενούς εξηγεί τα τρέχοντα προβλήματα της υγείας του. Η λήψη αντιβιοτικού φαρμάκου εξηγεί τη θεραπεία του ασθενούς. Παρόλο που η αιτιακή θεώρηση της εξήγησης των φαινομένων κρίνεται ως αναγωγιστική και έχει να αντιπαρατεθεί στην θεώρηση του Hume για την αιτιότητα, οι Salmon και Lewis υποστηρίζουν ότι η εξήγηση ολοκληρώνεται με τον προσδιορισμό των αιτιών.</p>
<p>Πραγματολογική θεώρηση (Pragmatic View) του van Fraassen (1980)</p>	<p>Η εξήγηση είναι ένα σώμα πληροφοριών οι οποίες μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ένα φαινόμενο είναι περισσότερο πιθανό από άλλα επίσης πιθανά φαινόμενα που θα μπορούσαν να εμφανιστούν στις ίδιες συνθήκες. Παράδειγμα: Η εμφάνιση μιας συγκεκριμένης κατάστασης (π.χ. εγκεφαλικό επεισόδιο) θεωρείται ως η αναμενόμενη πλέον πιθανή εξέλιξη μιας αρχικής νόσου (π.χ. υπέρτασης). Επειδή για ένα συγκεκριμένο φαινόμενο ή πειραματικό αποτέλεσμα υπάρχουν περισσότερες από μια ανταγωνιστικές μεταξύ τους ερμηνευτικές υποθέσεις, η αναζήτηση αυτής που μας ικανοποιεί γίνεται με τρόπους που μας οδηγούν στην «καλύτερη εξήγηση», (Inference to the best explanation). Οι τρόποι αυτοί περιλαμβάνουν/στηρίζονται σε στοιχεία τα οποία γίνουν αντιπαραθέσεις, όπως για παράδειγμα μεταξύ Van Fraassen και P. Lipton.</p>
<p>Η φιλοσοφία της καθημερινής γλώσσας (Ordinary Language Philosophy) του Achinstein (1983)</p>	<p>Η εξήγηση είναι η απάντηση που γίνεται κατανοητή από αυτόν που έθεσε το αίτημα για εξήγηση. Η εξήγηση είναι συνάρτηση τριών παραγόντων: του θέματος προς εξήγηση, αυτού που εξηγεί, αυτού που ζήτησε την εξήγηση. Η απάντηση κρίνεται ως <i>Εξήγηση</i>, ή <i>μη Εξήγηση</i> ανάλογα με το αν είναι κατανοητή από αυτόν που τη ζήτησε. Η θέση αυτή έχει απήχηση σε ερευνητές όπως ο R. Newton (2000), ο οποίος υποστηρίζει ότι: <i>Ο σκοπός (aim) της Επιστήμης είναι η κατανόηση (understanding) . . . . μια ώριμη επιστήμη υπερβαίνει την απόκτηση (acquisition), την περιγραφή (description) την κατηγοριοποίηση (tabulation) των πραγματικών συμβάντων (facts) και κάνει την κατανόηση τον κύριο σκοπό της.</i></p>

<sup>2</sup> <http://plato.stanford.edu/entries/scientific-explanation/>

<p>Η θεώρηση της Ερμηνευτικής (Hermeneutics) P. Ricœur, Theory of Interpretation (1995)</p>	<p>Σε αυτήν η εξήγηση (erklären) συσχετίζεται διαλεκτικά με την κατανόηση (verstehen). Αποδίδεται σχηματικά ως εξής:</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph LR     A[Κατανόηση] -- 1 --&gt; B[Εξήγηση]     B -- 2 --&gt; A             </pre> </div> <p>Αρχικά (1) μαντεύουμε το νόημα και έτσι κινούμεθα για να εξηγήσουμε ό,τι θα ακολουθήσει μέσα από την πρόβλεψη που κάνουμε. Στη δεύτερη φάση (2) κινούμεθα ανάδρομα προσπαθώντας να εξηγήσουμε την αρχική μας κατανόηση. Στη διαδικασία αυτή, όσα έχουν προηγηθεί και ανακαλούνται κατά την κατανόηση των πρώτων στοιχείων που επεξεργαζόμαστε, μας γεννούν προβλέψεις για το τι θα συμβεί στη συνέχεια. Ο τίτλος, οι πρώτες γραμμές ενός διηγήματος, τα προηγούμενα διαβάσματα μας, κλπ, μας γεννούν προσδοκίες και εκτιμήσεις για το θα συμβεί στη συνέχεια. Η συνέχεια δικαιώνει ή όχι τις προσδοκίες μας και αναζητούμε τις αιτίες που αστοχήσαμε ή μαντέψαμε σωστά.</p>
---	--

Πίνακας 1

## Η εξήγηση στα Αναλυτικά Προγράμματα

Στα σύγχρονα Αναλυτικά Προγράμματα (στη συνέχεια Α.Π.) η εξήγηση κατέχει σημαντική θέση και ως δεξιότητα-στόχος και ως διαδικασία της επιστημονικής πρακτικής. Οι επιστημολογικές θέσεις για το ρόλο της εξήγησης στην εξέλιξη/αλλαγή των επιστημονικών θεωριών αντανakλώνται και στις επιλογές των Α.Π. (Matthews 2000, Scerif 2001). Ενδεικτικές είναι οι αναφορές στα Προγράμματα του Ηνωμένου Βασιλείου και των Η.Π.Α. Στο Εθνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα (National Curriculum), του Ηνωμένου Βασιλείου, στο επίπεδο Single Science Key Stage 4, στην ενότητα «Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία (Considering evidence), αναγράφεται: «Οι μαθητές να γίνουν ικανοί να χρησιμοποιούν διαγράμματα, πίνακες με στοιχεία, ιστογράμματα, γραφικές παραστάσεις μεγεθών, να ταυτοποιούν (*identify*) και να εξηγούν (*explain*) κανονικότητες (*patterns*) ή συσχετισμούς (*relationships*) μεταξύ των δεδομένων. ... Να χρησιμοποιούν επιστημονική γνώση και κατανόηση για να εξηγούν (*explain*) και να διερμηνεύουν (*interpret*) παρατηρήσεις, μετρήσεις, ή άλλα δεδομένα και συμπεράσματα». (National Curriculum online). Παρόμοιος στόχος αναφέρεται στο κείμενο «Πρότυπα Περιεχομένου για την Επιστήμη» (Science Content Standards) των ΗΠΑ, στις βαθμίδες K9-12. Στην ενότητα «Η Επιστήμη ως Διερεύνηση», διατυπώνεται ως εξής: «Οι μαθητές να καταστούν ικανοί να διατυπώνουν και να αναθεωρούν επιστημονικές εξηγήσεις χρησιμοποιώντας Λογική και δεδομένα» (National Science Education Standards, 1996). Η εφαρμογή στρατηγικών διδασκαλίας οι οποίες περιλαμβάνουν ως φάση ή ως τμήμα τους την παραγωγή και την αναθεώρηση εξηγήσεων, έχει απασχολήσει ουστηματικά τους ερευνητές και η έμφαση δίνεται στη διαδικασία της επιχειρηματολογίας που αναπτύσσουν οι μαθητές είτε ατομικά είτε στις συζητήσεις της ομάδας που ανήκουν. (Bell & Linn, 2000, Driver, Newton & Osborne, 2000, Jiménez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000, Kelley & Takao, 2002, Sandoval, 2003, Zohar & Nemet, 2002).

## **Η εξήγηση ως μαθησιακό αποτέλεσμα**

Ο στόχος « Οι μαθητές να γίνουν ικανοί να παράγουν και να αναθεωρούν εξηγήσεις ώστε να είναι επιστημονικά αποδεκτές» δεν επιτυγχάνεται στον επιθυμητό βαθμό, όπως συμβαίνει και με πολλούς άλλους στόχους της διδασκαλίας των Φ.Ε. Η εξέλιξη της δομής των εξηγήσεων που παράγουν οι μαθητές, σύμφωνα με τον Metz (1991), μπορεί να διακριθεί σε φάσεις: α) η εξήγηση είναι οι ιδιότητες που έχει το σώμα, β) η εξήγηση είναι οι αλληλεπιδράσεις με άλλα σώματα και τα αποτελέσματά τους, και γ) οι μηχανιστικές εξηγήσεις. Οι μαθητές που διδάσκονται Βιολογία στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση διατυπώνουν τελεονομικές και ανθρωπομορφικές εξηγήσεις για φαινόμενα που παρατηρούνται σε φυτά και ζώα (Tamir & Zohar 1991). Οι Touger, Dufresne, Gerace, and Mestre, Hardiman (1995) κατηγοριοποίησαν τις εξηγήσεις των φοιτητών κολεγίου στο μάθημα της Φυσικής σε τρεις κατηγορίες: α) διαισθητικές (intuitive), β) καθοδηγούμενες από τους τύπους (formula driven), γ) μέσω της ιεραρχίας (hierarchical). Ακόμα περισσότερες κατηγορίες εξηγήσεων οι οποίες δεν κρίνονται ως επιστημονικά αποδεκτές προσδιορίστηκαν από την έρευνα για τις «ιδέες των μαθητών» (ενδεικτικά, Driver et al, 1994, Taber & Watts 2000). Οι πλέον συνηθισμένες από αυτές είναι οι εξής: Απλοϊκή αιτιότητα (naive causation), Κυκλοτερές επιχειρήμα (circular argument), Τελεολογική (Teleological), Μη λογική (λογικό λάθος) (Non-logical), Μη επιστημονικά εδραιωμένα (Non-scientifically based), Ανθρωπομορφική (Anthropomorphic), Μη συνεκτική (Non-coherent), Είναι φυσιολογικό-δεν απαιτείται εξήγηση (No explanation needed), Επαναπεριγραφή (Re-description) του φαινομένου αντί της εξήγησης.

Παρόλο που οι μαθητές φαίνεται να εμπλέκονται με ενδιαφέρον στην παραγωγή εξηγήσεων, δυσκολεύονται να το πετύχουν. Συναντούν δυσκολίες να προσδιορίσουν είτε το προς εξήγηση ζήτημα, είτε να προσδιορίσουν αυτά που χρειάζονται για να συγκροτήσουν μια εδραιωμένη σε δεδομένα και στηριζόμενη σε αποδεκτές θεωρίες/νόμους εξήγηση. (Sadler, 2004, Sandoval, 2003).

## **Ο ρόλος της εξήγησης στη διδασκαλία-μάθηση**

Εκτός από τα ευρήματα για την επίδραση της διδασκαλίας στην ικανότητα των μαθητών να εξηγούν φαινόμενα και την ποιότητα των εξηγήσεών τους, στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φ.Ε., η εξήγηση έχει μελετηθεί ως γενικότερη διαδικασία της λογικής σκέψης (reasoning). Η εξήγηση χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα για τις «ιδέες των παιδιών» στο εργαλείο «Πρόβλεψη- Παρατήρηση-Εξήγηση» (Prediction-Observation-Explanation), όπως περιγράφεται από τους White και Gunstone (1992). Η ίδια ακολουθία βημάτων προτείνεται για την επίτευξη της κατανόησης στο ερευνητικό πρόγραμμα (Project zero, "Teaching for understanding project") του Harvard (Blythe, 1998). Η «εξήγηση προς εαυτόν» (self explanation), έχει μελετηθεί και έχει διαπιστωθεί ότι έχει σημαντική συμβολή στην κατανόηση και τη μάθηση (Chi et al 1989). Για τη διαδικασία «εξηγώ σε άλλον/άλλους» (explaining to others) καταγράφηκαν θετικές επιπτώσεις στη μάθηση, οι οποίες εκτείνονται σε πέντε τομείς (Ploetzner, et al, 1999).

Η σημαντική συμβολή της εξήγησης στη μάθηση δεν περιορίζεται στο επίπεδο της εννοιολογικής συγκρότησης αλλά επεκτείνεται και σε απαιτητικά θέματα όπως π.χ. η Θερμοχημεία. (ενδεικτικά, η έρευνα των Teichert and Stacy, 2002).

Η εξήγηση, έχοντας επιστημολογική και μαθησιακή εδραίωση, έχει ενταχθεί στις στρατηγικές διδασκαλίας από τη δεκαετία του 1960 με τον «Κύκλο μάθησης» (Learning Cycle) των Karplus & Thier. Σε νεότερες στρατηγικές προσδιορίζεται ως οριοθετημένο και αναγνωρίσιμο στάδιο, όπως π.χ. στη στρατηγική «5 E» (Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, and Evaluation. (Bybee, 1997). Γενικότερα, στις στρατηγικές της «Μάθησης με διερεύνηση» (Inquiry Learning), η εξήγηση υπηρετεί διάφορους διαδικαστικούς σκοπούς είτε στο εργαστήριο είτε στη μελέτη των μαθητών. Στις στρατηγικές αυτές, στο στάδιο της εξήγησης, οι μαθητές αναζητούν εξηγήσεις για ερωτήματα που γεννήθηκαν από τα προηγούμενα στάδια και για να τις αποκτήσουν χρησιμοποιούν γνώσεις που έχουν, αναζητούν νέα γνώση, ή δοκιμάζουν τη γνώση και τις εξηγήσεις που προτείνει ο εκπαιδευτικός. Η πρόταση και η αναθεώρηση των εξηγήσεων είναι το χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου σταδίου και το πλέον εμφανές είναι η επιχειρηματολογία των μαθητών και ο στοχασμός τους για την αναζήτηση της κοινά αποδεκτής και επιστημονικά αποδεκτής εξήγησης. Οι εκπαιδευτικοί σύμφωνα με τα ευρήματα των McNeill, Lizotte & Krajcik, (2005) δεν έχουν σαφή εικόνα για το δομή μιας εξήγησης, για τον τρόπο που πρέπει να παράγεται, ούτε ακολουθούν την ενδεδειγμένη διδακτική πρακτική για να τη διδάξουν τους μαθητές τους. Καινοτόμες προτάσεις για την αξιοποίηση της εξήγησης στη διδασκαλία στηρίζονται σε ευρήματα για τις διαφορές μεταξύ αρχαρίων και έμπειρων, για την ολιστική ή κατά τμήματα οργάνωση της σκέψης, για την εξέλιξη της ικανότητας για επιχειρηματολογία, κ.ά. (McNeil & Krajcik, 2006, Duschl, R. A. & Osborne, J. 2002).

## Τα πιστεύω και οι πρακτικές των εκπαιδευτικών

Η έρευνα για τις στάσεις και τα πιστεύω των εκπαιδευτικών έχει προσδιορίσει τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις πρακτικές που ακολουθούν στη διδασκαλία τους. Η έρευνα για τα πιστεύω των εκπαιδευτικών σχετικά με τη φύση της επιστημονικής γνώσης (NOS) έχει συμβάλει σημαντικά, φωτίζοντας πτυχές που εκδηλώνονται ρητά ή άρρητα είτε στην επικοινωνία με τους μαθητές είτε στις επιλογές της διδακτικής τους στρατηγικής. Οι γνώσεις και απόψεις των εκπαιδευτικών και οι συσχετισμένες με αυτές πρακτικές τους, αναμένεται να εμφανιστούν στις δραστηριότητες όπου οι ίδιοι εξηγούν, όταν κρίνουν τις εξηγήσεις των μαθητών, όταν τους καθοδηγούν για να αναζητήσουν εξηγήσεις, κλπ. Ρητά ή άρρητα εκφράζουν απόψεις για το πώς γεννιούνται και αλλάζουν οι εξηγήσεις, για το ρόλο των εξηγήσεων στη γέννηση/αλλαγή των θεωριών, για τα κριτήρια με τα οποία κρίνονται οι εξηγήσεις, κλπ (Gallagher 1993, Duschl & Hamilton 1998). Η σχέση μεταξύ των στόχων του Αναλυτικού Προγράμματος για τις εξηγήσεις και των εξηγήσεων που ακούγονται από τους εκπαιδευτικούς κατά τη διδασκαλία των ΦΕ μελετήθηκε από τον Horwood (1988), ο οποίος προσδιόρισε ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τρία είδη εξηγήσεων, καθένα από τα οποία υποδηλώνει/ προωθεί μια διαφορετική εικόνα για την επιστήμη και για αυτόν που ζητάει / παράγει εξηγήσεις. Επίσης ο Horwood



δίνει έμφαση στη διάκριση μεταξύ της επιστημονικής εξήγησης και της εξήγησης στο πλαίσιο της διδασκαλίας. Κριτήριο για τη διάκριση είναι ο ρόλος του μαθητή, ο οποίος πρέπει να καταλάβει την εξήγηση και να τη χρησιμοποιήσει. Σε ανάλογες διακρίσεις, για τις εξηγήσεις που ακούγονται στη διάρκεια της διδασκαλίας, προβαίνουν και άλλοι ερευνητές όπως οι Douglas (1991) και Edgington (1997). Οι κατηγορίες των εξηγήσεων που προσδιόρισαν παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

<b>Είδος</b>	<b>Συγκείμενο</b>	<b>Στόχος</b>
Σχολική -Επιστημονική	Σχολική επιστήμη	Εξήγηση φαινομένων με επιστημονικό τρόπο
Επικοινωνιακή	Επικοινωνία δασκάλου μαθητών	Κατανόηση των λεγομένων
Διδακτική-επιστημονική	Διδασκαλία	Εξήγηση που διδάσκεται/ προσφέρεται από το δάσκαλο

*Πίνακας 2. Ταξινόμηση των εξηγήσεων ανάλογα με το συγκείμενο και το στόχο*

Ως *Σχολικές-επιστημονικές* εξηγήσεις θεωρούμε αυτές που παράγονται σύμφωνα με τη σχολική εκδοχή της επιστήμης και ικανοποιούν κανόνες όπως: χρήση αξιόπιστων στοιχείων, χρήση επιστημονικής θεωρίας /νόμων /αρχών, κανόνες λογικής, κ.ά. Οι Επικοινωνιακές εξηγήσεις ικανοποιούν ανάγκες που δημιουργούνται από την επικοινωνία είτε των μαθητών με τον δάσκαλο, είτε με τα κείμενα των βιβλίων, είτε με τη σκέψη για τη λύση του προβλήματος που τους παρουσίασε, κλπ. Ως *Διδακτικές-επιστημονικές* εξηγήσεις θεωρούμε τις εξηγήσεις των φαινομένων που υποδειγματικά παρουσιάζει ο δάσκαλος. Οι Σχολικές-επιστημονικές εξηγήσεις διαφέρουν από τις επιστημονικές εξηγήσεις οι οποίες στοχεύουν στην ικανοποίηση των ίδιων των επιστημόνων και οι οποίες κοινοποιούνται προς ομοίμους τους στην κοινότητα των ερευνητών. Οι εξηγήσεις των διδασκάλων στοχεύουν στην ικανοποίηση αναγκών των μαθητών (π.χ. περιέργεια, απορία, δυσκολία για κατανόηση) ενώ ταυτόχρονα πρέπει να είναι επιστημονικά αποδεκτές. Η εξισορρόπηση μεταξύ των δύο αντιμαχόμενων πόλων της κατανόησιμότητας (Understandability) (από τους μαθητές) και της επιστημονικότητας (επιστημονική αυστηρότητα στην παραγωγή, ακρίβεια δεδομένων, επιλογή θεωριών, κλπ) είναι το πεδίο όπου οι επιστημολογικές πεποιθήσεις αναδεικνύονται καθοριστικές. Ο προσδιορισμός του σημείου εξισορρόπησης των εκπαιδευτικών είναι το ζητούμενο της παρούσας έρευνας.

## **Δείγμα, μέθοδος, επεξεργασία**

Το δείγμα της έρευνας είναι εβδομήντα οκτώ (78) εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που υπηρετούσαν στην Αθήνα τα σχ. έτη 2004-5 και 2005-6 και οι οποίοι εθελοντικά έλαβαν μέρος στην έρευνα και στις συζητήσεις που ακολούθησαν τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων. Οι εκπαιδευτικοί είναι από όλες τις ειδικότητες του κλάδου ΠΕ4, έχουν περισσότερα από δεκαπέντε χρόνια υπηρεσίας και υπηρετούσαν σε Γυμνάσια της Α΄ Διεύθυνσης Αθήνας.

Το ερωτηματολόγιο είναι το ίδιο που είχε χρησιμοποιηθεί σε παλιότερη έρευνά μας (Vlachos, 2005) και για το λόγο αυτό θα αναφερθούμε συνοπτικά σε αυτό και στον τρόπο επεξεργασίας των απαντήσεων. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από οκτώ ερωτήσεις ανοικτού τύπου που είχαν συνταχθεί ώστε να επιτρέπουν την αμοιβαία διασταύρωση των απαντήσεων. Τρεις ερωτήσεις ζητούσαν τις απόψεις σχετικά με την επιστημολογική θέση της εξήγησης (το ρόλο της, τη διαδικασία παραγωγής, τα κριτήρια επιστημονικότητας της εξήγησης), δύο ζητούσαν να γράψουν παραδείγματα εξηγήσεων και οι υπόλοιπες τρεις αφορούσαν τις πρακτικές που ακολουθούν στη διδασκαλία τους (πώς, πότε και γιατί εξηγούν).

Η επεξεργασία κάθε μιας των απαντήσεων έγινε εθνογραφικά (Cohen & Manion, 1994) και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι κατηγορίες των απαντήσεων σε κάθε μια από τις ερωτήσεις. Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις της ίδιας ενότητας (π.χ. τι είναι η εξήγηση, πώς παράγεται και πώς κρίνεται) ανυπαρβλήθηκαν και ελέγχθηκε η εναρμόνισή τους. Οι κατηγορίες συσχετίστηκαν ώστε να δημιουργηθούν ευρύτερες κατηγορίες (προφίλ) όπου θα εντάσσονταν εναρμονισμένες θέσεις και πρακτικές. Παρόλο που, όπως και στην αρχική έρευνα, συχνά παρατηρήθηκε αντίφαση μεταξύ θέσεων και πρακτικών καθώς και μη εναρμονισμένες απαντήσεις, στις περισσότερες περιπτώσεις επιτεύχθηκε η ταξινόμηση των μελών του δείγματος σε τέσσερα βασικά προφίλ. Η συζήτηση στα σεμινάρια που ακολούθησαν τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων βοήθησε στο σχηματισμό των προφίλ και την ένταξη των μελών του δείγματος σε αυτά. Τα προφίλ αυτά αναπτύσσονται σε δύο διαστάσεις: τη διάσταση των γνώσεων και των απόψεων για την εξήγηση (τι είναι η εξήγηση, πώς παράγεται, πώς κρίνεται, ποιος ο λόγος της στην επιστήμη, κλπ) και τη διάσταση της χρήσης της στη διδασκαλία (Πότε εξηγούν και πώς, πού αποσκοπεί η εξήγηση, ποιος την κάνει, πότε αναθεωρείται, κλπ). Τα προφίλ αυτά είναι τα ίδια με αυτά της αρχικής έρευνας και παρουσιάζονται στον πίνακα 3, που ακολουθεί.

Πρακτικές στη διδασκαλία σχετικά με την εξήγηση	
Γνώσεις και πιστεύω για την εξήγηση	<p><b>Α</b> Δασκαλοκεντρική. Έλλειψη γνώσεων ή ασαφής/λανθασμένη γνώση για την εξήγηση. Στόχος της εξήγησης είναι η κατανόηση. Ο δάσκαλος παρουσιάζει τις εξηγήσεις που υπάρχουν στα βιβλία. Η επανάληψη της φράσης, σκέψης, κλπ ως θεραπεία της μη κατανόησης ή της παρανόησης των επιστημονικών εξηγήσεων. Οι εξηγήσεις που οι ίδιοι παράγουν και παρουσιάζουν στους μαθητές τους είναι μερικώς εσφαλμένες, π.χ. τελενομικές, χωρίς σαφή αναφορά στη θεωρία, κλπ.</p>
	<p><b>Β</b> Δασκαλοκεντρική. Χρησιμοποιούν σωστά το Νομοθετικό-Παραγωγικό και το Αιτιολογικό μοντέλο για την εξήγηση. Με ελλείψεις χρησιμοποιούν και το Στατιστικό-Παραγωγικό. Στοχεύουν στην κατανόηση των επιστημονικών εξηγήσεων. Η επανάληψη της φράσης, σκέψης, κλπ ως θεραπεία της μη κατανόησης ή της παρανόησης των επιστημονικών εξηγήσεων. Όλα σχεδόν τα φαινόμενα μπορεί να εξηγηθούν επιστημονικά ή να αναχθούν σε αιτίες. Η εξήγηση θεωρείται ως το κοινό και ενοποιητικό στοιχείο των επιστημών.</p>

Γνώσεις και πιστεύω για την εξήγηση	<p><b>Γ</b> Επιστημονικο-κεντρική. Η επιστήμη εξηγεί τα φαινόμενα, ανακαλύπτει τις αιτίες, τους νόμους που διέπουν τη λειτουργία της φύσης, περιγράφει με θεωρίες, κλπ. Μας απομακρύνει από τα μεταφυσικά και μας δίνει τις αληθείς εξηγήσεις. Η εξήγηση είναι επιστημονική, η ερμηνεία όχι. Η μάθηση της επιστήμης είναι αυτή που καθιστά το μαθητή ικανό να παράγει σωστές εξηγήσεις για τα φαινόμενα. Καθήκον των μαθητών είναι να μάθουν την επιστήμη για να γίνουν ικανοί να εξηγούν. Γνωρίζουν και παράγουν /διδάσκουν επιστημονικά σωστές εξηγήσεις, χωρίς σαφή γνώση για το τι είναι η εξήγηση.</p>	<p><b>Δ</b> Μαθητοκεντρική. Οι επιστημονικές εξηγήσεις όπως και όλες οι εξηγήσεις πρέπει να ικανοποιούν την περιέργεια και να κατανοούνται από αυτούς που τις ζητούν. Η κατανοητότητα είναι σημαντικότερη από την επιστημονικότητα. Η επαναδιατύπωση, η απλοποίηση, κλπ στοχεύουν στη θεραπεία της μη κατανόησης ή της παρανόησης. Παρωθούν τους μαθητές να δίνουν εξηγήσεις και να τις συζητούν. Συνήθως δίνουν μερικά σωστές ή ελλιπείς ή και εσφαλμένες εξηγήσεις δικής τους κατασκευής, όταν ξεφεύγουν από εκείνες του σχολικού βιβλίου.</p>
-------------------------------------	---	--

Πίνακας 3. Τα προφίλ των εκπαιδευτικών σε σχέση με την εξήγηση

Η πλειοψηφία του δείγματος (91,3%) εντάχθηκε στα τέσσερα προφίλ. Μόνο έξι εκπαιδευτικοί εντάχθηκαν στην κατηγορία «Εκλεκτικοί, μη αυτοσυνεπείς» και φαίνεται ότι δεν προσπαθούν να «κάνουν πράξη τις απόψεις» τους παρόλο που έχουν απόψεις ή ότι δεν τους έχει απασχολήσει η μη εναρμόνιση των απόψεών τους για ένα θέμα.

## Ευρήματα-σχολιασμός

Η κατανομή των μελών του δείγματος στα τέσσερα προφίλ παρουσιάζεται στον Πίνακα 4 που ακολουθεί.

Από τα στοιχεία του Πίνακα 4 μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Ο στόχος «κατανόηση» κυριαρχεί στις απόψεις και τις πρακτικές των μελών του δείγματος (ποσοστό 71,79%). Οι κατηγορίες «Διδακτική-επιστημονική» και «Επικοινωνιακή εξήγηση» φαίνεται να είναι οι συχνότερες κατά τη διδασκαλία.
2. Η ποιότητα των εξηγήσεων δεν είναι η κατάλληλη για το επίπεδο της σχολικής επιστήμης στις περισσότερες των περιπτώσεων (ποσοστό 56,41%). Μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι εκπαιδευτικοί δεν γνωρίζουν τη μεθοδολογία παραγωγής επιστημονικών εξηγήσεων ή δεν γνωρίζουν τα κριτήρια αξιολόγησής τους. Η έλλειψη αυτή σε συνδυασμό με την επιδίωξη της κατανόησης μπορούν να εξηγήσουν το αυξημένο αυτό ποσοστό.
3. Μικρό ποσοστό (15,38%), προφίλ Β, φαίνεται ότι μπορεί να αντισταθμίσει τις απαιτήσεις της σωστής επιστημονικά εξήγησης με την ανάγκη για απλοποίηση και κατανοητότητα από τους μαθητές.
4. Το ποσοστό του προφίλ Γ (20,51%) δείχνει τη μετατόπιση προς την επιστημονική αυστηρότητα εις βάρος της κατανοητότητας. Η στάση αυτή συσχετίζεται με τον κεντρικό ρόλο και το κύρος της επιστημονικής γνώσης. Οι μαθητές θα παράγουν σωστές εξηγήσεις

Κύρια χαρακτηριστικά του προφίλ		Συχνότητα	Ποσοστό %
	Εκλεκτικοί, μη αυτοσυνεπείς	6	7,69
Β	Δασκαλοκεντρική. Κύριος στόχος η κατανόηση. Σωστά παραδείγματα εξήγησης.	12	15,38
Γ	Επιστημονικο-κεντρική. Κύριος στόχος η επιστημονική γνώση και το κύρος της, επειδή εξηγεί χωρίς μεταφυσική. Σωστά παραδείγματα εξήγησης.	16	20,51
Α	Δασκαλοκεντρική. Κύριος στόχος η κατανόηση. Ελλιπή ή εσφαλμένα παραδείγματα εξήγησης.	21	26,92
Δ	Μαθητοκεντρική. Κύριος στόχος η κατανόηση. Εσφαλμένα παραδείγματα κατανόησης.	23	29,49
Άθροισμα		78	100,00

Πίνακας 4

όταν μάθουν σωστά την επιστήμη που βρίσκεται πάνω από αυτές καθώς και τον τρόπο να σκέπτονται επιστημονικά.

5. Ο ρόλος του διδάσκοντος στη διαδικασία των εξηγήσεων είναι κεντρικός στα δύο από τα τέσσερα προφίλ (Α και Β) και σε ποσοστό 42,31%. Η εξήγηση είναι προνόμιο και υποχρέωση του δασκάλου. Αυτός εξηγεί (ή πρέπει να ξέρει να εξηγεί) και κρίνει τις εξηγήσεις και οι μαθητές του μαθαίνουν από αυτόν.
6. Ο μαθητής και οι ανάγκες του για να εξηγήσει τα φαινόμενα που ανυπαίχτα, ο ρόλος του ως ενεργού παραγωγού εξηγήσεων και οι απαιτήσεις να του παρουσιάζουν κατανοητές εξηγήσεις είναι αναβαθμισμένες στο προφίλ Δ. (ποσοστό 29,49%).
7. Σωστά ή και μερικώς σωστά παραδείγματα εξηγήσεων, κρινόμενα στο πλαίσιο της οχολικής επιστήμης, δίνουν δύο από τα τέσσερα προφίλ (το Β και το Γ) που συγκεντρώνουν ποσοστό 35,90%. Αν και οι δύο αυτές κατηγορίες εκπαιδευτικών διαφέρουν ως προς τις πεποιθήσεις για το ενεργό κέντρο της διδασκαλίας (η επιστήμη και η μέθοδος της, ο δάσκαλος), πιθανόν λόγω σπουδών ή επιμόρφωσης να είναι σε θέση να παράγουν και να διδάσκουν σωστές εξηγήσεις.
8. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας με τα αντίστοιχα της προηγούμενης (Vlachos I., 2005), δείχνει ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στα ποσοστά των κατηγοριών ούτε στη μεταξύ τους κατάταξη. Το συμπέρασμα αυτό μπορεί να ερμηνευθεί από το ότι τα δύο δείγματα παρουσιάζουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά όπως η βαθμίδα (Γυμνάσιο), τα χρόνια υπηρεσίας (περισσότερα από 15), η περιοχή που υπηρετούν (Αθήνα), δεν υπήρξε αλλαγή στο εκπαιδευτικό υλικό (π.χ. τα βιβλία), ούτε κάποια σημαντικής κλίμακας επιμόρφωση σχετική με το θέμα της έρευνας.

Μερικά από τα παραπάνω συμπεράσματα ήταν αναμενόμενα από την επισκόπηση ερευνών που προαναφέρθηκαν, όπως των Dagher & Cossman (1992), Tamir & Zohar (1991), Horwood (1988), Edgington 1997, κ.α. Ειδικότερα:

- Οι εκπαιδευτικοί έχουν ελλείψεις ή εσφαλμένες γνώσεις για την εξήγηση, για το πώς παράγεται, πώς κρίνεται, πού αποσκοπεί, πώς εμπλέκεται στην εξέλιξη των επιστημονικών θεωριών, κλπ. Η αδυναμία αυτή αναφέρεται και στη σχολική επιστήμη και στην επιστήμη γενικότερα.
- Τα μέλη του δείγματος εκφράζουν στην πλειοψηφία τους την άποψη ότι η εξήγηση είναι σημαντικός σκοπός για την επιστήμη και της αποδίδει αξία. Συχνά όμως είναι η θέση ότι «τα πάντα μπορεί να εξηγηθούν» ή ότι η εξήγηση είναι «ένα από τα στοιχεία του κύρους και της διαφορετικότητας από τις άλλες επιστήμες που δεν εξηγούν αλλά ερμηνεύουν». Η αποκρατία και ο αναγωγισμός είναι συχνές στις απαντήσεις που έδωσαν.
- Λίγοι εκπαιδευτικοί ισορροπούν ανάμεσα στην αυστηρότητα της επιστημονικότητας και το αίτημα των μαθητών για κατανοητότητα.
- Η σύγχυση μεταξύ της εξήγησης για την κατανόηση κειμένων, σκέψεων, κλπ (Επικοινωνιακή) συγχέεται με την εξήγηση των φυσικών φαινομένων (Σχολική-επιστημονική, Διδακτική-επιστημονική).
- Η έμφαση στην κατανοητότητα είναι αναμενόμενη και μπορεί να υποστηριχθεί από την φιλοσοφικής προελεύσεως θέση του Achinstein, η οποία αναφέρθηκε στην επισκόπηση για την επιστημολογική-φιλοσοφική θεώρηση της εξήγησης.

Πέραν των παραπάνω θεωρητικών θέσεων, οι οποίες συμβάλουν στην ερμηνεία της εμμονής των εκπαιδευτικών να διδάσκουν και να αξιολογούν τις εξηγήσεις, σε προηγούμενη εργασία μας (Vlachos, 2005) εκθέσαμε τρεις ακόμα: 1) Τον παραλληλισμό της παραγωγής των εξηγήσεων σύμφωνα με το Νομοθετικό-Παραγωγικό μοντέλο και της Κατανόησης σύμφωνα με τη θεώρηση του Ausubel (Combinatorial learning, Correlative & Derivative subsumption). 2) Τις διαφορές μεταξύ του συγκεκριμένου των γνώσεων του μαθητή που ζητάει την εξήγηση και του συγκεκριμένου των γνώσεων του δασκάλου που θα επιχειρήσει να εξηγήσει σεβόμενος την επιστημονική μεθοδολογία. Οι διαφορές αυτές σύμφωνα με τους White & Gunstone (1992) είναι ικανές να προκαλέσουν τη μη κατανόηση και νέο αίτημα για εξήγηση. 3) Η κυκλική διαδικασία της κατανόησης και της εξήγησης στη θεώρηση της Διερμηνείας (Theory of Interpretation) του P. Ricoeur, μπορεί ερμηνεύσει το φαινόμενο όπου ακόμα και προσεκτικοί μαθητές ζητούν εξηγήσεις για κάτι που άκουσαν ή διάβασαν.

## **Συμπεράσματα- περιορισμοί**

1. Οι εκπαιδευτικοί του δείγματος όπως και οι εκπαιδευτικοί σε πολλές άλλες χώρες δεν έχουν σαφή εικόνα για την εξήγηση και το ρόλο της, είτε ως προς την επιστημολογική της θεώρηση είτε ως προς την χρήση της στη διδασκαλία και τη μάθηση. Αν και δε γνωρίζουν τις θεωρήσεις των Achinstein, Ricoer, White για τη σχέση της εξήγησης με την κατανόηση, τη θέτουν ως στόχο και «θυσιάζουν» την επιστημονικότητα στην κατανοητότητα. Τη χρησιμοποιούν πιο συχνά ως εξήγηση με στόχο την κατανόηση (Επικοινωνιακού τύπου) ή ως διαδικασία εξήγησης των φαινομένων (Διδακτική-επιστημονική). Αγνοούν άλλες χρήσεις όπως η εξήγηση «προς εαυτόν» ή «προς άλλους» και το ρόλο που αυτές μπορεί να διαδραματίσουν στη μάθηση.

2. Η επιστημολογική εικόνα των εκπαιδευτικών για την εξήγηση δεν είναι σαφής. Στις περιπτώσεις όπου παρουσιάστηκε με σαφήνεια, είχε κυρίως τη χροιά της άρνησης της μεθοδολογικής αυστηρότητας. Στις λίγες περιπτώσεις όπου η επιστημονική μέθοδος και γνώση (και το κύρος τους) ήταν σε προτεραιότητα, η εξήγηση ήταν το κοινό στοιχείο των επιστημών και η ποιότητά της ήταν συναρτημένη με την ποιότητα της επιστημονικής γνώσης του επεξηγούντος εκπαιδευτικού.
3. Παρόλο που η παρούσα έρευνα φαίνεται να επαληθεύει ανάλογη προηγούμενή μας, δεν παύει να έχει τα χαρακτηριστικά της «μελέτης ευκαιριακού δείγματος» (case study). Η σταθερότητα των προφίλ των εκπαιδευτικών και των αντίστοιχων ποσοστών σχετίζεται με τη σταθερότητα σημαντικών παραμέτρων όπως η βαθμίδα εκπαίδευσης, τα χρόνια υπηρεσίας, η έλλειψη επιμόρφωσης, κ.ά.
4. Η ουσιαστικότερη και πληρέστερη διερεύνηση του ρόλου της εξήγησης στη διδασκαλία των Φ.Ε. πρέπει καταλήξει σε προτάσεις: α) για την αναθεώρηση των επιστημολογικών απόψεων των εκπαιδευτικών για την εξήγηση και το ρόλο της, και β) για την αναθεώρηση των πρακτικών που ακολουθούν όταν εξηγούν ή ζητούν από τους μαθητές να εξηγήσουν. Η εφαρμογή των προτάσεων αυτών πιθανόν να μεταβάλει τη θέση του σημείου ισορροπίας μεταξύ της κατανοητότητας και της επιστημονικότητας των εξηγήσεων.

## Βιβλιογραφία

- Achinstein, P. (1983). *The Nature of Explanation*. Oxford University Press, New York.
- Bell, P., & Linn, M. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22 (8), 797-817
- Blythe, T. (1998). *The teaching for understanding guide*. Jossey-Bass, A Willey Company.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving Scientific Literacy*, Portsmouth, N.H.: Heinemann,
- Eisenkraft A. (2003) Expanding the 5E Model, "The Science Teacher", Vol. 70, No. 6
- Chi, M., Bassok, M., Lewis, M.W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Cohen L., & Manion L. (1994). *Research Methods in Education*, Fourth Edition, Routledge, κεφ. 1 και 6.
- Dagher Z., & Cossman G. (1992) Verbal explanations given by science teachers: Their nature and implications, *Journal of Research in Science Teaching*, Volume 29, Issue 4 , pp. 361 - 374
- Dancy J., & Sosa E., (1992), *A companion to epistemology*, Blackwell Companions to Philosophy pp. 129-132
- Driver R., Squires, A., Rushworth P., & Wood-Robinson V. (1994) *Making sense of secondary science, research into children's ideas*, Routledge
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*. 84 (3), 287-312.

- Duschl, R.A., & Hamilton, R.J. (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. στο B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- Douglas, A. R. (1991) What Counts as an Explanation for a Science Teaching Event?, *Teaching Education*, Volume 3, Issue 2, Winter 1991 , pages 69 - 87.
- Duschl, R. A. & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Edgington, J., R. (1997). What Constitutes a Scientific Explanation? Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (Oak Brook, IL, March 21, 1997).
- Gallagher, J.J. (1993). Six views on teaching science. An invitation to reflection and discussion. Michigan State University.
- Hempel, C.G., Oppenheim, P. (1948). Studies in the Logic of Explanation". *Philosophy of Science* 15,2, pp 135-175.
- Hoffmann R., Minkin V. & Carpenter B. (1997), Ockham's Razor and Chemistry, *HYLE—International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 3.
- Horwood, R. H. (1988). Explanation and description in science teaching. *Science Education*, 72, 41-49.
- 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.
- Kelly, G. J. & Takao A. (2002) Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing, *Science Education*, Volume 86, Issue 3, 314 - 342
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions about the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331 - 359
- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. στο W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 83 - 126). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of science*. Routledge, New York.
- McNeill K. & Krajcik J. (2006). 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, April, 2006, San Francisco.
- 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, April, 2005, Montreal, Canada.
- Metz, K. (1991). The development of explanation: Incremental and fundamental change in children physics knowledge, *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 785-797.

- National Curriculum online <http://www.nc.uk.net/nc/contents/Sc-4-1-POS.html> National Science Education Standards (1996). [http://www.nap.edu/books/0309053269/html/\(pp 104,105\)](http://www.nap.edu/books/0309053269/html/(pp%20104,105))
- Newton, R. G. (2000). *The truth of Science, Physical Theories and Reality*, Harvard University Press, σελ 45.
- R. Ploetzner, P. Dillenbourg, M. Preier & D. Traum, "Learning by explaining to oneself and to others", in Pierre Dillenbourg, editor, "Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches", Elsevier Science Publishers pages 103–121, 1999.
- Ricoeur, P. (1995). *Hermeneutics and the Human Sciences*. Cambridge University 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.
- Salmon, W. (1990). *Four Decades of Scientific Explanation*, Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51.
- Scerri, E. R. (2001). The new philosophy of Science and its relevance to chemical education. *Chemistry Education Research and Practice in Europe (CERAPIE)*, Vol. 2, No. 2 Science. Routledge, NY.
- Seroglou, F., & Koumaras, P. (2001). The contribution of the history of physics in physics education: A review. *Science & Education*, 10(1-2), 153-172
- Taber, K., & Watts, M. (2000). Learners' explanations for chemical phenomena, *Chemical Education: Research and Practice in Europe*, 1(3).
- Tamir, P. & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, 75(1), 57-67
- Teichert M., & Stacy A. (2002). Promoting Understanding of Chemical Bonding and Spontaneity through Student Explanation and Integration of Ideas. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39, no 6, pp. 464-496
- Touger, J. S., Dufresne, R., Gerace, W., Mestre, J., & Hardiman, P. T. (1995). How novice physics students deal with explanations, *International Journal of Science Education*, 17, 255.
- van Fraassen, B. C. (1980). *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon Press.
- Vlachos I., (2005). Teachers' Epistemological Beliefs: A Case Study of Teachers' Meaning of the Process of Explanation. *Science Education International*, Vol. 17, No. 2, June 2005, pp. 141-153.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*, The Falmer press.
- Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62.



# Εξηγητικός πλουραλισμός: ένα βασικό χαρακτηριστικό της Φύσης της Επιστήμης

**Κώστας Καμπουράκης**

*Εκπαιδευτήρια Γείτονα*

---

## Εισαγωγή

Η επιστημονική εξήγηση των φαινομένων του κόσμου μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η απάντηση στην ερώτηση «Γιατί;». Γενικά, μια επιστημονική εξήγηση περιλαμβάνει το εξηγητέο (αυτό που εξηγείται) και το εξηγούν (αυτό που κάνει την εξήγηση). Για παράδειγμα, εάν κάποιος ρωτήσει «Γιατί υπάρχει/συμβαίνει το Χ;» και η απάντηση είναι «Διότι υπάρχει/συμβαίνει το Υ», τότε το Χ είναι το εξηγητέο και το Υ είναι το εξηγούν (Salmon, 2001, σελ. 7, Godfrey-Smith, 2003, σελ.191, Rosenberg, 2005, σελ.26). Όμως, εξηγήσεις μπορούν να δοθούν και σε ερωτήσεις του τύπου «Πώς;», «Τι;», «Ποιο;» ή «Πότε;» ή ακόμα και όταν δεν τίθεται κανένα απολύτως ερώτημα (Scriven, 1962). Κατά συνέπεια η επιστημονική εξήγηση μπορεί να απαντά σε ερωτήματα διαφόρων τύπων. Όμως, ακόμα και ερωτήσεις του ίδιου τύπου (π.χ. Γιατί υπάρχει το φαινοτυπικό χαρακτηριστικό Χ;) μπορεί να επιδέχονται διαφορετικές εξηγήσεις. Για παράδειγμα, η εξήγηση ενός εξελικτικού βιολόγου για την ύπαρξη ενός χαρακτηριστικού πιθανότατα θα εστίαζε στην προσαρμοστική σημασία του και στην περίπτωση αυτή το εξηγητέο θα ήταν η φυσική επιλογή. Όμως, δεν είναι όλα τα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά των οργανισμών προσαρμογές (Gould & Lewontin, 1979). Στην εξελικτική βιολογία υπάρχουν και άλλα εξηγητέα, όπως οι ομολογίες, τα οποία δεν μπορούν να εξηγηθούν με τη φυσική επιλογή και τα οποία απαιτούν διαφορετικά εξηγούντα, όπως η κοινή καταγωγή.

Επιπλέον, η επιστημονική εξήγηση δεν έχει απαραίτητα μια ενιαία δομή. Στη φιλοσοφία της επιστήμης έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις σχετικά με τη φύση της επιστημονικής εξήγησης (Salmon, 1989). Έτσι, έχει προταθεί ότι εξήγηση είναι: α) η υπαγωγή του εξηγητέου σε έναν τουλάχιστον γενικό νόμο (μοντέλο του επικαλύπτοντος νόμου: Hempel & Oppenheim, 1948), β) η παροχή πληροφοριών για τις αιτίες του εξηγητέου (αιτιακή θεώρηση: Salmon,

1998), γ) η σύνδεση διαφορετικών γεγονότων μέσω της υπαγωγής τους σε ένα σύνολο βασικών προτύπων και αρχών (ενοποιητική θεώρηση: Kitcher, 1981), ή ένας συνδυασμός αιτιακής και ενοποιητικής θεώρησης (καιρική θεώρηση: Strevens, 2004). Κατά συνέπεια, ανάλογα με την θεώρηση που εφαρμόζεται είναι δυνατόν να δίνονται διαφορετικού τύπου εξηγήσεις στο ίδιο βασικό ερώτημα. Έτσι, για παράδειγμα, το ίδιο εξηγητέο (π.χ. οι προσαρμογές) μπορεί να εξηγηθεί με διαφορετικούς τρόπους αφού ανάλογα με τη θεώρηση το εξηγούν μπορεί να είναι ένας νόμος, μια κανονικότητα ή κάποια επιμέρους αίτια. Γενικά, στην εξελικτική βιολογία θεωρείται ότι υπάρχουν εξηγήσεις που εστιάζουν στην αιτιακή λεπτομέρεια και εξηγήσεις που περιγράφουν γενικότερα πρότυπα (Sterelny, 1996).

Με βάση τα παραπάνω μπορεί να θεωρηθεί κανείς ότι η επιστήμη χαρακτηρίζεται από ένα είδος εξηγητικού πλουραλισμού σε δυο διακριτά επίπεδα: α) στον τύπο των εξηγητέων, δηλαδή των προς εξήγηση φαινομένων ή χαρακτηριστικών, και β) στον τύπο των εξηγούντων, δηλαδή των νόμων, των κανονικοτήτων ή των αιτιακών διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για να εξηγήσουν το ίδιο εξηγητέο. Αυτός ο εξηγητικός πλουραλισμός είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της φύσης της επιστήμης, το οποίο είναι διακριτό από τα ευρέως αποδεκτά χαρακτηριστικά (McComas, 2004<sup>1</sup>). Στην εργασία αυτή χρησιμοποιείται ως παράδειγμα η εξελικτική βιολογία, που βασίζεται στη θεωρία του Darwin (1859), προκειμένου να παρουσιαστεί ένα συγκεκριμένο παράδειγμα του εξηγητικού πλουραλισμού της επιστήμης και στα δυο παραπάνω επίπεδα. Έτσι, αποσαφηνίζεται ότι η θεωρία του Darwin, η οποία περιγράφεται συνήθως ως θεωρία της φυσικής επιλογής, δεν εξηγεί μόνο τις προσαρμογές αλλά έχει και άλλα εξηγητέα όπως είναι οι ομολογίες μεταξύ των οργανισμών. Με άλλα λόγια η θεωρία του Darwin απαντά σε τουλάχιστον δυο διακριτά ερωτήματα: την προέλευση των προσαρμογών και την προέλευση των ομολογιών. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι βασικότερες θεωρήσεις της εξελικτικής εξήγησης από τη φιλοσοφία της επιστήμης οι οποίες έχουν αναπτυχθεί βασιζόμενες στη θεωρία του Darwin και οι οποίες παρέχουν διακριτές εξηγήσεις για την προέλευση των προσαρμογών, αν και όλες βασίζονται στη φυσική επιλογή.

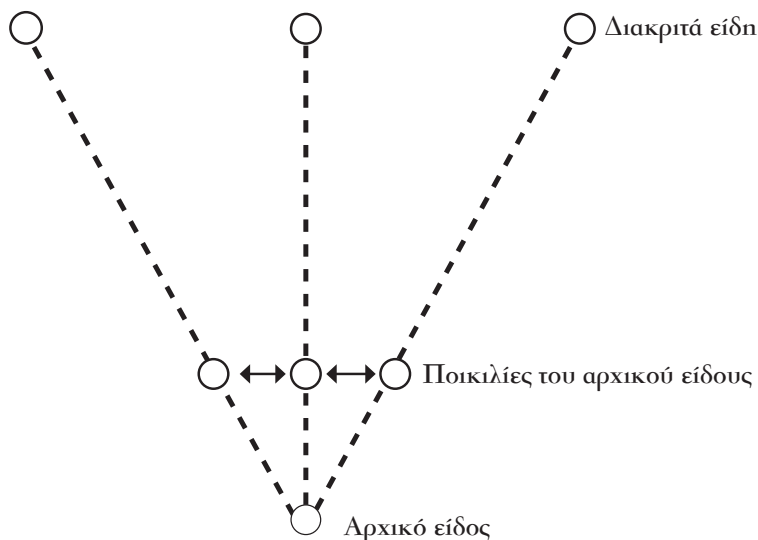
## Η εξήγηση της εξέλιξης στην *Προέλευση των Ειδών* του Darwin

Η επιχειρηματολογία στην *Προέλευση των Ειδών* περιλάμβανε δυο κεντρικές ιδέες: το δέντρο της ζωής και τη φυσική επιλογή. Σύμφωνα με την πρώτη κεντρική ιδέα τα είδη άλλαζαν με την πάροδο του χρόνου και ορισμένα από αυτά εξαφανίζονταν ενώ άλλα συνέχιζαν να υπάρχουν ή έδιναν γένεση σε νέα είδη. Η ιδέα αυτή συνίστατο από δυο επιμέρους ιδέες: το μετασχηματισμό, δηλαδή την ιδέα της αλλαγής ενός είδους προς ένα άλλο, και την κοινή καταγωγή, δηλαδή την ιδέα της διάσπασης ενός αρχικού είδους σε δυο ή περισσότερα νέα είδη. Η δεύτερη κεντρική ιδέα, η φυσική επιλογή, πρόσφερε ένα μηχανισμό για τον τρόπο με τον οποίο άλλαζαν τα είδη μέσω μιας διαδικασίας επιλογής παρόμοιας με τη μέθοδο της τεχνητής επιλογής που χρησιμοποιούσαν οι γεωργοί και οι κτηνοτρόφοι προκειμένου να τρο-

<sup>1</sup>Το άρθρο αυτό περιέχεται στον παρόντα τόμο με τίτλο: *Ιδέες-κλειδιά για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης (ΣΤΕ)*

ποιοποιήσουν τις ποικιλίες των καλλιεργούμενων φυτών ή των εκτρεφόμενων ζώων. Και οι τρεις αυτές ιδέες είναι λογικά ανεξάρτητες η μια από την άλλη. Η ιδέα της κοινής καταγωγής είναι λογικά ανεξάρτητη από την ιδέα του μετασχηματισμού γιατί ορισμένα είδη μπορούν να αλλάξουν δραματικά με την πάροδο του χρόνου χωρίς να διασπαστούν σε δυο ή περισσότερα νέα είδη. Η ιδέα της κοινής καταγωγής είναι επίσης λογικά ανεξάρτητη από την ιδέα ότι η φυσική επιλογή είναι ο βασικός μηχανισμός της εξελικτικής αλλαγής γιατί η φυσική επιλογή μπορεί να λάβει χώρα χωρίς ένα είδος να διασπαστεί σε δυο ή περισσότερα νέα είδη. Από την άλλη, μια τέτοια διάσπαση μπορεί να συμβεί μέσω μιας διαδικασίας που δεν περιλαμβάνει τη φυσική επιλογή. Τέλος, αν και ο Darwin θεωρούσε ότι η φυσική επιλογή ήταν ο βασικός μηχανισμός του μετασχηματισμού των ειδών, εντούτοις χρησιμοποίησε παραδείγματα όπου ο μετασχηματισμός μπορούσε να συμβεί χωρίς αναφορά στη φυσική επιλογή (Waters, 2003).

Η ιδέα του μετασχηματισμού των ειδών του Darwin βασίστηκε στην ύπαρξη ενδοειδικής ποικιλότητας η οποία οδηγούσε στη μετατροπή των ποικιλιών σε νέα είδη (Darwin, 1859, σελ.59). Η βαθμιαία διαφοροποίηση των ποικιλιών ενός είδους είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων διακριτών ειδών και τη διαρκή διεύρυνση των ταξινομικών βαθμίδων (Bowler, 2003, σελ.167). Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στην εικόνα 1. Μια συνέπεια της διαδικασίας αυτής ήταν η κοινή καταγωγή των οργανισμών. Εάν από ένα αρχικό είδος μπορούσαν να προκύψουν διάφορα νέα, τότε θα ήταν λογικό για κάθε ομάδα οργανισμών να υπάρχει ένας κοινός πρόγονος. Τα περισσότερα από τα επιχειρήματα στα κεφάλαια VI και X-XIII της *Προέλευσης* βασίζονταν στο γεγονός ότι ορισμένα φαινόμενα ήταν πιο εύκολο να γίνουν κατανοητά με βάση την κοινή καταγωγή (Mayr, 1982, σελ.435). Έτσι, ο Darwin θεώρησε ότι όλα τα ζώα και τα φυτά είχαν προκύψει από έναν περιορισμένο αριθμό αρχικών ειδών. Μάλιστα, προέκτεινε την ιδέα αυτή ώστε να καταλήξει στην προέλευση όλων των ειδών από μια αρχική μορφή ζωής (Darwin, 1859, σελ. 483-484).



Εικόνα 1 Η σχέση μεταξύ ποικιλιών και ειδών κατά τον Darwin (από Bowler, 2003, σελ.167)

Οι ιδέες του μετασχηματισμού των ειδών και της κοινής καταγωγής συνιστούσαν τη μια κεντρική ιδέα του Darwin, το δέντρο της ζωής. Η άλλη κεντρική ιδέα ήταν η φυσική επιλογή. Ο Darwin θεώρησε ότι στη φύση υπήρχε ένας διαρκής αγώνας για επιβίωση. Ορισμένα άτομα μπορεί να έφεραν ευνοϊκές παραλλαγές ενός χαρακτηριστικού που θα αύξαναν τις πιθανότητες τους για επιβίωση και αναπαραγωγή ενώ άλλα άτομα θα έφεραν άλλες μειονεκτικές παραλλαγές που δεν θα ευνοούσαν την επιβίωση και την αναπαραγωγή τους. Η φυσική επιλογή ήταν η διαδικασία διατήρησης των ευνοϊκών παραλλαγών, μέσω της επιβίωσης και της αναπαραγωγής των ατόμων που τις έφεραν, και της απόρριψης των μειονεκτικών παραλλαγών, μέσω της εξάλειψης των αντίστοιχων ατόμων (Darwin, 1859, σελ.80-81). Η ιδέα της φυσικής επιλογής ήταν αποτέλεσμα της μεταφοράς της διαδικασίας της τεχνητής επιλογής στη φύση. Η συλλογιστική του Darwin ήταν οργανωμένη γύρω από ένα αναλογικό επιχείρημα που παραλλήλιζε τις συνθήκες της τεχνητής επιλογής, που είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων διασταυρώσεων και ποικιλιών, με τις συνθήκες που υπήρχαν στη φύση. Η εξήγηση του Darwin για τη φυσική επιλογή περιλάμβανε τρεις συνθήκες:

1. Οι παραλλαγές μέσα στα είδη παράγονταν τυχαία δίχως να λαμβάνεται υπόψη κάποιο προσαρμοστικό πλεονέκτημα.
2. Οι τυχαία παραγόμενες παραλλαγές έδιναν διαφορετικές ευκαιρίες στους οργανισμούς για να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν στο περιβάλλον τους.
3. Οι τυχαία παραγόμενες παραλλαγές κληρονομούνταν.

Η στρατηγική του Darwin ήταν να ταιριάζει τη διαδικασία της τεχνητής επιλογής με το φυσικό της αντίστοιχο ώστε να συμπεράνει ότι τα αποτελέσματα από τις δύο διαδικασίες θα έπρεπε επίσης να συμφωνούν. Υποθέτοντας ότι οι μηχανισμοί για τη δημιουργία και την κληρονομία των παραλλαγών ήταν οι ίδιοι τόσο για την τεχνητή όσο και για τη φυσική επιλογή, ο Darwin συμπέρανε πως οιδίποτε μπορούσε να έχει προκύψει με τους συγκεκριμένους μηχανισμούς κάτω από τεχνητές συνθήκες θα μπορούσε να έχει προκύψει και κάτω από φυσικές συνθήκες (Waters, 2003).

Ετσι, εάν για παράδειγμα θεωρήσουμε ότι υπήρχε ένα αρχικός πληθυσμός καμπλοπαρδάλεων, μπορούμε να υποθέσουμε ότι περιείχε άτομα που τυχαία είχαν διαφορετικό μήκος λαιμού. Εάν σε περιόδους ξηρασίας η τροφή περιοριζόταν στα δέντρα, τα άτομα με διαφορετικό μήκος λαιμού θα είχαν διαφορετικές δυνατότητες ανεύρεσης τροφής. Ειδικότερα, οι καμπλοπαρδάλες με μεγάλο μήκος λαιμού θα έβρισκαν πιο εύκολα τροφή στα δέντρα σε σύγκριση με εκείνες που είχαν μικρό μήκος λαιμού. Κατά συνέπεια, περισσότερες καμπλοπαρδάλες με μεγάλο μήκος λαιμού και λιγότερες καμπλοπαρδάλες με μικρό μήκος λαιμού θα επιβίωναν και θα αναπαράγονταν, κληροδοτώντας το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στους απογόνους τους. Με την πάροδο του χρόνου ο μέσος όρος του μήκους λαιμού στον πληθυσμό θα αύξανε και τελικά οι πληθυσμοί του ίδιου είδους θα μπορούσαν να διαφοροποιηθούν τόσο ώστε τελικά να αποτελέσουν διαφορετικά είδη. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αποσαφηνιστεί μια κεντρική έννοια της θεωρίας του Darwin, η αρμοστικότητα (fitness). Παρά το γεγονός ότι ο Darwin χρησιμοποίησε ελάχιστα τον συγκεκριμένο όρο, είχε την αντίστοιχη έννοια κατά νου αναφερόμενος σε μια ιδιότητα του οργανισμού συσχετισμένη με τον τρόπο ζωής του και κατά συνέπεια στο αίτιο που εξηγούσε την επιτυχία των ατόμων που υπόκειντο στη διαδικασία της

φυσικής επιλογής, ως οργανισμών που «αρμόζουν» σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον (Ariew & Lewontin, 2004).

Στη φιλοσοφία της επιστήμης έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρήσεις σχετικά με τη φύση της επιστημονικής εξήγησης, οι οποίες έχουν εφαρμοστεί στην περίπτωση της εξέλιξης. Το εξηγητικό στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν οι προσαρμογές και το εξηγούν η φυσική επιλογή. Στην παρουσίαση των θεωρήσεων που ακολουθεί υποδεικνύεται ότι η φυσική επιλογή δεν μπορεί να εξηγήσει όλα τα εξηγητέα, όπως οι ομολογίες, και ότι ενώ οι εξηγήσεις των προσαρμογών περιλαμβάνουν τη φυσική επιλογή ως εξηγούν, αυτή άλλοτε θεωρείται νόμος, άλλοτε κανονικότητα και άλλοτε αιτιακή διαδικασία.

### **Το παραγωγικό-νομολογικό μοντέλο της εξελικτικής εξήγησης**

Σύμφωνα με το παραγωγικό-νομολογικό μοντέλο εξήγησης (Hempel & Oppenheim, 1948) για να εξηγηθεί κάτι θα πρέπει να δείχθει ο τρόπος με τον οποίο αυτό προκύπτει σε ένα παραγωγικό επιχείρημα στο οποίο γίνεται χρήση ενός νόμου στις προκειμένες, με άλλα λόγια να δείχθει ότι ήταν αναμενόμενο και ότι δεν αποτελούσε έκπληξη δεδομένων των γνώσεων μας για τους νόμους της φύσης (Godfrey-Smith, 2003, σελ.192). Ειδικότερα, κατά το παραγωγικό-νομολογικό μοντέλο η εξήγηση ήταν ένα παραγωγικό επιχείρημα που έδειχνε ότι το εξηγητέο ήταν αναμενόμενο εξαιτίας συγκεκριμένων συνθηκών και κανονικοτήτων που εκφράζονταν από γενικούς νόμους. Η εξήγηση αυτού του τύπου απαντούσε στην ερώτηση «Γιατί συνέβη το εξηγητέο;» δείχνοντας ότι ήταν το αποτέλεσμα συγκεκριμένων συνθηκών σε συνδυασμό με γενικούς νόμους. Αυτό ήταν ένα είδος αιτιακής εξήγησης που υποδήλωνε ότι υπήρχαν γενικοί νόμοι χάρη στους οποίους το να συμβούν συγκεκριμένα γεγονότα-αιτίες ήταν επαρκής συνθήκη ώστε να λάβει τελικά χώρα το προς εξήγηση γεγονός. Κατά συνέπεια η αιτιακή εξήγηση είχε παραγωγικό-νομολογικό χαρακτήρα (Hempel, 1962). Με βάση τα παραπάνω, ο παραγωγικός χαρακτήρας του μοντέλου οφείλονταν στο γεγονός ότι η εξήγηση έπαιρνε τη μορφή ενός λογικού παραγωγικού επιχειρήματος όπου το εξηγητέο προέκυπε ως συμπέρασμα των προκειμένων στο εξηγούν, ενώ ο νομολογικός χαρακτήρας του μοντέλου οφείλονταν στο γεγονός ότι το εξηγούν περιλάμβανε τουλάχιστον ένα νόμο. Το τελευταίο αποτελούσε μια αναγκαία προκείμενη για να προκύψει το εξηγητέο, καθώς διαφορετικά δεν θα είχε ισχύ (Woodward, 2003a).

Το παραγωγικό-νομολογικό μοντέλο απαιτούσε την ικανοποίηση συγκεκριμένων λογικών και εμπειρικών συνθηκών επάρκειας. Οι λογικές συνθήκες επάρκειας ήταν ότι το εξηγητέο έπρεπε να είναι λογική συνέπεια του εξηγούντος (R1), ότι το εξηγούν έπρεπε να περιλαμβάνει γενικούς νόμους, απαραίτους για να προκύψει το εξηγητέο (R2) και ότι το εξηγούν έπρεπε να έχει εμπειρικό περιεχόμενο ώστε να μπορεί να ελεγχθεί με πείραμα ή παρατήρηση (R3). Η εμπειρική συνθήκη επάρκειας ήταν ότι οι προτάσεις που συνιστούσαν το εξηγούν έπρεπε να είναι αληθείς και όχι απλώς επαρκώς επιβεβαιωμένες από τα εκάστοτε διαθέσιμα δεδομένα (R4) (Hempel & Oppenheim, 1948).

Πολλές επιστημονικές εξηγήσεις είναι στην πραγματικότητα εξηγητικά σκαριφήματα διότι

ικανοποιούν τις απαιτήσεις του παραγωγικού-νομολογικού μοντέλου μόνο στο βαθμό που προϋποθέτουν ότι υπάρχουν νόμοι που συνδέουν τις αρχικές συνθήκες με το εξηγητέο-γεγονός (Rosenberg, 2005, σελ.51). Τέτοιες είναι και οι εξηγήσεις στις ιστορικές επιστήμες όπου οι αφηγήσεις αποκτούν εξηγητική ισχύ δείχνοντας με ποιον τρόπο το εξηγούν συνδέεται με το εξηγητέο με νόμους οι οποίοι δεν έχουν καθολική αλλά συγκυριακή ισχύ. Στη βιολογία δεν υπάρχουν αυστηροί νόμοι με διαχρονική ισχύ, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στη φυσική. Αν όμως η βιολογική εξήγηση θεωρηθεί ως αφηγηματική εξήγηση όπως η ιστορική και οι αρχές της δαρβινικής θεωρίας ως νομολογικές γενικεύσεις, οι εξελικτικές εξηγήσεις μπορεί να θεωρηθούν ως εξηγητικά σκαριφήματα που περιλαμβάνουν τις αρχές αυτές ως νόμους, όπως ακριβώς συμβαίνει στην ιστορία. Η πρόταση αυτή υποστηρίζεται από δυο επιχειρήματα: 1) ότι οι δυο βασικές προτάσεις στη θεωρία του Darwin, η κοινή καταγωγή και η διαφοροποίηση μέσω της φυσικής επιλογής είναι ιστορικές υποθέσεις και 2) ότι ο μηχανισμός της εξέλιξης με βάση τη φυσική επιλογή μπορεί να λειτουργήσει οπουδήποτε μέσα στο σύμπαν (Rosenberg, 2001).

Έτσι, σε μια εξήγηση για την παρουσία του χαρακτηριστικού T στο είδος S θα έπρεπε να δείξουμε γιατί οι οργανισμοί S που έχουν το χαρακτηριστικό T αντί για το χαρακτηριστικό R, W κλπ, προέκυψαν ως η λύση στο πρόβλημα που τέθηκε από το περιβάλλον του είδους S. Κάτι τέτοιο θα απαιτούσε τον προσδιορισμό όλων των πιθανών εναλλακτικών λύσεων για το πρόβλημα το οποίο το T επέλυσε, μια περιγραφή των εναλλακτικών λύσεων που ήταν διαθέσιμες στο είδος S, λεπτομέρειες που να δείχνουν γιατί το T έλυσε το πρόβλημα καλύτερα από τις άλλες διαθέσιμες λύσεις και μια περιγραφή του επακόλουθου περιβάλλοντος του S που να δείχνει γιατί το T διατηρήθηκε ακόμα και αφότου άλλαξαν οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Εφόσον, όλες αυτές οι πληροφορίες δεν είναι πάντοτε διαθέσιμες, δεν μπορούμε να έχουμε εξήγηση αλλά εξηγητικό σκαρίφημα στο οποίο όμως το εξηγούν και το εξηγητέο συνδέονται με νόμους, εάν βεβαίως οι αρχές της δαρβινικής θεωρίας γίνουν αποδεκτές ως τέτοιες (Rosenberg, 2001, σελ.756). Με βάση τα παραπάνω μια εφαρμογή του παραγωγικού-νομολογικού μοντέλου εξήγησης στην εξελικτική βιολογία θα μπορούσε να έχει την εξής μορφή:

1. Όταν σε έναν πληθυσμό P υπάρχουν πολλές παραλλαγές ενός κληρονομικού χαρακτηριστικού T ( $T_1, T_2, \dots, T_N$ ) οι οποίες προσδίδουν διαφορετική δυνατότητα επιβίωσης στα άτομα ενός πληθυσμού σε ένα περιβάλλον E, θα υπάρξει διαφορική επιβίωση των ατόμων στο περιβάλλον αυτό, αλλαγή της γενεϊκής δομής του πληθυσμού στις επόμενες γενιές και μακροπρόθεσμα εξέλιξη.
2. Σε ένα πληθυσμό καμηλοπαρδάλων στο περιβάλλον X υπάρχουν άτομα με διαφορετικό μήκος λαιμού, το οποίο είναι ένα κληρονομικό χαρακτηριστικό.
3. Σε περιόδους ξηρασίας στο περιβάλλον X η τροφή των καμηλοπαρδάλων περιορίζεται στα δέντρα.
4. Οι καμηλοπαρδάεις με μακρύ λαιμό τρέφονται πιο εύκολα από τα δέντρα σε σχέση με εκείνες που έχουν κοντό λαιμό.

**εξηγητέο**

Στο περιβάλλον  $X$  περισσότερες καμπιλοπαρδάλεις με μακρύ λαιμό θα επιβιώσουν και θα αναπαραχθούν με βραχυπρόθεσμο αποτέλεσμα την αύξηση του μέσου όρου του μήκους του λαιμού στην επόμενη γενεά και μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα την εξέλιξη του είδους.

Στο εξηγούν η προκειμένη  $I$  αποτελεί μια νομολογική γενίκευση και οι προκειμένες  $2-4$  τις αρχικές συνθήκες. Το εξηγητέο προκύπτει παραγωγικά με την υπαγωγή των αρχικών συνθηκών των προκειμένων  $2-4$  στη νομολογική γενίκευση της προκειμένης  $I$ . Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παραπάνω παραγωγική-νομολογική εξήγηση ικανοποιεί τις συνθήκες επάρκειας  $R1-R4$ . Το συμπέρασμα προκύπτει παραγωγικά από τις προκειμένες, αυτό δεν μπορεί να γίνει χωρίς τη νομολογική γενίκευση της προκειμένης  $I$ , κάθε προκειμένη μπορεί να ελεγχθεί εμπειρικά και επίσης είναι αληθής ή μπορεί να επιβεβαιωθεί ικανοποιητικά.

## Η αιτιακή θεώρηση της εξελικτικής εξήγησης

Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ότι οι Hempel και Oppenheim ταύτισαν την αιτιακή εξήγηση με το παραγωγικό-νομολογικό μοντέλο (1948, σελ.139) αλλά ωστόσο δεν έκαναν καμία αναφορά στις απαιτήσεις που είναι σχετικές με τα αίτια (Salmon, 1989, σελ.24). Μια από τις πρώτες κριτικές στο παραγωγικό-νομολογικό μοντέλο της επιστημονικής εξήγησης προήλθε από τον Michael Scriven, ο οποίος υποστήριξε μια αιτιακή θεώρηση της εξήγησης και πρόβαλε ενστάσεις σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού. Μια από τις ενστάσεις αυτές αφορούσε το κριτήριο της «αληθείας των προτάσεων» με βάση το οποίο όλες οι προκειμένες του επιχειρήματος θα έπρεπε να είναι αληθείς, κάτι που δεν ήταν δυνατόν να ισχύει πάντα εφόσον θα μπορούσαν να δοθούν εξηγήσεις για μελλοντικά ή φανταστικά γεγονότα. Επιπλέον, σε μια δεδομένη χρονική στιγμή θα μπορούσαν να υπάρχουν πολλές διαφορετικές εξηγήσεις για ένα φαινόμενο, παρά το γεγονός ότι μόνο μια από αυτές θα μπορούσε να ήταν αληθινή. Η παραγωγή από αληθείς γενικές προτάσεις δεν ήταν επαρκής συνθήκη για την εξήγηση γιατί η ορθότητα και η ακρίβεια δεν ήταν τα μοναδικά λογικά κριτήρια της εξήγησης και γιατί μια ορθή και ακριβής εξήγηση θα μπορούσε στην πραγματικότητα να αποτύχει να εξηγήσει ένα φαινόμενο εάν ήταν άσχετη με το θέμα, εάν δηλαδή δεν ήταν η εξήγηση που θα απαιτούνταν σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (Scriven, 1962).

Η εξελικτική θεωρία αποτέλεσε το παράδειγμα που χρησιμοποίησε ο Scriven προκειμένου να προβάλλει τις αντιρρήσεις του για το παραγωγικό-νομολογικό μοντέλο της επιστημονικής εξήγησης. Η θεωρία αυτή αποτελούσε μια από τις ιδιαίτερες περιπτώσεις όπου η επιστημονική εξήγηση ήταν απολύτως εφικτή, ακόμα και όταν αποκλειόταν οποιαδήποτε δυνατότητα πρόβλεψης. Κατά τον Scriven, στην εξελικτική θεωρία υπήρχε μόνο δυνατότητα υποθετικής πιθανολογικής πρόβλεψης, η οποία όμως δεν θα είχε ισχύ παρά μόνο εάν μπορούσαν να προβλεφθούν οι συνθήκες που περιγράφονταν στην υπόθεση. Έτσι, τελικά στην

εξέλιξη θα μπορούσαν να υπάρχουν περιπτώσεις που θα μπορούσε να εξηγηθεί γιατί π.χ. συγκεκριμένα ζώα επιβίωσαν ενώ δεν θα μπορούσε να είχε προβλεφθεί ότι θα μπορούσαν. Σύμφωνα με την άποψη αυτή η ανακάλυψη του Darwin ήταν ότι η αρμοστικότητα ενός οργανισμού αποτελούσε συχνά την εξήγηση της επιβίωσης του. Ειδικότερα, με τη συλλογή πολλών εμπειρικών δεδομένων, ο Darwin έδειξε ότι η αρμοστικότητα ενός οργανισμού σχετιζόταν πολύ συχνά με την επιβίωση του και ότι μικρές τυχαίες παραλλαγές θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη νέων ειδών. Έτσι, δεν ανακάλυψε κάποιον ακριβή γενικό νόμο αλλά τη χρησιμότητα ενός συγκεκριμένου δείκτη στην αναζήτηση εξηγήσεων.

Προεκτείνοντας το συλλογισμό αυτό από τους οργανισμούς στα είδη οι εξελικτικές αλλαγές θα μπορούσαν να εξηγηθούν εκ των υστέρων με αναφορά στα χαρακτηριστικά των οργανισμών που επιβίωσαν και στη φύση των περιβαλλοντικών αλλαγών. Η εξήγηση απαιτούσε κάποιο γεγονός που συνέβη νωρίτερα από το προς εξήγηση γεγονός και που είχε ειδική σχέση με αυτό. Ο προσδιορισμός του αιτίου μπορούσε να γίνει με την εκ των υστέρων αιτιακή ανάλυση, το οποίο όμως σημαίνει ότι δεν θα μπορούσαν να δοθούν πλήρεις περιγραφές αλλά χρήσιμες και διαφωτιστικές επιμέρους περιγραφές. Σύμφωνα με τον Scriven, πιθανότατα δεν θα ήταν δυνατόν να καταγραφούν όλα τα γνωστά αίτια ενός εξελικτικού γεγονότος, όπως η εξαφάνιση ενός είδους, αλλά αυτό δεν θα ήταν απαραίτητο εφόσον κάποια από αυτά θα μπορούσαν να αναγνωριστούν με αξιοπιστία. Τα αίτια ενός γεγονότος θα μπορούσαν να προσδιοριστούν αφού το τελευταίο θα έχει συμβεί, αρκεί να τηρούνταν τρεις προϋποθέσεις: 1) το αίτιο να υπήρχε στην πραγματικότητα, 2) ανεξάρτητα δεδομένα να υποστήριζαν ότι θα μπορούσε να έχει επιφέρει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα και 3) να μην υπήρχαν άλλα αίτια. Αυτές οι προϋποθέσεις ήταν αρκετές και δεν χρειαζόταν αναδρομή σε γενικούς νόμους (Scriven, 1959).

Η γενική μορφή του επιχειρήματος όπου εξηγείται η εμφάνιση ενός χαρακτηριστικού  $X$  που έχει πολλά αίτια είναι η εξής:

1. Οι συνθήκες ή τα γεγονότα  $A, A', A'', \dots$  μερικές φορές αποτελούν τα αίτια του  $X$  (οι περίοδοι ξηρασίας που περιορίζουν την τροφή των καμηλοπαρδάλων στα δέντρα προκαλώντας διαφορετική επιβίωση, η μετανάστευση ομάδων ατόμων προς ή από τον πληθυσμό και οι μεταλλάξεις μερικές φορές αποτελούν τα αίτια της αύξησης του μέσου όρου του μήκους του λαιμού σε ένα πληθυσμό καμηλοπαρδάλων)

2. Υπάρχουν μερικά άγνωστα αίτια του  $X$ , αλλά η πλειοψηφία των περιπτώσεων του  $X$  που ακολουθούν τις συνθήκες ή γεγονότα  $A, A', A'', \dots$  έχουν ως αίτιο το  $A$  (στην πλειοψηφία των περιπτώσεων αύξησης του μέσου όρου του μήκους του λαιμού σε ένα πληθυσμό καμηλοπαρδάλων όπου έχουν προηγηθεί περίοδοι ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή των καμηλοπαρδάλων περιορίζεται στα δέντρα προκαλώντας διαφορετική επιβίωση, μετανάστευση ομάδων ατόμων προς ή από τον πληθυσμό και μεταλλάξεις, το αίτιο είναι οι περίοδοι ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή των καμηλοπαρδάλων περιορίζεται στα δέντρα προκαλώντας διαφορετική επιβίωση)

3. Η εμφάνιση του  $X$  στους πληθυσμούς όπου συμβαίνουν τα  $A, A', A'', \dots$  είναι πολύ μικρή (η αύξηση του μέσου όρου του μήκους του λαιμού σε ένα πληθυσμό καμηλοπαρδά-



λεων λόγω περιόδων ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή των καμπλοπαρδάλεων περιορίζεται στα δέντρα προκαλώντας διαφορική επιβίωση, λόγω μετανάστευσης ομάδων ατόμων προς ή από τον πληθυσμό και λόγω μεταλλάξεων, είναι πολύ μικρή)

4. Ένα συγκεκριμένος πληθυσμός είναι γνωστό ότι βρέθηκε στη συνθήκη ή γεγονός  $A$ , και ότι τις συνθήκες ή γεγονότα  $A'$ ,  $A''$ , ... (ένας πληθυσμός καμπλοπαρδάλεων βρέθηκε σε περίοδο ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή των καμπλοπαρδάλεων περιορίζεται στα δέντρα προκαλώντας διαφορική επιβίωση και δεν υπήρξε ούτε μετανάστευση ομάδων ατόμων προς ή από τον πληθυσμό ούτε μεταλλάξεις).

Από τις προκειμένες 1-4, η μόνη πρόβλεψη που μπορεί να γίνει είναι ότι το δεν θα εμφανίσει το χαρακτηριστικό  $X$  (δεν θα αυξηθεί ο μέσος όρος του μήκους του λαιμού στο συγκεκριμένο πληθυσμό καμπλοπαρδάλεων). Αν όμως υποθεθεί ότι:

5. Το εμφανίζει το χαρακτηριστικό  $X$  (στο συγκεκριμένο πληθυσμό καμπλοπαρδάλεων αυξήθηκε ο μέσος όρος του μήκους του λαιμού της καμπλοπαρδάλης), τότε μπορεί να προκύψει παραγωγικά ότι το αίτιο ήταν πιθανότατα το  $A$  (οι περίοδοι ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή των καμπλοπαρδάλεων περιορίζεται στα δέντρα προκαλώντας διαφορική επιβίωση) (βασισμένο στο Scriven, 1959, σελ.130)

Κατά την άποψη αυτή η εξήγηση απαιτούσε τον προσδιορισμό ενός στοιχείου του παρελθόντος που εμφάνιζε κάποια ειδική σχέση ή σύνδεση με το παρόν, όπως μια αιτιακή σύνδεση. Κατά την αναζήτηση των συνδέσεων ο στόχος δεν ήταν να δειχθεί ότι το (προς εξήγηση) φαινόμενο-αποτέλεσμα ήταν το μόνο πιθανό αλλά με ποιον τρόπο προέκυψε στην πραγματικότητα.

Το καθοριστικό βήμα στην αιτιακή θεώρηση της εξελικτικής εξήγησης έγινε από τον Larry Wright (1973) με τις αιτιολογικές εξηγήσεις ή αιτιολογήσεις βάσει συνεπειών, οι οποίες περιγράφονται ως εξής:

Η λειτουργία του  $X$  είναι η  $Z$  σημαίνει ότι:

α. Το  $X$  υπάρχει επειδή κάνει τη  $Z$  (οι καμπλοπαρδάλεες έχουν μεγάλο μήκος λαιμού επειδή αυτό τις διευκολύνει στην ανεύρεση τροφής σε περιόδους ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή τους περιορίζεται στα δέντρα)

β. Η  $Z$  είναι συνέπεια της ύπαρξης του  $X$  (η ανεύρεση τροφής στα δέντρα κατά τις περιόδους ξηρασίας είναι συνέπεια της κατοχής μεγάλου μήκους λαιμού)

Η πρόταση (α) παρουσιάζει την αιτιολογική μορφή των εξηγήσεων που βασίζονται στη λειτουργία και η πρόταση (β) περιγράφει το χαρακτηριστικό που διακρίνει τις αιτιολογίες για τις λειτουργίες από τις υπόλοιπες. Αυτός ο τύπος εξήγησης, η αιτιολόγηση βάσει συνεπειών, είναι αιτιακός καθώς η ύπαρξη ενός χαρακτηριστικού που επιτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία είναι δυνατόν να εξηγηθεί με βάση αυτήν ακριβώς τη λειτουργία, χρησιμοποιώντας τη φυσική επιλογή: εάν ένα χαρακτηριστικό επικράτησε μέσω της διαφορικής επιβίωσης των ατόμων που το έφεραν κατά τη διαδικασία της φυσικής επιλογής χάρη στη λειτουργία που επιτελεί, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι ο λόγος για τον οποίο υπάρχει το χαρακτηριστικό είναι ακριβώς το γεγονός ότι επιτελεί αυτή τη λειτουργία. Με άλλα λόγια, η εξήγηση για την ύπαρξη του χαρακτηριστικού βασίζεται στη συνέπεια της ύπαρξης του, δηλαδή στη λειτουργία του (Wright, 1973).

## Η ενοποιητική θεώρηση της εξελικτικής εξήγησης

Η ενοποιητική θεώρηση της εξήγησης αναπτύχθηκε από τον Philip Kitcher (1981, 1989), ο οποίος έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στην εξελικτική-δαρβινική εξήγηση, χρησιμοποιώντας αυτήν ως υπόδειγμα για την περαιτέρω τεκμηρίωση του συγκεκριμένου μοντέλου εξήγησης. Σύμφωνα με αυτήν, μια θεωρία θα ενοποιούσε ένα σύνολο φαινομένων όταν θα παρείχε ένα ή περισσότερα πρότυπα επιχειρημάτων απ' όπου θα μπορούσε να προκύψει ένας μεγάλος αριθμός αποδεκτών προτάσεων. Έτσι, η εξελικτική θεωρία του Darwin αποτελούσε μια προσπάθεια ενοποίησης πολλών φαινομένων μέσω της κατάληξης σε περιγραφές των φαινομένων αυτών τα οποία θα αποτελούσαν συγκεκριμένα περιστατικά πραγμάτωσης ενός γενικότερου προτύπου. Αντί για λεπτομερείς εξελικτικές ιστορίες, ο Darwin προσέφερε εξηγητικά σκαριφήματα και δείχνοντας με ποιον τρόπο ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό θα προσέδιδε πλεονέκτημα σε ένα συγκεκριμένο είδος υπεδείκνυε μια εξήγηση για την εμφάνιση του χαρακτηριστικού στο είδος αυτό, παρέχοντας τελικά ένα επιχειρήμα που θα αποτελούσε εφαρμογή ενός γενικότερου προτύπου (Kitcher, 1981).

Κατά τον Kitcher, στη γενική της μορφή η πρόταση του Darwin ήταν να λάβει η ιστορία κεντρική θέση στην κατανόηση των βιολογικών φαινομένων, καθώς θα μπορούσε να σχετιστεί με την εξήγηση των σχέσεων μεταξύ των οργανισμών ή με την επικράτηση κάποιων χαρακτηριστικών. Οι ιστορικές εξηγήσεις αυτού του γενικού τύπου χωρίζονταν σε δυο ομάδες: α) στις περιπτώσεις όπου γινόταν προσπάθεια να δοθεί μια αιτιακή θεώρηση των τροποποιήσεων στην γενεαλογία των οργανισμών και β) στις περιπτώσεις όπου γινόταν απλώς καταγραφή των τροποποιήσεων χωρίς κάποια προσπάθεια προσδιορισμού των αιτιών τους (Kitcher, 1989, σελ.442-443).

Έτσι, σύμφωνα με την ενοποιητική θεώρηση η κεντρική ιδέα της θεωρίας του Darwin, η φυσική επιλογή, ακολουθεί το εξής πρότυπο εξήγησης (Kitcher, 1989, σελ.444):

1. Οι οργανισμοί του είδους G είναι απόγονοι των μελών ενός προγονικού είδους G\* που κατοικούσαν στο περιβάλλον E (Το είδος των καμπλοπαρδάλεων με μεγάλο μέσο όρο μήκους λαιμού είναι απόγονοι ενός προγονικού είδους καμπλοπαρδάλεων με μικρό μέσο όρο μήκος λαιμού που ζούσαν σε ένα περιβάλλον E).

2. Μεταξύ των μελών του προγονικού πληθυσμού G\* υπήρχε ποικιλομορφία ως προς το χαρακτηριστικό T: κάποια μέλη του προγονικού πληθυσμού G\* είχαν το P ενώ άλλα είχαν το P#, P## ... (Μεταξύ των καμπλοπαρδάλεων του προγονικού πληθυσμού με μικρό μέσο όρο μήκος λαιμού υπήρχε ποικιλομορφία ως προς το χαρακτηριστικό αυτό: κάποιες είχαν μεγαλύτερο μήκος λαιμού ενώ άλλες είχαν είτε ίσο, είτε μικρότερο μήκος λαιμού από το μέσο όρο - στο εξής θα αναφέρονται ως «μεγάλο», «μεσαίο» και «μικρό» μήκος λαιμού, αντίστοιχα).

3. Η κατοχή του χαρακτηριστικού P επιτρέπει στον οργανισμό στο περιβάλλον E να έχει ένα σύνολο πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων C, το οποίο συνεισφέρει στην αναπαραγωγική του επιτυχία  $w(C)$ , η κατοχή του χαρακτηριστικού P# επιτρέπει στον οργανισμό στο περιβάλλον E να έχει ένα σύνολο πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων C, το οποίο συνεισφέρει στην αναπαραγωγική του επιτυχία  $w(C\#)$ , η κατοχή του χαρακτηριστι-

κού  $P\#\#$  επιτρέπει στον οργανισμό στο περιβάλλον  $E$  να έχει ένα σύνολο πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων  $C$ , το οποίο συνεισφέρει στην αναπαραγωγική του επιτυχία  $w(C\#\#)$ ... όπου ισχύει ότι  $w(C) > w(C\#)$  και  $w(C) > w(C\#\#)$  (Η κατοχή «μεγάλου» μήκους λαιμού στο συγκεκριμένο περιβάλλον όπου ζούσαν οι καμπλοπαρδάλες προσέδιδε μεγάλο πλεονέκτημα στην ανεύρεση τροφής κατά τις περιόδους ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή των καμπλοπαρδάλεων περιορίζεται στα δέντρα και συνεισέφερε πολύ στην αναπαραγωγική τους επιτυχία, η κατοχή «μεσαίου» μήκους λαιμού στο συγκεκριμένο περιβάλλον όπου ζούσαν οι καμπλοπαρδάλες προσέδιδε μικρό πλεονέκτημα στην ανεύρεση τροφής κατά τις περιόδους ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή των καμπλοπαρδάλεων περιορίζεται στα δέντρα και συνεισέφερε λίγο στην αναπαραγωγική τους επιτυχία και η κατοχή «μικρού» μήκους λαιμού στο συγκεκριμένο περιβάλλον όπου ζούσαν οι καμπλοπαρδάλες δεν προσέδιδε κανένα πλεονέκτημα στην ανεύρεση τροφής κατά τις περιόδους ξηρασίας κατά τις οποίες η τροφή των καμπλοπαρδάλεων περιορίζεται στα δέντρα και δεν συνεισέφερε καθόλου στην αναπαραγωγική τους επιτυχία, με αποτέλεσμα η αναπαραγωγική επιτυχία των καμπλοπαρδάλεων με «μεγάλο» μήκος λαιμού να είναι μεγαλύτερη από την αναπαραγωγική επιτυχία των καμπλοπαρδάλεων με «μεσαίο» και με «μικρό» μήκος λαιμού).

4. Για οποιοσδήποτε ιδιότητες  $P1, P2$ , εάν  $w(P1) > w(P2)$  τότε ο μέσος αριθμός των απογόνων των ατόμων με την ιδιότητα  $P1$  που θα επιβιώσουν ως την ενηλικίωση θα είναι μεγαλύτερος από το μέσο αριθμό των απογόνων των ατόμων με την ιδιότητα  $P2$  που θα επιβιώσουν ως την ενηλικίωση (Εάν η αναπαραγωγική επιτυχία των ατόμων με «μεγάλο» μήκος λαιμού ήταν μεγαλύτερη από την αναπαραγωγική επιτυχία των ατόμων με «μεσαίο» ή «μικρό» μήκους λαιμού, τότε ο μέσος αριθμός των απογόνων των ατόμων με «μεγάλο» μήκος λαιμού που θα επιβίωναν ως την ενηλικίωση θα ήταν μεγαλύτερος από το μέσο αριθμό των ατόμων με «μεσαίο» ή «μικρό» μήκος λαιμού που θα επιβίωναν έως την ενηλικίωση).

5. Όλες οι ιδιότητες  $P, P\#, P\#\#, \dots$  είναι κληρονομικές (Το «μεγάλο», το «μεσαίο» και το «μικρό» μήκος λαιμού είναι κληρονομικές ιδιότητες).

6. Καμία νέα παραλλαγή του  $T$  δεν προέκυψε κατά τη γενεαλογία από το προγονικό είδος  $G^*$  προς το είδος  $G$  και η ποικιλότητα του χαρακτηριστικού  $T$  περιλαμβάνει τις παραλλαγές  $P, P\#, P\#\#$  που υπήρχαν ήδη στον αρχικό είδος  $G\#$ . Όλοι οι οργανισμοί σε αυτή τη γενεαλογία ζουν στο περιβάλλον  $E$ . (Καμία νέα παραλλαγή δεν προέκυψε κατά τη γενεαλογία από το προγονικό είδος των καμπλοπαρδάλεων με μικρό μέσο όρο μήκους λαιμού στο είδος των καμπλοπαρδάλεων με μεγάλο μέσο όρο μήκους λαιμού και η ποικιλότητα του χαρακτηριστικού μήκους λαιμού περιλαμβάνει τις παραλλαγές «μικρό», «μεσαίο» και «μεγάλο» μήκους που υπήρχαν ήδη στο προγονικό είδος των καμπλοπαρδάλεων με μεσαίο μέσο όρο μήκους λαιμού. Όλοι οι οργανισμοί σε αυτή τη γενεαλογία ζούσαν στο περιβάλλον  $E$ ).

7. Σε κάθε γενιά της γενεαλογίας από το προγονικό είδος  $G^*$  προς το είδος  $G$  αυξάνει η σχετική συχνότητα των οργανισμών με το χαρακτηριστικό  $P$  (Σε κάθε γενιά της γενεαλογίας από το προγονικό είδος των καμπλοπαρδάλεων με μικρό μέσο όρο μήκους λαιμού προς το είδος των καμπλοπαρδάλεων με μεγάλο μέσο όρο μήκους λαιμού αυξάνει η σχετική συχνότητα των καμπλοπαρδάλεων με «μεγάλο» μήκος λαιμού).

8. Ο αριθμός των γενεών στη γενεαλογία από το προγονικό είδος  $G^*$  προς το είδος  $G$

είναι αρκετά μεγάλος ώστε η αύξηση της σχετικής συχνότητας του P να είναι τέτοια ώστε η σχετική συχνότητα να γίνει ίση με 1 (Ο αριθμός των γενεών στη γενεαλογία από το προγονικό είδος των καμπλοπαρδάλεων με μικρό μέσο όρο μήκους λαιμού προς το είδος των καμπλοπαρδάλεων με μεγάλο μέσο όρο μήκους λαιμού είναι αρκετά μεγάλος ώστε η αύξηση της σχετικής συχνότητας του χαρακτηριστικού «μεγάλο» μήκος λαιμού να είναι τέτοια ώστε η σχετική συχνότητα να γίνει ίση με 1).

9. Όλα τα μέλη του είδους G έχουν το χαρακτηριστικό P (Όλα τα μέλη του είδους των καμπλοπαρδάλεων με μεγάλο μέσο όρο μήκους λαιμού έχουν «μεγάλο» μήκος λαιμού).

Στο παραπάνω εξηγητικό σχήμα, οι προτάσεις 1-6 και 8 είναι προκείμενες, η 7 προκύπτει από τις 1-6 και η 9 προκύπτει από τις 7 και 8.

Η ενοποιητική θεώρηση δεν περιορίστηκε μόνο στις εξηγήσεις που βασίζονται στη φυσική επιλογή αλλά συμπεριέλαβε και άλλες περιπτώσεις. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, που συμπεριλαμβανόταν στην επιχειρηματολογία του Darwin, ήταν η εξήγηση των ομοιοτήτων μεταξύ των ειδών ως ομολογιών με βάση την κοινή τους καταγωγή, χωρίς αναφορά στη φυσική επιλογή (Kitcher, 1989, σελ.443):

1. Οι πληθυσμοί G και G\* έχουν προέλθει από ένα κοινό προγονικό είδος S (οι καμπλοπαρδάλεες που ζουν π.χ. στη δυτική και στη νότια Αφρική έχουν προέλθει από ένα κοινό προγονικό είδος καμπλοπαρδάλεων S).

2. Σχεδόν όλοι οι οργανισμοί στο είδος S είχαν το χαρακτηριστικό P (σχεδόν όλες οι καμπλοπαρδάλεες στο είδος S είχαν «μεγάλο»<sup>2</sup> μήκος λαιμού).

3. Το χαρακτηριστικό P ήταν σταθερό στη γενεαλογία που οδήγησε από το S στο G (όλες οι καμπλοπαρδάλεες στη γενεαλογία που οδήγησε από το προγονικό είδος S στον πληθυσμό των καμπλοπαρδάλεων της δυτικής Αφρικής είχαν «μεγάλο» μήκος λαιμού).

4. Το χαρακτηριστικό P ήταν σταθερό στη γενεαλογία που οδήγησε από το S στο G\* (όλες οι καμπλοπαρδάλεες στη γενεαλογία που οδήγησε από το προγονικό είδος S στον πληθυσμό των καμπλοπαρδάλεων της νότιας Αφρικής είχαν «μεγάλο» μήκος λαιμού).

5. Το χαρακτηριστικό P είναι κληρονομικό: αυτό σημαίνει ότι όλοι οι απόγονοι γονέων που και οι δυο έχουν το χαρακτηριστικό P, θα έχουν το χαρακτηριστικό P (το «μεγάλο» μήκος λαιμού είναι κληρονομικό χαρακτηριστικό: αυτό σημαίνει ότι όλοι οι απόγονοι των καμπλοπαρδάλεων με «μεγάλο» μήκος λαιμού, θα είχαν επίσης «μεγάλο» μήκος λαιμού).

6. Σχεδόν όλα τα μέλη του πληθυσμού G έχουν το χαρακτηριστικό P και σχεδόν όλα τα μέλη του πληθυσμού G\* έχουν το χαρακτηριστικό P (σχεδόν όλες οι καμπλοπαρδάλεες του πληθυσμού της δυτικής Αφρικής έχουν «μεγάλο» μήκος λαιμού και σχεδόν όλες οι καμπλοπαρδάλεες του πληθυσμού της νότιας Αφρικής έχουν «μεγάλο» μήκος λαιμού).

Οι προτάσεις 1-5 είναι προκείμενες και η πρόταση 6 προκύπτει επαγωγικά από τις προτάσεις 1-5.

Όπως φαίνεται στα παραπάνω παραδείγματα η ενοποιητική θεώρηση της εξελικτικής εξήγησης βασίζεται σε κανονικότητες ή γενικά πρότυπα που θεωρείται ότι υπάρχουν στη φύση, δίχως αναφορά σε επιμέρους αίτια. Με τον τρόπο αυτό το ίδιο γενικό πρότυπο εξή-

<sup>2</sup> Υπενθυμίζεται ότι στο παρόν κείμενο το «μεγάλο» μήκος λαιμού σημαίνει μεγαλύτερο από έναν παλαιότερο μέσο όρο

γησης μπορεί να έχει εφαρμογή σε πολλές περιπτώσεις με διαφορετική αιτιολογία καθώς δεν δίνεται έμφαση σε αυτήν (ποιο ακριβώς ήταν το αίτιο του προς εξήγηση φαινομένου) αλλά στη διαδικασία η οποία το προκάλεσε. Έτσι, παρέχεται ένα γενικό πλαίσιο εξήγησης στο οποίο περιγράφεται η διαδικασία της εξελικτικής αλλαγής χωρίς να είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός έστω ορισμένων από τα αίτια, κάτι που αποτελούσε προϋπόθεση στην αιτιακή θεώρηση που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Εάν όμως γίνει αποδεκτό ότι η έννοια του αιτίου έχει κεντρική θέση στη διαδικασία της εξήγησης, εάν δηλαδή θεωρηθεί ότι ένα γεγονός ή φαινόμενο μπορεί να εξηγηθεί μόνο όταν προσδιοριστούν τα ακριβή αίτια που το προκάλεσαν, η ενοποιητική θεώρηση φαίνεται ανεπαρκής. Από την άλλη, εάν η εξήγηση βασιστεί αποκλειστικά στον προσδιορισμό των αιτιών, ίσως αποτύχει να περιγράψει γενικά πρότυπα που όντως υπάρχουν στη φύση και ενδεχομένως έχουν θέση στην εξήγηση. Έτσι, φαίνεται ότι καταλληλότερη θα ήταν μια θεώρηση που θα συνδύαζε τα χαρακτηριστικά της αιτιακής και της ενοποιητικής θεώρησης. Μια τέτοια λύση φαίνεται να δίνει η καιρειακή θεώρηση της εξήγησης που θα αναπτυχθεί στην επόμενη ενότητα.

## **Η καιρειακή θεώρηση της εξελικτικής εξήγησης**

Όπως έχει ήδη περιγραφεί, στην αιτιακή θεώρηση η εξήγηση ενός γεγονότος βασιζόταν στην ανάλυση της αιτιακής ιστορίας του, μιας μάλλον ασαφούς έννοιας που ωστόσο περιλάμβανε τα διάφορα γεγονότα που είχαν αιτιακή σχέση με την εκδήλωση του εξηγητέου και τους νόμους ή τις γενικεύσεις με βάση τις οποίες αυτό συνέβη. Στην ενοποιητική θεώρηση, η εξήγηση ενός γεγονότος βασιζόταν στην ένταξη του υπό εξήγηση γεγονότος σε ένα ευρύτερο και πολύ γενικό πρότυπο. Μια βασική διαφορά μεταξύ αυτών των δυο θεωρήσεων είναι ο ρόλος των αιτιακών λεπτομερειών: ενώ στην αιτιακή θεώρηση αποτελούσαν το καθοριστικό στοιχείο της εξήγησης, στην ενοποιητική θεώρηση μπορούσαν να αγνοηθούν προκειμένου να επιτευχθεί ο μεγαλύτερος δυνατός βαθμός ενοποίησης. Με άλλα λόγια στην αιτιακή θεώρηση η έμφαση δινόταν στην ακρίβεια και στις λεπτομέρειες σχετικά με τα αίτια κάθε γεγονότος, στοιχεία που αντιθέτως αγνοούσε η ενοποιητική θεώρηση προκειμένου να επιτευχθεί ο μέγιστος βαθμός γενίκευσης. Η καιρειακή (kairetic) θεώρηση της εξήγησης (Strevens, 2004, Strevens, υπό δημοσίευση) αποτελεί μια θεώρηση που δανείζεται στοιχεία και από τις δυο αυτές θεωρήσεις, ωστόσο δεν αποτελεί μια υβριδική θεώρηση της εξήγησης αλλά μια εξολοκλήρου αιτιακή θεώρηση. Στην καιρειακή θεώρηση εφαρμόστηκε η λογική της ενοποιητικής θεώρησης για να συμπεριληφθεί μια έννοια σημαντική για την αιτιακή θεώρηση, εκείνη των παραγόντων-που-κάνουν-τη-διαφορά.

Στην αιτιακή θεώρηση η εξήγηση ενός γεγονότος βασιζόταν στην αιτιακή διαδικασία από την οποία προέκυψε. Ωστόσο, δεν έχουν όλα τα γεγονότα με αιτιακή σχέση εξηγητικό ρόλο. Έτσι, είναι απαραίτητο ένα κριτήριο για την εκτίμηση της εξηγητικής σχέσης. Κατά τον Michael Strevens, τα στοιχεία εκείνα που έχουν εξηγητική σχέση είναι εκείνα που έκαναν τη διαφορά στο αν θα σύμβαινε ή όχι το εξηγητέο και όχι απλώς στο πώς αυτό συνέβη. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να επισημανθούν εάν από ένα σύνολο αρχικών συνθηκών και νόμων, το οποίο ήταν επαρ-

κές ώστε να αποτελέσει το αίτιο ενός γεγονότος E, απομακρυνθεί ουδένποτε δεν ήταν αναγκαίο για να προκύψει αιτιακά το E. Έτσι, όλες οι αρχικές συνθήκες και οι νόμοι που θα απέμειναν, θα ήταν εκείνοι που θα έκαναν τη διαφορά στην πραγματοποίηση του E. Ο Strevens ονόμασε τη διαδικασία αυτή εξαλειπτική διαδικασία για τον προσδιορισμό των παραγόντων-που-κάνουν-τη-διαφορά, συνεπώς και για τον προσδιορισμό της εξηγητικής σχέσης, και το τελικό προϊόν αυτής της διαδικασίας, την απλούστερη εκδοχή του αρχικού συνόλου παραγόντων με αιτιακή σχέση η οποία πλέον περιέχει μόνο τα στοιχεία εκείνα που έκαναν τη διαφορά στο αν συνέβη το εξηγητέο γεγονός E, εξηγητικό πυρήνα για το E (Strevens, 2004).

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της καιρειακής θεώρησης είναι η προσπάθεια να εξηγηθεί η σταδιακή επικράτηση ενός αλληλομόρφου σε έναν πληθυσμό. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να εξηγηθεί με την εφαρμογή της καιρειακής θεώρησης στην πιθανολογική εξήγηση. Με τη διαδικασία αυτή μπορεί να δείχθει ότι ένα συγκεκριμένο αλληλόμορφο μεταβιβάζεται στην επόμενη γενιά με μεγαλύτερη πιθανότητα σε σχέση με τα υπόλοιπα. Στην περίπτωση αυτή εξηγητική σχέση έχουν μόνο οι παράγοντες εκείνοι που διαφοροποιούν την τιμή της αντίστοιχης πιθανότητας. Έτσι, για παράδειγμα, η αύξηση του μέσου όρου του μήκους του λαιμού της καμπλοπάρδαλης μπορεί να εξηγηθεί ως εξής:

1. Κατά τις περιόδους ξηρασίας η τροφή των καμπλοπαρδάλεων περιορίζεται στα δέντρα όπου τα περισσότερα ζώα δεν μπορούν να φτάσουν.

2. Οι καμπλοπαρδάλες που έχουν μεγαλύτερο μήκος λαιμού φτάνουν πιο εύκολα στα δέντρα και μπορούν να τραφούν περισσότερο.

3. Η πιθανότητα να επιβιώσει μια καμπλοπάρδαλη στην περίοδο της ξηρασίας αυξάνει ανάλογα με το μήκος του λαιμού της.

4. Οι καμπλοπαρδάλες με μεγαλύτερο μήκος λαιμού έχουν κατά μέσο όρο περισσότερες πιθανότητες να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν από τις καμπλοπαρδάλες με μικρότερο μήκος λαιμού.

Η προκείμενη (3) είναι πιθανολογική γιατί ορισμένες καμπλοπαρδάλες με μικρότερο μήκος λαιμού θα επιβιώσουν κατά την ξηρασία και ορισμένες καμπλοπαρδάλες με μεγάλο μήκος λαιμού δεν θα επιβιώσουν. Γενικότερα, η εξήγηση βασίζεται στο γεγονός ότι σε ένα δεδομένο περιβάλλον οι οργανισμοί που φέρουν ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό (π.χ. μεγαλύτερο μήκος λαιμού) έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα επιβίωσης ή αναπαραγωγής. Κατά συνέπεια, όσο διατηρούνται οι συγκεκριμένες συνθήκες η συχνότητα του συγκεκριμένου αλληλομόρφου θα αυξάνει στις επόμενες γενιές. Έτσι, σταδιακά το αντίστοιχο χαρακτηριστικό μπορεί να σταθεροποιηθεί στον πληθυσμό και να αντικαταστήσει όλα τα υπόλοιπα (Strevens, υπό δημοσίευση).

## Συμπεράσματα

Η παρουσίαση των βασικών θεωρήσεων της εξήγησης και το επιχειρήμα ότι στην επιστήμη υπάρχει εξηγητικός πλουραλισμός, δηλαδή πολλαπλότητα στον τύπο των εξηγητέων και στη μορφή των εξηγήσεων για κάθε εξηγητέο, βασίστηκε στην ανάλυση των εξηγήσεων

της εξελικτικής βιολογίας. Είναι αρκετό αυτό για να υποστηρίξει κανείς ότι ο εξηγητικός πλουραλισμός είναι χαρακτηριστικό όλης της επιστήμης και συνεπώς ότι διαπιστώνεται και σε άλλα επιστημονικά πεδία εκτός της εξελικτικής βιολογίας; Για να απαντήσει κανείς στο ερώτημα αυτό θα πρέπει να λάβει υπόψη τη γενικότητα των θεωρήσεων που μελετήθηκαν. Το παραγωγικό-νομολογικό μοντέλο (Hempel & Oppenheim, 1948), η ενοποιητική θεωρία (Kitcher, 1981) και η καιρειακή θεωρία (Strevens, 2004) είναι γενικές θεωρήσεις που δεν περιορίζονται μόνο στην εξελικτική βιολογία. Από την άλλη αν και οι αιτιακές θεωρήσεις των Scriven και Wright εστιάζουν στις εξελικτικές εξηγήσεις, υπάρχει μια ποικιλία άλλων αιτιακών θεωρήσεων της εξήγησης (Lewis, 1986, Salmon, 1998, Woodward, 2003b) οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλά επιστημονικά πεδία. Έτσι, η ίδια ποικιλία θεωρήσεων (παραγωγική-νομολογική, αιτιακή, ενοποιητική, καιρειακή) της επιστημονικής εξήγησης που παρουσιάστηκε εδώ πιθανώς μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλα επιστημονικά πεδία, όπου ενδεχομένως θα διαπιστωθεί η ύπαρξη εξηγητικού πλουραλισμού, αλλά αυτό δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

Από τις θεωρήσεις που παρουσιάστηκαν φαίνεται ότι στην εξελικτική βιολογία υπάρχει συναίνεση ως προς την ιστορικότητα των εξηγήσεων. Στις εξελικτικές εξηγήσεις υπάρχουν ιστορικά στοιχεία, ιδιαίτερα όταν γίνεται προσπάθεια να εξηγηθούν οι ιδιότητες εκείνες που είναι χωροχρονικά μοναδικές και για τις οποίες κατά συνέπεια μπορούν να γίνουν ιστορικές περιγραφές. Οι εξελικτικές εξηγήσεις εστιάζουν, αλλά δεν περιορίζονται, στην προσαρμοστική σημασία των χαρακτηριστικών την ύπαρξη των οποίων εξηγούν, δεν είναι πολύ συγκεκριμένες και θεωρούνται αποδεκτές μόνο όταν χαρακτηρίζονται από οχετικά υψηλή πιθανότητα (Lewontin, 1969). Έτσι, έχει προταθεί ότι οι εξηγήσεις για συγκεκριμένα αποτελέσματα της εξέλιξης μπορούν να μορφοποιηθούν σε μια ιστορική αφήγηση που θα τα συνδέει πρωτίτως με παλαιότερες συγκυρίες, οι οποίες δεν θα είχαν οδηγήσει στο συγκεκριμένο αποτέλεσμα εάν είχαν διαμορφωθεί κατά διαφορετικό τρόπο. Αυτές οι συγκυρίες δεν μειώνουν απαραίτητα την εξηγητική ισχύ της αφήγησης. Αντίθετα, η ικανότητα εξήγησης μπορεί να φτάσει στο ίδιο επίπεδο βεβαιότητας με οποιαδήποτε εξήγηση από τη φυσική, αρκεί να υπάρχουν αρκετά δεδομένα για τις πρότερες καταστάσεις ώστε να τεκμηριωθεί η αιτιακή τους σχέση με το παρατηρούμενο αποτέλεσμα (Gould, 2002, σελ.1333-1334). Κατά τον Gould, η προσέγγιση αυτή ήταν κεντρικό χαρακτηριστικό της θεωρίας του Darwin στο οποίο δεν δόθηκε έμφαση από τους επιγόνους του σε μια προσπάθεια να δώσουν μεγαλύτερο κύρος στην εξέλιξη, στη λογική ότι η επιστήμη εξηγείται με γενικούς νόμους και όχι με συγκεκριμένη αφήγηση (σελ.1336).

Ταυτόχρονα, παρά τη συμφωνία για την ιστορικότητα των εξελικτικών εξηγήσεων, υπάρχει εξηγητικός πλουραλισμός γιατί η εξέλιξη δεν αφορά μόνο τις προσαρμογές των οργανισμών αλλά και γιατί για την προέλευση αυτών μπορούν να δοθούν και εξηγήσεις που εστιάζουν στην αιτιακή λεπτομέρεια και εξηγήσεις που περιγράφουν γενικότερα πρότυπα. Με ποιο κριτήριο όμως μπορεί να γίνει επιλογή της κατάλληλης θεωρίας; Φαίνεται ότι αυτό εξαρτάται από τις φιλοσοφικές αντιλήψεις καθενός. Ωστόσο, ενδεχομένως να μπορεί να γίνει επιλογή με βάση τα ίδια τα χαρακτηριστικά των θεωρήσεων. Έτσι, για παράδειγμα οι εξελικτικές εξηγήσεις μπορούν να βασιστούν σε ιστορικές υποθέσεις που διαμορφώνονται

μέσα από τα δυο βασικά επιχειρήματα του Darwin ως εξής: οι ομολογίες (εξηγητέο) μπορούν να εξηγηθούν μέσω της κοινής καταγωγής (εξηγούν), ως χαρακτηριστικά που έφερε ένας κοινός πρόγονος από τον οποίο προέκυψαν εξελικτικά διαφορετικά είδη με βάση την ενοποιητική θεώρηση. Από την άλλη, οι προσαρμογές (εξηγητέο) μπορούν να εξηγηθούν από την εξέλιξη κάποιων ειδών σε άλλα νέα μέσω της φυσικής επιλογής (εξηγούν) με βάση την καιρειακή θεώρηση. Η επιλογή αυτή τεκμηριώνεται με βάση τα χαρακτηριστικά των εξηγητέων (ομολογίες, προσαρμογές) και των συγκεκριμένων θεωρήσεων (ενοποιητική, καιρειακή). Οι ομολογίες αποτελούν κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ ειδών τα οποία ομαδοποιούνται, και συνεπώς ενοποιούνται, σε ένα τμήμα του φυλογενετικού δέντρου που ξεκινά από κάποιον κοινό πρόγονο. Έτσι, η ενοποιητική θεώρηση είναι χρήσιμη γιατί αναδεικνύει το κοινό (ενοποιητικό) χαρακτηριστικό, το οποίο και εξηγεί. Από την άλλη, οι προσαρμογές αποτελούν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ειδών, προϊόντα της διαδικασίας της φυσικής επιλογής, τα οποία προσέδωσαν πλεονέκτημα στους οργανισμούς που τα έφεραν με αποτέλεσμα την επιβίωση τους. Το πλεονέκτημα αυτό αποτέλεσε τον παράγοντα-που-έκανε-τη-διαφορά και συνεπώς η καιρειακή θεώρηση είναι κατάλληλη γιατί αναδεικνύει αυτούς ακριβώς τους παράγοντες.

Ποιες είναι οι επιπτώσεις για την εκπαίδευση; Είναι αναγκαίο να γνωρίζουν οι εκπαιδευτικοί τις διαφορετικές φιλοσοφικές θεωρήσεις της επιστημονικής εξήγησης προκειμένου να διδάξουν στους μαθητές πώς να δίνουν εξηγήσεις; Έχει σημασία για τους μαθητές να γνωρίζουν τον εξηγητικό πλουραλισμό ως χαρακτηριστικό της φύσης της επιστήμης; Μήπως αυτός τελικά εκληφθεί ως αδυναμία της επιστήμης να αντιμετωπίσει τα φαινόμενα με ενιαίο τρόπο ή ακόμα και να τα εξηγήσει; Όλα αυτά είναι εύλογα ερωτήματα τα οποία προκύπτουν από την παραπάνω ανάλυση, στα οποία δεν μπορούν να δοθούν κατηγορηματικές απαντήσεις αφενός γιατί κανείς δεν μπορεί να είναι κατηγορηματικός όταν εμπλέκονται φιλοσοφικά ζητήματα, αφετέρου γιατί δεν υπάρχουν πολλές αντίστοιχες εμπειρικές έρευνες στην εκπαίδευση. Ωστόσο, μερικές πρώιμες απαντήσεις μπορούν να δοθούν. Η γνώση των βασικών χαρακτηριστικών των φιλοσοφικών θεωρήσεων της επιστημονικής εξήγησης είναι χρήσιμη για τους εκπαιδευτικούς διότι, ανεξάρτητα από τις διδακτικές επιλογές τους, είναι απαραίτητο να γνωρίζουν ότι για το θέμα αυτό υπάρχει μια μεγάλη και ενδιαφέρουσα συζήτηση. Επίσης, η γνώση των διαφορετικών απόψεων είναι απαραίτητη προϋπόθεση ώστε να μην είναι η αντίστοιχη διδασκαλία δογματική. Από την άλλη, είναι σημαντικό να γνωρίζουν οι μαθητές την πολλαπλότητα και τη διαφορετικότητα των επιστημονικών εξηγήσεων προκειμένου να αντιληφθούν ότι η επιστημονική γνώση είναι πολυδιάστατη. Έτσι, μπορεί να κατανοήσουν ότι η επιστήμη δεν μπορεί ούτε να αντιμετωπίζει όλα τα φαινόμενα με ενιαίο τρόπο, γιατί υπάρχει μια ποικιλία φαινομένων προς εξήγηση, ούτε να παρέχει μια και μόνη εξήγηση για κάθε φαινόμενο, γιατί υπάρχει μια ποικιλία προσεγγίσεων. Εφόσον οι απαντήσεις αυτές γίνουν αποδεκτές, μπορεί να φανεί γιατί ο εξηγητικός πλουραλισμός πρέπει να παρουσιάζεται στους μαθητές και στους εκπαιδευτικούς ως ένα βασικό χαρακτηριστικό της φύσης της επιστήμης: διότι βοηθά στη διάκριση της επιστήμης από το δόγμα και αναδεικνύει το δυναμικό και πληθωρικό της χαρακτήρα.



## Βιβλιογραφία

- Ariew, A. & Lewontin, R. C. (2004). The confusions of fitness. *British Journal for the Philosophy of Science*, 55, 347-363.
- Balashov Y. & Rosenberg A. (eds) (2002). *Philosophy of Science: Contemporary Readings*. Routledge, London and New York.
- Bowler, P. J. (2003). *Evolution: the History of an Idea* (third edition). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* (first edition). John Murray, London.
- Godfrey-Smith, P. (2003). *Theory and Reality: an Introduction to the Philosophy of Science*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Gould, S.J. & Lewontin, R.C. (1979). The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London*, B205, 581-598.
- Gould, S.J. (2002). *The Structure of Evolutionary Theory*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.
- Hempel, C. & Oppenheim P. (1948). Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science* 15, 135-175 (reprinted in Pitt, 1988, 9-50).
- Hempel, C. (1962). Explanation in science and history. In R.G. Colodny (ed) *Frontiers of Science and Philosophy*, 9-19, The University of Pittsburgh Press, Pittsburgh (reprinted in Balashov & Rosenberg, 2002, 45-55).
- Kitcher, P. (1981). Explanatory unification. *Philosophy of Science*, 48(4), 507-531. (reprinted in Pitt, 1988, 167-187).
- Kitcher, P. (1989). Explanatory Unification and the Causal Structure of the World. In P. Kitcher and W. C. Salmon, eds., *Minnesota Studies in the Philosophy of Science Vol. 13: Scientific Explanation*, 410-505, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Lewis, D. (1986). Causal explanation. In *Philosophical Papers, Volume 2*. Oxford University Press, Oxford, p. 214-240.
- Lewontin, R.C. (1969). The bases of conflict in biological explanation. *Journal of the History of Biology*, 2(1), 35-45.
- Mayr, E. (1982). *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.
- McComas, W. F. (2004). Keys to teaching the nature of science. *The Science Teacher*, 71(9), 24-27.
- Pitt, J. (ed.) (1988). *Theories of Explanation*. Oxford University Press, New York.
- Rosenberg, A. (2001). How is biological explanation possible? *British Journal for the Philosophy of Science*, 52, 735-760.
- Rosenberg, A. (2005). *Philosophy of Science: a Contemporary Introduction*. (2<sup>nd</sup> edition) Routledge, London.

- Salmon, W. (2001) [1992] Επιστημονική εξήγηση. Στο M. Salmon, J. Earman, C. Glymour, J. Lennox, P. Machamer, J. McGuire, J. Norton, W. Salmon, and K. Schaffner, K.F. (Επιμ.) Εισαγωγή στη Φιλοσοφία της Επιστήμης (3<sup>η</sup> έκδοση). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο, 3-50.
- Salmon, W.C. (1989). Four Decades of Scientific Explanation. In P. Kitcher and W. C. Salmon, eds, *Minnesota Studies in the Philosophy of Science Vol. 13: Scientific Explanation*, 3-219, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Salmon, W.C. (1998). *Causality and Explanation*. Oxford University Press, Oxford and New York.
- Scriven, M. (1959). Explanation and prediction in evolutionary theory. *Science*, 130, 477-482.
- Scriven, M. (1962). Explanations, predictions, and laws. In H. Feigl and G. Maxwell (eds), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science, vol 3: Scientific Explanation, Space, and Time*, 170-230, University of Minnesota Press, Minneapolis (reprinted in Pitt, 1988, 51-74).
- Sterelny, K. (1996). Explanatory pluralism in evolutionary biology. *Biology and Philosophy*, 11, 193-214.
- Strevens, M. (2004). The causal and unification approaches to explanation unified—causally. *Noûs*, 38(1), 154-176.
- Strevens, M. (υπό δημοσίευση). *Depth: An Account of Scientific Explanation*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.
- Waters, K.C (2003). The arguments in the Origin of Species. In Hodge, J., and Radick, G. (eds) *Cambridge Companion to Darwin*, 116-139, Cambridge University Press, Cambridge.
- Woodward, J. (2003a). Scientific explanation. In E.N.Zalta (ed.) *The Stanford Encyclopaedia of Philosophy*.
- Woodward, J. (2003b). *Making Things Happen: a Theory of Causal Explanation*. Oxford and New York: Oxford University Press.
- Wright, L. (1973). Functions. *The Philosophical Review*, 82(2), 139-168.

# Οι απόψεις του F. Halbwachs για τη φύση της ‘εξήγησης’ στη φυσική και οι συνέπειές τους για τη σχολική εκδοχή της

**Δημήτρης Κολιόπουλος**

*Πανεπιστήμιο Πατρών*

---

## Εισαγωγή

Το έργο του Francis Halbwachs υπήρξε πολύμορφο και ενδιαφέρον. Ως θεωρητικός φυσικός και μαθητής του De Broglie, εντάσσεται στην ομάδα του Ινστιτούτου Henri Poincaré που εδρεύει στο Παρίσι με κύριο αντικείμενο μελέτης τη σχετικιστική κβανική μηχανική (Halbwachs, 1960). Παράλληλα, εξαιτίας της αντιπαλότητας που αναπτύσσει ανάμεσα στις απόψεις της ομάδας των Παρισίων και σ’ αυτές της σχολής της Κοπεγχάγης, οδηγείται στην ενασχόληση με ζητήματα ιστορίας και επιστημολογίας της φυσικής λαμβάνοντας καθαρά αντι-θετικιστικές θέσεις για τη φύση και τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης. Οι μαρξιστικές του καταβολές βοηθούν σε αυτό (Halbwachs, 1949). Πολύ αργότερα, επικοινωνεί με το Κέντρο Γενεικής Επιστημολογίας της Γενεύης και γίνεται ένας από τους πιο στενούς συνεργάτες του Jean Piaget. Ο ίδιος ο Piaget, προλογίζοντας το σημαντικό έργο του *Η φυσική σκέψη στο παιδί και στον επιστήμονα* (Halbwachs, 1974), τον θεωρεί πολύτιμο συνεργάτη στις έρευνες που διεξάγονται εκεί και παρατηρεί ότι «όχι μόνο δεν τον απωθεί ο στοιχειώδης και προσεγγιστικός χαρακτήρας των ψυχογενετικών μελετών, πράγμα αξιοσημείωτο για έναν επαγγελματία φυσικό, αλλά συνοδεύει τους ερευνητές μας στα σχολεία για να παρατηρήσει ο ίδιος τα παιδιά και να υποβάλλει με την ευκαιρία νέα ερωτήματα» (ό.π., σελ. 8). Και ο Piaget συνεχίζει για να αποδώσει με την επόμενη φράση την κατακλείδα του έργου του Halbwachs μέσω του οποίου καταξιώνεται ως πρωτοπόρος στη μελέτη της φύσης και των χαρακτηριστικών της συγκρότησης της σχολικής γνώσης των φυσικών επιστημών: «Φυσικός ο οποίος έγινε επιστημολόγος, επιστημολόγος που έγινε ψυχολόγος, δεν σταμά-

τισε εκεί και, παιδαγωγός στη ψυχή, γρήγορα κατασκεύασε ένα σχέδιο δυνατών ερευνών στο πεδίο της διδακτικής και κατάφερε, τον τελευταίο καιρό, να συγκροτήσει, στο πανεπιστήμιο της Provence, ένα κέντρο μεθοδολογίας της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, αφιερώνοντας έτσι τον εαυτό του σε ένα από τα πιο χρήσιμα σήμερα έργα και κατορθώνοντας να επικεντρώσει το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών ή των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε ένα σύμπλεγμα αλληλεξαρτώμενων παιδαγωγικών, ψυχολογικών και επιστημολογικών προβλημάτων» (ό.π., σελ. 8). Στον Halbwachs, εξ άλλου, είναι δυνατόν να αποδώσουμε τα πρώτα βήματα της συγκρότησης ενός θεωρητικού πλαισίου για τη μελέτη της σχολικής εκδοχής της επιστήμης μέσω της εισαγωγής της διάκρισης της «φυσικής του παιδιού», της «φυσικής του εκπαιδευτικού» από τη «φυσική του φυσικού» (Halbwachs, 1975).

Αυτή ακριβώς την όψη του ώριμου έργου του Halbwachs μας ενδιαφέρει να αναπτύξουμε στην παρούσα εργασία. Θα προσπαθήσουμε να αναδείξουμε την αξία που έχουν οι απόψεις του σχετικά με ορισμένα επιστημολογικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης στο σχολιασμό των σύγχρονων ερευνών της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, καθώς και στην ανάλυση και το σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών φυσικής στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, μας ενδιαφέρει να περιγράψουμε τα βασικά σημεία των απόψεών του για τη φύση και τα χαρακτηριστικά της 'εξήγησης' στη φυσική και, αφού οχολιάσουμε υπό το πρίσμα τους τις έρευνες για τις νομικές παραστάσεις που έχουν οι μαθητές για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες φυσικής στον τομέα της μηχανικής, να προτείνουμε πλαίσια δυνατών ανασυγκροτήσεων των προγραμμάτων σπουδών που προκύπτουν από τη σύνδεση των απόψεων Halbwachs με τα πορίσματα αυτών των ερευνών.

## Οι απόψεις του F. Halbwachs για τη φύση της 'εξήγησης' στη φυσική

### *Οι μορφές εξήγησης στην ιστορία των φυσικών επιστημών*

Οι αντιθετικιστικές θέσεις του Halbwachs τον οδηγούν να συσχετίσει την έννοια της 'εξήγησης' στις φυσικές επιστήμες με την απόδοση 'νοήματος' στην επιστημονική γνώση. Χρησιμοποιεί για αυτό μια δομιστική, γενετική προσέγγιση η οποία εστιάζεται στην ιστορική ανάλυση της έννοιας της εξήγησης στον τομέα των φυσικών επιστημών. Η ανάλυση αυτή οδηγεί σε μια κατηγοριοποίηση των μορφών εξήγησης που χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορες ιστορικές περιόδους. Η περί ου ο λόγος κατηγοριοποίηση καταδεικνύει ότι η μορφή και η δομή της έννοιας της εξήγησης διαφέρει από τη μία ιστορική περίοδο στην άλλη και γι' αυτό ο τύπος εξήγησης σε μια ιστορική περίοδο εμφανίζεται στην επόμενη περίοδο είτε ως απλή ταυτολογία είτε ως μη κατανοήσιμος (Halbwachs, 1973). Ο Halbwachs διακρίνει τρεις μεγάλες κατηγορίες εξηγήσεων: (α) την 'ομογενή' εξήγηση, (β) την 'ετερογενή' ή 'αιτιακή' εξήγηση και (γ) τη 'βαθυγενή' εξήγηση. Παραθέτουμε ένα εκτεταμένο απόσπασμα από το βασικό κείμενο του Halbwachs *Η ιστορία της εξήγησης στη φυσική* το οποίο αποδίδει με τη μορφή εξαιρετικών παραδειγμάτων τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων κατηγοριών: «Ας ξεκινήσουμε με ένα παράδειγμα το οποίο αναφέρεται στην πίεση των αερίων. Ας

θεωρήσουμε, καταρχάς, το πείραμα του Torricelli σχετικά με την ανύψωση του υδραργύρου μέσα στον 'βαρομετρικό σωλήνα' και με την εξήγηση που προτάθηκε πρώτα από τον ίδιο τον Torricelli και κατόπιν από τον Pascal. Η εμφάνιση ενός κενού χώρου μέσα στο σωλήνα οδήγησε τον Torricelli να υπερβεί το αριστοτελικό παράδειγμα της 'απέχθειας του κενού από τη φύση'. Έτσι, αν αποδεχθούμε ότι μέσα στο βαρομετρικό σωλήνα δεν υπάρχει τίποτε, τότε η υψηλότερη επιφάνεια του υδραργύρου δεν είναι δυνατόν να υφίσταται καμία δράση. Αντιθέτως, το άλλο επίπεδο βρίσκεται σε επαφή με τον 'ελεύθερο αέρα' και έτσι θα πρέπει να αποδώσουμε την ανύψωση του υδραργύρου στη δράση του αέρα. Η φύση αυτής της δράσης συγκεκριμενοποιήθηκε από τον Pascal μέσω μιας συσκευής όπου το εσωτερικό δοχείο είναι κλεισμένο, εγκλωβίζοντας ορισμένο όγκο αέρα. Μπορούμε, συνεπώς, να συμπίεσουμε ή να αραιώσουμε αυτόν τον 'εγκλωβισμένο' αέρα και να δείξουμε ότι είναι πράγματι ο αέρας που, μέσω της 'ελαστικής' πίεσης, καθορίζει το ύψος του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα. Η εξήγηση της ανύψωσης του υδραργύρου με τη δράση του αέρα διατυπώνεται με τρόπο ώστε το αποτέλεσμα που σχετίζεται με ένα σώμα (παθητικός παράγων - patient) να αποδίδεται σε μια αιτία που σχετίζεται με ένα άλλο σώμα (ενεργός παράγων - agent). Θα ονομάσουμε αυτό τον τύπο της εξήγησης 'ετερογενή' εξήγηση. Ας θεωρήσουμε τώρα την εξήγηση που δόθηκε από τον Pascal μέσω της ίδιας της πίεσης του 'ελεύθερου αέρα' η οποία εξασκείται στην εσωτερική επιφάνεια του υδραργύρου. Επαναλαμβάνοντας και γενικεύοντας την απόδειξη που δόθηκε από τον Στενίη τον 16ο αιώνα για την πίεση στα υγρά, αποδεικνύει ότι σε δύο διαφορετικά υψόμετρα οφείλουμε να παρατηρήσουμε δυο διαφορετικές τιμές πίεσης και ότι η διαφορά αυτή οφείλεται στην βαρύτητα του αέρα (κάτι που επιβεβαιώθηκε με το λεγόμενο πείραμα του Puy-de-Dome). Στην απόδειξη χρησιμοποιείται ένας φανταστικός κατακόρυφος κύλινδρος που είναι φτιαγμένος από υλικό ίδιου ειδικού βάρους με αυτό του αέρα και ο οποίος βρίσκεται σε ισορροπία κάτω από την επίδραση αφ' ενός του βάρους του και αφ' ετέρου των πιεστικών δυνάμεων που εξασκούνται από τον αέρα. Καταλήγει σε μια σχέση ανάμεσα στην κατακόρυφη μεταβολή της πίεσης και του ειδικού βάρους του αέρα, δηλαδή μιας σχέσης μεταξύ δύο ιδιοτήτων του ίδιου μέσου σε ένα μάλιστα σημείο του. Δεν μπορούμε πλέον εδώ να διακρίνουμε ένα ενεργό και ένα παθητικό παράγοντα, ένα αίτιο και ένα αποτέλεσμα, [...]. Θα μιλήσουμε για ομογενή εξήγηση. Τέλος, για να λάβουμε υπ' όψη όλες τις πλευρές και ιδιαίτερα την ποσοτική πλευρά του φαινομένου, θα πρέπει να δείξουμε πως αντιστρόφως η πίεση του αέρα καθορίζει το ειδικό του βάρος μέσω του νόμου της συμπίεσιότητας (Boyle-Marriott). Ο συγκεκριμένος νόμος, όταν διατυπώθηκε, δεν είχε εξηγητικό χαρακτήρα αφού υπήρχε αποτέλεσμα της εμπειρίας. Όμως η σύγχρονη μοριακή θεωρία (Boltzmann) επιτρέπει με τη σειρά της να δοθεί εξήγηση στο νόμο: τα κινούμενα προς όλες τις κατευθύνσεις μόρια εξασκούν στα τοιχώματα ενός δοχείου, σ' ένα έμβολο κλπ, μια πίεση η οποία απορρέει από το σύνολο των συγκρούσεών τους. Όσο περισσότερο στριμωγμένα είναι τα μόρια τόσο περισσότερες είναι οι συγκρούσεις, τόσο η πίεση είναι μεγαλύτερη και αυτός είναι ο 'λόγος ύπαρξης' του νόμου Boyle-Marriott. Η εξήγηση εδώ αναφέρεται στην μοριακή δομή η οποία αποδίδεται στο σύστημα όταν προβαίνουμε στην εις βάθος ανάλυσή του. Θα μιλήσουμε λοιπόν για βαθυγενή εξήγηση» (ό.π., σελ. 75-77).

Γενικεύοντας τα χαρακτηριστικά του κάθε τύπου εξήγησης, ο Halbwachs συνδέει την

έννοια της εξήγησης με την έννοια της αναπαράστασης των φυσικών συστημάτων μέσω θεωρητικών μοντέλων. Η αναπαράσταση των φυσικών συστημάτων (συνόλων καλά καθορισμένων αντικειμένων ή οντοτήτων που απομονώνουμε με τη σκέψη και τα διακρίνουμε από τον υπόλοιπο φυσικό κόσμο) δεν αποτελεί απλή περιγραφή τους ούτε προέρχεται απλά από τα δεδομένα της εμπειρίας, αλλά οικοδομείται κατά τη διάρκεια μετασχηματισμών που υφίστανται τόσο τα φυσικά συστήματα (μέσω του πειραματισμού) όσο και τα θεωρητικά μοντέλα που τα αναπαριστούν (μέσω λογικομαθηματικών συλλογισμών), σε διάφορα επίπεδα τα οποία προσεγγίζουν μερικώς την πραγματικότητα, αλλά ποτέ δεν αποτελούν πιστά αντίγραφα της. Στα πλαίσια αυτά, η εξήγηση κατά τον Halbwachs αποκτά νόημα όταν υπάρχει αλλαγή στο επίπεδο οικοδόμησης ενός θεωρητικού μοντέλου κατά την οποία εγκαθιδρύεται μια νέα σχέση ανάμεσα στη δομή ενός θεωρητικού μοντέλου και τη δομή του φυσικού συστήματος που αναπαριστά όπως αυτή αποκαλύπτεται στο εμπειρικό επίπεδο (Halbwachs, 1973, 1974).

Με βάση τα προηγούμενα, η 'ετερογενής' ή 'αιτιακή' εξήγηση συνίσταται στο να εισάγει τη δράση του εξωτερικού κόσμου στο φυσικό σύστημα που έχουμε καθορίσει<sup>1</sup>. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν να καθορισθεί ένας παθητικός παράγων, που είναι το υπό μελέτη φυσικό σύστημα, και ένα ενεργητικός παράγων που είναι ο εξωτερικός κόσμος. Οι αλλαγές που συμβαίνουν στον ενεργητικό παράγοντα ερμηνεύονται ως αιτία των αλλαγών που συμβαίνουν στον παθητικό παράγοντα (αποτελέσμα). Η πλέον στοιχειώδης μορφή σχέσης αιτίου - αποτελέσματος είναι η λεγόμενη *απλή αιτιακή εξήγηση* όπου η μεταβολή ενός χαρακτηριστικού του εξωτερικού κόσμου προκαλεί τη μεταβολή ενός αντίστοιχου χαρακτηριστικού του συστήματος. Η απλή αιτιακή εξήγηση συνήθως συνοδεύεται από τον καθορισμό των συνθηκών οι οποίες είναι δυνατόν να επιτρέπουν τη δράση της αιτίας. Για παράδειγμα, στην αιτιακή εξήγηση της σύνθεσης του νερού, το σύστημα του μίγματος οξυγόνου και υδρογόνου είναι η αιτία παραγωγής του νερού. Η αιτία αυτή είναι αναγκαίος αλλά όχι επαρκής παράγων για να δημιουργηθεί ένα αποτέλεσμα και για αυτό λαμβάνουμε υπ' όψη μας τις ενδεχόμενες συνθήκες παραγωγής του που μπορεί να είναι η τοπική θέρμανση ή κάποιος άλλος καταλύτης. Στην περίπτωση όπου το αποτέλεσμα μιας αιτίας είναι δυνατόν να δημιουργήσει με τη σειρά του ένα άλλο αποτέλεσμα κ.ό.κ. μιλούμε για *γραμμική αιτιότητα* κατά την οποία συγκροτείται αιτιακή αλυσίδα απλών αιτιακών εξηγήσεων. Η κίνηση ενός σιδερομαγνητικού υλικού κοντά σ' ένα ηλεκτρομαγνήτη ο οποίος μαγνητίζεται όταν τεθεί σε λειτουργία ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, είναι δυνατόν να περιγραφεί με μια σειρά σχέσεων απλής αιτιότητας. Η απλή αιτιακή εξήγηση είναι συνήθως ατελής διότι πολλές φορές είναι δυνατόν η ίδια μεταβολή - αιτία να προκαλεί διαφορετικές μεταβολές - αποτελέσματα ή ακόμη το ίδιο

<sup>1</sup> Η έννοια της αιτιακής εξήγησης, σύμφωνα με τον Halbwachs, απαιτεί μια ιδιαίτερη συζήτηση σχετική με τη σημασία του χρόνου ως κριτηρίου συγκρότησης μιας σχέσης αιτιότητας (ή αιτία προηγείται του αποτελέσματος). Αν και η σχετική συζήτηση υπερβαίνει τα όρια αυτής της μελέτης, μπορούμε να αναφέρουμε ότι στην αιτιακή εξήγηση, ανάλογα με το αν τα διάφορα φυσικά συστήματα διαχωρίζονται ή όχι στο χώρο, μπορεί δύο γεγονότα της μελετώμενης αιτιακής αλυσίδας να θεωρηθούν ότι λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα ή ότι το ένα προηγείται του άλλου. Θα δείξουμε επίσης σε επόμενη ενότητα, ότι η συζήτηση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάζουν αιτιακές εξηγήσεις οι μαθητές.

αποτέλεσμα να προέρχεται από διαφορετικές αιτίες. Στις περιπτώσεις αυτές είτε αναζητούμε περισσότερες αιτίες, είτε χρειάζεται να υπερβούμε την απλή αιτιότητα προσεγγίζοντας άλλες μορφές εξήγησης. Ένας πιο εξελιγμένος τύπος αιτιακής εξήγησης είναι η λεγόμενη *κυκλική αιτιότητα*. Αυτή προκύπτει, για παράδειγμα, όταν παρατηρούνται φαινόμενα τα οποία αντιστοιχούν στην αντίστροφη αιτιακή σχέση μια απλής αιτιακής σχέσης. Η αντίστροφη αιτιακή σχέση είναι δυνατόν να συμβαίνει ταυτόχρονα (ρυθμιστική αιτιότητα) ή να διαδέχεται στο χρόνο την προηγούμενη αιτιακή σχέση (περιοδική αιτιότητα). Από τα πολύ ενδιαφέροντα παραδείγματα κυκλικής αιτιότητας που παραθέτει ο Halbwachs στο κείμενό του *Γραμμική και κυκλική αιτιότητα* (Halbwachs, 1971) επιλέγουμε αυτό που αναφέρεται στην εξήγηση της κίνησης ενός απλού εκκρεμούς (σελ. 81-82). Στην περίπτωση αυτή φαίνεται ότι η δύναμη που ασκείται στο σφαιρίδιο του εκκρεμούς μπορεί να μεταβάλλει τη κίνησή του ( $du/dt = F/m$ ) αλλά, ισοδύναμα, είναι δυνατόν να ισχυρισθούμε ότι η κίνηση του σφαιριδίου μπορεί να μεταβάλλει τη συνισταμένη δύναμη ( $F = -kx$ ). Οι λογικές δυσκολίες που χαρακτηρίζουν την κυκλική αιτιότητα (στο συγκεκριμένο παράδειγμα, π.χ., πώς είναι δυνατόν να προσδιορισθεί η μεταβολή της απόστασης μέσω μιας δύναμης η οποία οφείλει να προσδιορισθεί από την απόσταση) αίρονται για το φυσικό πρόβλημα όταν υπάρξει αλλαγή στο επίπεδο του θεωρητικού μοντέλου και, συνεπώς, του τύπου της εξήγησης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η λογική αντίφαση αίρεται στα πλαίσια του περισσότερο αφηρημένου μοντέλου της αναλυτικής δυναμικής (μέσω της λύσης της διαφορικής εξίσωσης  $d^2x/dt^2 = -kx/m$ ). Η κυκλική αιτιακή εξήγηση, η οποία ιστορικά καθορίζει μεγάλες περιοχές της κλασσικής φυσικής όπως η νευτώνικη μηχανική και η κλασσική θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού, αποτελεί κατά τον Halbwachs ένα αναγκαίο ενδιάμεσο στάδιο που οδηγεί από την απλή αιτιακή εξήγηση, η οποία είναι μια ετερογενής εξήγηση, στην ομογενή ή τυπική εξήγηση (Halbwachs, 1971).

Στην ομογενή εξήγηση οι μεταβολές του φυσικού συστήματος εξηγούνται χωρίς να γίνεται αναφορά σε εξωτερικές αιτίες. Η έννοια της εξήγησης σ' αυτή την περίπτωση χαρακτηρίζει την εξέλιξη της κατάστασης του μελετώμενου συστήματος και περιορίζεται στην ανάδειξη μιας σχέσης ανάμεσα στις διάφορες μεταβλητές του ίδιου του συστήματος. Οι σχέσεις αυτές λαμβάνουν ένα εξηγητικό νόημα επειδή αναδεικνύουν ορισμένα χαρακτηριστικά του συστήματος όπως η απλότητα της περιγραφής του, η συμμετρία της δομής του ή η ύπαρξη ενός αμετάβλητου χαρακτηριστικού του κατά τη διάρκεια διαφόρων μετασχηματισμών που υφίσταται το σύστημα. Τυπικές περιπτώσεις ομογενούς εξήγησης αποτελούν η σχέση που περιγράφει την κίνηση ενός σώματος κατά την ελεύθερη πτώση ή γενικότερα οποιαδήποτε σχέση της κινηματικής, καθώς και η περιγραφή της λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος μέσω των νόμων διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου και της ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, ο τρίτος τύπος εξήγησης, η βαθυγενής εξήγηση, συνίσταται στην αναφορά σε ένα βαθύτερο επίπεδο ανάλυσης όπου η περιγραφή των μεταβολών του συστήματος καθίσταται περισσότερο εκλεπτυσμένη και γίνεται με τη χρήση νέων, ποιοτικά διαφορετικών, μεταβλητών. Η εξηγητική αξία των σχέσεων που περιγράφονται με τις νέες αυτές μεταβλητές συνίσταται στο ότι οι περιγραφόμενες σχέσεις σε αυτό το επίπεδο λαμβάνουν υπ' όψη τους τι συμβαίνει στο αμέσως προηγούμενο επίπεδο αναπαράστασης της πραγματικότητας, ενώ παράλληλα επιτυγχάνεται με αυτή την αναπαράσταση να ενσωμα-

τωθούν στο ίδιο θεωρητικό πλαίσιο νέα φαινόμενα όπως, για παράδειγμα, στην περίπτωση της μοριακής θεωρίας της ύλης η οποία επιτρέπει όχι μόνο να εξηγηθούν οι νόμοι των αερίων αλλά παράλληλα και οι νόμοι της κίνησης Brown, της διάχυσης του φωτός μέσα σε ομογενή ρευστά κλπ (Halbwachs, 1971).

### *Η σχέση των μορφών εξήγησης με τη σκέψη των παιδιών*

Όπως ήδη αναφέρθηκε προηγούμενα, ο Halbwachs συνεργάστηκε στενά με το Κέντρο Γενετικής Επιστημολογίας της Γενεύης και με τον ίδιο τον Piaget. Στα πλαίσια αυτής της συνεργασίας, προχώρησε στη συσχέτιση των διαφόρων τύπων εξήγησης στις φυσικές επιστήμες με τα διάφορα εξηγητικά οχήματα που αναπτύσσουν τα παιδιά κατά τη διάρκεια των τεσσάρων σταδίων ανάπτυξης της παιδικής νοημοσύνης, όπως αυτά καθορίστηκαν από τον Piaget, και γενικότερα με τη ψυχολογική διάσταση της γνώσης (Halbwachs, 1974, 1981). Ο Halbwachs συνδέει την έννοια της εξήγησης στο επιστημολογικό επίπεδο με την έννοια της κατανόησης στο ψυχολογικό επίπεδο και ισχυρίζεται ότι η κατανόηση του φυσικού κόσμου από τα παιδιά, μέσω της δράσης των υποκειμένων στα αντικείμενα και του μετασχηματισμού αυτών των δράσεων σε λογικομαθηματικά οχήματα, συμβαίνει κυρίως μέσω της ετερογενούς εξήγησης. Η ετερογενής εξήγηση αποτελεί τον προνομιακό τρόπο αναπαράστασης της φυσικής πραγματικότητας στα παιδιά (Halbwachs, 1971, σελ. 48 και 111). Με βάση τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο Κέντρο Γενετικής Επιστημολογίας, ισχυρίζεται ότι η κυκλική αιτιακή εξήγηση, η οποία μπορεί να παίξει το ρόλο μιας ενδιάμεσης γνώσης ανάμεσα σ' ένα ετερογενές εξηγητικό οχήμα και σ' ένα μεγαλύτερης εξηγητικής αξίας ομογενές οχήμα, δεν εμφανίζεται παρά μετά την ηλικία των 13 ετών (ό.π., σελ. 110). Παραδέχεται, επίσης, ότι, σε πολύ λιγότερες περιπτώσεις, μπορεί κανείς να συναντήσει και ομογενή εξηγητικά οχήματα όπως όλα αυτά που σχετίζονται με την απόκτηση της έννοιας της διατήρησης (π.χ., η οικοδόμηση της διατήρησης του οχήματος σε ένα κομμάτι πλαστελίνης που συμβαίνει όχι μέσω μιας άμεσης παρατήρησης αλλά μιας *a priori* ιδέας η οποία γεννιέται ξαφνικά) ή ακόμη και βαθυγενή εξηγητικά οχήματα (π.χ., η οικοδόμηση της αντίληψης ότι η ζάχαρη που διαλύεται σε μια ποσότητα νερού χωρίζεται σε όλο και μικρότερα κομμάτια που καταλήγουν να γίνουν αόρατα) (ό.π., σελ. 48-49). Επισημαίνει, επίσης, ότι ορισμένες ιδέες των παιδιών οι οποίες φαίνεται να ταιριάζουν στο ομογενές εξηγητικό οχήμα, όπως για παράδειγμα η χρήση της έννοιας της δύναμης (ή φόρας) όταν επιχειρούν να περιγράψουν τις μεταβολές κίνησης δύο σφαιρών που συγκρούονται, ανήκουν μάλλον στο ετερογενές (αιτιακό) εξηγητικό οχήμα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα παιδιά αντιλαμβάνονται τη 'δύναμη - φόρα' όχι ως κατάσταση του συστήματος, αλλά ως αιτία της κίνησης ενός από τα σώματα<sup>2</sup> (Halbwachs, 1974).

Αποδεχόμενος ο Halbwachs τον παραλληλισμό ανάμεσα στο να εξηγείς, στο επιστημολογικό επίπεδο, και στο να κατανοείς, δηλαδή, να αποδίδεις σημασίες (significations)

<sup>2</sup> Στο επιστημολογικό επίπεδο, η έννοια αυτή είναι δυνατόν να αντιστοιχισθεί με τις έννοιες της ορμής και της κινητικής ενέργειας οι οποίες εντάσσονται σε ένα τύπο ομογενούς εξήγησης του φαινομένου. Η εξηγητική λειτουργία του σχετικού θεωρητικού μοντέλου προκύπτει από την ανάδειξη του χαρακτηριστικού της διατήρησης αυτών των οντοτήτων κατά τη διάρκεια των μετασχηματισμών που υφίσταται το φυσικό σύστημα.



και λογικές αιτίες (*raisons d'être*) στις μεταβολές που υφίστανται τα φυσικά συστήματα, στο ψυχολογικό επίπεδο, όχι μόνο προσπαθεί να ερμηνεύσει τα παιδικά εξηγητικά σχήματα, αλλά καταλήγει και σε ιδιαίτερος ενδιαφέροντα συμπεράσματα για τις σημασίες που είναι δυνατόν να αποδοθούν στις έννοιες με τις οποίες κατασκευάζονται τα διάφορα θεωρητικά μοντέλα της φυσικής, στο επίπεδο της ιστορικής τους ανάπτυξης. Έτσι, για το θεμελιώδη νόμο της μηχανικής ισχυρίζεται ότι η σχέση αυτή «δεν αποτελεί μόνο μια μαθηματική σχέση ανάμεσα σε δύο διανύσματα, αλλά εμπεριέχει κυρίως μια αιτιακή σημασία σύμφωνα με την οποία η δύναμη είναι η αιτία και η επιτάχυνση (δηλαδή, η κίνηση) είναι το αποτέλεσμα. [...] είναι ξεκάθαρο ότι αν και μόνη η μαθηματική έκφραση επιτρέπει τη λύση του θεωρητικού προβλήματος της κίνησης, αντιθέτως, στο ψυχολογικό επίπεδο, η αιτιακή σημασία καθίσταται αναγκαία για τη κατανόσή της» (Halbwachs, 1981, σελ. 210). Παρ' όλο, επίσης, που είναι δυνατός ο καθορισμός της δύναμης μέσω της κίνησης (όπως συνέβη με τον προσδιορισμό από τον Νεύτωνα της δύναμης που εξασκεί ο ήλιος στους πλανήτες εκκινώντας από τις εξισώσεις κίνησης των πλανητών του Κέπλερ), ο αντίστροφος προσδιορισμός εμφανίζει πάντοτε ένα διαφορετικό γνωστικό status. «Με ευκολία θα πούμε ότι ο νόμος της δύναμης [ $F = m\gamma$ ] είναι η λογική αιτία του νόμου της κίνησης [ $\gamma = F/m$ ] και όχι το αντίθετο» (ό.π., σελ. 212). Τέλος, το παράδειγμα που οχεύεται με την περιγραφή της λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος είναι ακόμη πιο κατατοπιστικό: «Ας παρατηρήσουμε τον μη αιτιακό χαρακτήρα αυτού του συστήματος προτάσεων [αναφέρεται στις σχέσεις που περιγράφουν την αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου και της ηλεκτρικής ενέργειας στο κύκλωμα]. Αν θα θέλαμε όμως να αναδείξουμε μια αιτιότητα (και έτσι προσδώσουμε στη θεωρία μια αιτιακού τύπου σημασία) θα έπρεπε να ξεκινήσουμε από τις γεννήτριες και την παρεχόμενη από αυτές ισχύ στο κύκλωμα. Αυτή η ισχύς, που θα παίζει το ρόλο μιας 'αιτιακής ροής' ('influx causal'), θα διανεμηθεί στη συνέχεια με καθορισμένο τρόπο στα διάφορα μέρη που απαρτίζουν το κύκλωμα. Αλλά, εκτός από ορισμένες πολύ απλές περιπτώσεις, δεν θα μπορούσαμε να λύσουμε το πρόβλημα με αυτόν τον τρόπο και κατά συνέπεια δεν είναι η αιτία (cause) (η παροχή [ισχύος] από τις γεννήτριες) που είναι δυνατόν να μας παράσχει τη λογική αιτία (raison) της συγκεκριμένης λειτουργίας του συστήματος και ιδιαίτερα της κατανομής της έντασης του ρεύματος στα διάφορα σημεία του κυκλώματος» (ό.π., σελ. 215).

Στα επόμενα πρόκειται να ισχυριστούμε ότι οι απόψεις του Halbwachs για την εξήγηση στη φυσική, τόσο στο επιστημολογικό όσο και στο ψυχολογικό επίπεδο, είναι δυνατόν να αποτελέσουν αναλυτικά και συνθετικά μεθοδολογικά εργαλεία σε ένα άλλο πλαίσιο, αυτό της σύγχρονης εκδοχής της Διδακτικής των φυσικών επιστημών που ασχολείται με την εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης και της διδασκαλίας τους. Πιο συγκεκριμένα, θα ισχυριστούμε ότι οι απόψεις Halbwachs είναι δυνατόν αφ' ενός να εξηγήσουν ορισμένες πλευρές των σύγχρονων ερευνών για τις νοητικές παραστάσεις που έχουν οι μαθητές για τα φυσικά φαινόμενα και τις έννοιες φυσικής, καθώς και το επιστημολογικό και ψυχολογικό υπόβαθρο της έννοιας της εξήγησης στη φυσική όπως αυτό εκφράζεται στα προγράμματα διδασκαλίας της φυσικής και αφ' ετέρου να συμβάλλουν στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση προγραμμάτων διδασκαλίας που υπερβαίνουν την παραδοσιακή αντίληψη συγκρότησης προγράμματος οπουδών φυσικής (Κολιόπουλος, 2006α).

## Οι επιπτώσεις των απόψεων του F. Halbwachs στην ανάλυση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών

Στα πλαίσια της εποικοδομητικής αντίληψης για τη μάθηση και τη διδασκαλία στις φυσικές επιστήμες, έχει αναπτυχθεί εδώ και τρεις τουλάχιστον δεκαετίες ένα ερευνητικό ρεύμα που έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση των πρακτικο-βιωματικών νοητικών παραστάσεων που έχουν οι μαθητές όταν επιχειρούν να περιγράψουν αντικείμενα, γεγονότα και καταστάσεις που συναντά κανείς στο φυσικό κόσμο (Κουλαϊδής, 2001, Κόκκοτας, 2003, Ραβάνης, 2003, Κολιόπουλος, 2006α). Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών και η εξέλιξή τους αποτελούν γνωσιολογικά συστήματα ταξινόμησης των αντιλήψεων που εκφράζουν οι μαθητές τα οποία έχουν παραχθεί μέσα από συγκεκριμένες στρατηγικές και τεχνικές έρευνας. Η έρευνα αυτή υπερβαίνει πλέον το επίπεδο της απλής συσσώρευσης εμπειρικών δεδομένων και θεωρείται αρκετά ώριμη ώστε να επιχειρούνται έγκυρες γενικεύσεις με στόχο την αποτελεσματική χρήση τους στην ανάπτυξη κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών στις διάφορες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Οι απόψεις του Halbwachs είναι δυνατόν να μας βοηθήσουν αφ' ενός στην ανάλυση των πορισμάτων των σύγχρονων ερευνών, δηλαδή, στην προσπάθεια να αποδώσουμε νόημα στα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, και αφ' ετέρου στη διατύπωση υποθέσεων σχετικών με τη διερεύνηση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών σε διάφορους τομείς που έχουν ήδη μελετηθεί ή υπάρχει ενδιαφέρον να μελετηθούν στο μέλλον. Στην εργασία αυτή, θα σχολιάσουμε υπό το πρίσμα των απόψεων Halbwachs τα αποτελέσματα ερευνών που προέρχονται από ένα πεδίο της φυσικής το οποίο για λόγους ιστορικούς, επιστημονικούς και κοινωνικούς αποτελεί θεμελιώδες γνωστικό αντικείμενο στα σύγχρονα προγράμματα σπουδών φυσικής: το πεδίο της μηχανικής.

Οι πρώτες έρευνες σχετικά με τη φύση και τα χαρακτηριστικά των νοητικών παραστάσεων των μαθητών διεξήχθησαν στον τομέα της μηχανικής. Οι έρευνες αυτές αποκάλυψαν μια σειρά από εναλλακτικές αντιλήψεις που εκφράζουν συχνά, επαναλαμβανόμενα και διαχρονικά οι μαθητές όταν καλούνται να περιγράψουν φαινόμενα μηχανικής όπως η κίνηση των σωμάτων κάτω από διαφορετικές συνθήκες και να επιλύσουν σχετικά προβλήματα τα οποία απαιτούν τη χρήση του εννοιολογικού πλαισίου της νευτωνικής δυναμικής. Ορισμένες από τις σημαντικότερες αντιλήψεις είναι (α) η παρουσία μιας δύναμης, η οποία πολλές φορές αποδίδεται στο ίδιο του κινούμενου σώμα, κατά τη διεύθυνση της κίνησης (Viennot, 1979), (β) η ανυπαρξία δύναμης όταν δεν υπάρχει κίνηση (Minstrel, 1982) και (γ) η εστίαση στη χρονική εξέλιξη του φαινομένου της κίνησης και όχι στην μεταβολή των καταστάσεων του κινούμενου συστήματος (Viennot, 1993).

Οι περισσότερες από τις προηγούμενες περιπτώσεις είναι δυνατόν να αποδοθούν στο γραμμικό αιτιακό συλλογισμό ο οποίος αντιστοιχεί στην κατά Halbwachs ετερογενή ή αιτιακή εξήγηση και μάλιστα στην πιο απλή μορφή της, την απλή αιτιακή εξήγηση όπου αποδίδεται ένα και μοναδικό αίτιο σε ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Μάλιστα, για τη Viennot (1993), η αιτιακή αυτή εξήγηση συνοδεύεται από την έννοια της χρονικής διαδοχής. Έτσι, στην περίπτωση των μαθητών ή φοιτητών που ισχυρίζονται ότι μια μπάλα συνεχίζει ν' ανεβαίνει μετά την εκτόξευσή της επειδή 'έχει' μια δύναμη που τη σπρώχνει προς τα πάνω, η αιτία του

φαινομένου βρίσκεται σε προηγούμενη χρονική στιγμή (η δύναμη που εξασκεί αυτός που εκτοξεύει τη μπάλα και την οποία 'απέκτησε', στη συνέχεια, η μπάλα). Η έννοια της χρονικής διαδοχής που συνοδεύει το απλό γραμμικό εξηγητικό σχήμα αποτελεί χαρακτηριστικό εμπόδιο στην ανάπτυξη ενός (α-χρονικού) εξηγητικού σχήματος που θα προσεγγίζει είτε τη κυκλική αιτιακή εξήγηση, είτε την ομογενή εξήγηση, δηλαδή τύπους εξήγησης που χαρακτηρίζουν εν πολλοίς τη δυναμική προσέγγιση των μηχανικών φαινομένων.

Από την άλλη μεριά, φαίνεται ότι υπάρχουν κατάλληλες φυσικές καταστάσεις, όπως αυτή της σύγκρουσης δύο σωμάτων (Grimellini-Tomasini et al., 1993), όπου η αντίληψη των μαθητών για τη δύναμη που 'έχει' η μία σφαίρα μπορεί να συσχετισθεί με την έννοια του έργου η οποία προκαλεί μια μεταβολή στην κίνηση της άλλης σφαίρας ή την έννοια της ώθησης η οποία μεταφέρεται σ' ένα άλλο σώμα. Και στις δύο περιπτώσεις δεν πρόκειται για την ομογενή εξήγηση η οποία αναφέρεται στη διατήρηση των μεγεθών της ενέργειας και της ορμής αντίστοιχα (την οποία δεν φαίνεται να χειρίζονται ικανοποιητικά οι μαθητές), αφού στο εξηγητικό σχήμα εμπλέκεται μια εξωτερική αιτία στο μελετώμενο φυσικό σύστημα. Η προηγούμενη καθώς και άλλες περιπτώσεις σχετικών ερευνών (McDermott, 1984, Halloun & Hestenes, 1985, McCloskey & Kargon, 1988) δείχνουν ότι στο πεδίο της μηχανικής, οι πρακτικο-βιωματικές νοητικές παραστάσεις των μαθητών που συνδέονται με τα μηχανικά φαινόμενα και ιδιαίτερα με το φαινόμενο της κίνησης παρουσιάζουν ποιοτική διαφορά από τα εξηγητικά μοντέλα της φυσικής και της παραδοσιακής σχολικής εκδοχής της. Οι θέσεις του Halbwachs για τους διαφορετικούς τύπους εξήγησης στη φυσική είναι δυνατόν να μας προσδιορίσουν σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της ποιοτικής αυτής διαφοράς, να αποδώσουν δηλαδή νόημα στις δυσκολίες και τις δυνατότητες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην προσπάθειά τους να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν το φυσικό κόσμο. Επίσης, οι θέσεις αυτές είναι δυνατόν να λειτουργήσουν προβλεπτικά και να προκαλέσουν νέα ερευνητικά δεδομένα όπως στην περίπτωση του Besson (2004) ο οποίος, συγκρίνοντας αιτιακά εξηγητικά σχήματα μαθητών λυκείου με τα αντίστοιχους τύπους εξήγησης σε καταστάσεις μηχανικής στερεών και ρευστών, διαπίστωσε ότι τα εξηγητικά σχήματα των μαθητών είναι πράγματι κατά βάση αιτιακά αλλά είτε συγχέουν την πραγματική αιτία με τις συνθήκες που επιτρέπουν τη δράση της αιτίας, είτε αναγνωρίζουν ως αιτία μια άλλη οντότητα με παραπλήσια χαρακτηριστικά από αυτά της πραγματικής αιτίας (συγχέουν, για παράδειγμα την οντότητα 'δύναμη' με την οντότητα 'πίεση').

## **Οι επιπτώσεις των απόψεων του F. Halbwachs στην ανάλυση και το σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών φυσικής**

Οι θέσεις του Halbwachs φαίνεται ότι μπορούν να εξηγήσουν όχι μόνο τα πορίσματα των διαφόρων ερευνών για τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών στη μηχανική, αλλά και διάφορες διδακτικές στρατηγικές που έχουν αναπτυχθεί κατά καιρούς, καθώς και να συμβάλλουν στη διατύπωση γενικών υποθέσεων σχετικών με το σχεδιασμό του περιεχομένου του προγράμματος σπουδών της φυσικής και των αντίστοιχων διδακτικών παρεμβάσεων.

Μια σειρά εναλλακτικών διδακτικών προτάσεων για τη διδασκαλία της μηχανικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι δυνατόν να αξιολογηθούν όχι μόνο εμπειρικά, μέσω δηλαδή της γνωστικής προόδου που σημειώνουν οι μαθητές, αλλά και θεωρητικά μέσω της σαφούς περιγραφής του επιχειρούμενου διδακτικού μετασχηματισμού (Κολιόπουλος, 2006α), μέσω δηλαδή της σαφούς περιγραφής των επιστημολογικών, ψυχολογικών και παιδαγωγικών επιλογών του διδακτικού περιεχομένου που θεωρούνται κατάλληλες για τους μαθητές μιας συγκεκριμένης εκπαιδευτικής βαθμίδας. Ορισμένες προσεγγίσεις (Dumas-Carré, 1987, Hestenes, 1992, Lemeignan & Weil-Barais, 1994, 1997, Kűcsűkűzer, 2006) προτείνουν την εισαγωγή ενδιαμέσων, ποιοτικών θεωρητικών μοντέλων αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε διάφορα αντικείμενα, τα οποία μπορεί να οδηγήσουν, στη συνέχεια, στη φορμαλιστική περιγραφή των φυσικών συστημάτων με τη βοήθεια της διανυσματικής οντότητας της δύναμης. Η επιλογή αυτή οδηγεί τους μαθητές να οικοδομήσουν μια αναπαράσταση της πραγματικότητας στο πειραματικό, νοητικό και συμβολικό επίπεδο μέσω υποθέσεων για την αμοιβαιότητα των επιδράσεων που έχουν τα διάφορα αντικείμενα σε άλλα. Το επιδιωκόμενο εξηγητικό σχήμα φαίνεται να σχετίζεται με το εξηγητικό σχήμα της κυκλικής αιτιότητας το οποίο ο Halbwachs θεωρεί κατάλληλο για το πέρασμα από τη γραμμική αιτιότητα σε περισσότερο εξελιγμένες μορφές εξήγησης οι οποίες απαιτούνται στη μηχανική. Όπως όμως λέει και ο ίδιος, για να οικοδομήσει ο νους το εξελιγμένο αυτό εξηγητικό σχήμα χρειάζεται και αρχάς μια μακρά άσκηση στο επίπεδο της απλής αιτιότητας (Halbwachs, 1971). Παράλληλα, όμως, οι απόψεις Halbwachs επισημαίνουν τις ιστορικές δυσκολίες για το πέρασμα από ένα τύπο εξήγησης σ' έναν άλλον τύπο εξήγησης και προσδιορίζουν τη φύση των επιστημολογικών τομών ανάμεσα σε διάφορα είδη εξήγησης (π.χ., η αλλαγή του αιτιακού εξηγητικού σχήματος της σύγκρουσης δύο σφαιρών σε ομογενές εξηγητικό σχήμα μεταβολής της κινητικής κατάστασής τους), που ενδεχομένως να έχουν ως αποτέλεσμα η μεταβολή ενός εξηγητικού σχήματος να μη μπορεί να επιτευχθεί με σωρευτικό, γραμμικό τρόπο.

Άλλοι ερευνητές (DiSessa, 1980, Hermann & Schmid, 1984) προτείνουν την εισαγωγή της έννοιας της ορμής ως εναλλακτικής προοπτικής στη διδασκαλία της μηχανικής στο εισαγωγικό επίπεδο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ο DiSessa εισάγει την έννοια της δύναμης ως το ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται (ρέει) η ορμή από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο συνοδεύοντας το αντίστοιχο θεωρητικό μοντέλο με μια γραφική παράσταση όπου ορίζονται σαφώς τα διαφορετικά συστήματα που αλληλεπιδρούν, ισχυριζόμενος ότι το μοντέλο αυτό βρίσκεται πιο κοντά στις βιωματικές αντιλήψεις των μαθητών ή φοιτητών και ότι είναι δυνατόν να νοηματοδοτήσουν μέσω αυτού καλύτερα ορισμένες φυσικές καταστάσεις παρά με το φορμαλισμό του δεύτερου νόμου της νευτωνικής μηχανικής. Οι Hermann & Bruno Schmid χρησιμοποιούν την ίδια έννοια για να εξηγήσουν καταστάσεις μηχανικής ισορροπίας. Χρησιμοποιώντας τις απόψεις Halbwachs ως εργαλείο ανάλυσης των δύο προηγούμενων, αιρετικών θα έλεγε κάποιος, προσεγγίσεων, αντιλαμβάνομαστε ότι η αντικατάσταση του φορμαλισμού του δεύτερου νόμου της μηχανικής με το φορμαλισμό της μεταβολής (ροής) της ορμής συνάδει με την ανάγκη να εκμεταλλευτούμε το εξηγητικό σχήμα της απλής εξήγησης στην περίπτωση που το σχήμα αυτό μπορεί να υποβοηθήσει τις αυθόρμητες νοητικές παραστάσεις των μαθητών/φοιτητών (μια 'δύναμη'

που μεταφέρεται από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο) να εξελιχθούν σε (αιτιακά) εξηγητικά σχήματα συμβατά με τη σύγχρονη επιστημονική γνώση.

Το πεδίο της μηχανικής είναι ένα από τα πεδία όπου έχει υπάρξει μακρά εμπειριστα-μένη διερεύνηση των νοητικών παραστάσεων των μαθητών και των φοιτητών. Το βασικό διαχρονικό συμπέρασμα των ερευνών αυτών είναι ότι η δομή και τα χαρακτηριστικά των εξηγητικών σχημάτων που χρησιμοποιούνται, ακόμα και μετά τη διδασκαλία, δεν αντιστοιχούν στη δομή και τα χαρακτηριστικά των εξηγήσεων που δίδονται μέσα από τα παραδοσιακά προγράμματα διδασκαλίας της μηχανικής. Περιέργως, λίγες φαίνεται να είναι οι εργασίες στο τομέα της Διδακτικής των φυσικών επιστημών που να διερευνούν τις δυνατότητες σχεδιασμού περιεχομένων και διδακτικών δραστηριοτήτων στη μηχανική οι οποίες αφ' ενός να λαμβάνουν υπ' όψη τους το βασικό αυτό συμπέρασμα και αφ' ετέρου να προσφέρουν περιεχόμενα και διδακτικές δραστηριότητες οι οποίες να οδηγούν τους μαθητές/φοιτητές στην υπέρβαση των απλοϊκών εξηγητικών τους σχημάτων. Ενδεχομένως, ένας από τους λόγους για τους οποίους συμβαίνει αυτό να είναι η αδυναμία να διαβαστούν τα πορίσματα των σχετικών ερευνών με ένα τρόπο ο οποίος να δίδει διεξοδο στο πρόβλημα του μετασχηματισμού των σχημάτων αυτών. Οι απόψεις του Halbwachs για τους διαφορετικούς τύπους εξήγησης, για τη φύση και τα χαρακτηριστικά καθ' ενός εξ αυτών, για τα ενδιάμεσα βήματα που οδηγούν σε ένα πιο εξελιγμένο τύπο εξήγησης καθώς και για τη συσχέτιση των διαφόρων αυτών τύπων με τα δυνατά εξηγητικά σχήματα που χρησιμοποιούν τα παιδιά, επειδή ακριβώς παρήχθησαν μέσα από μια αντι-εμπειριστική, ιστορική και γενετική ανάλυση, εμπειριέχουν, κατά τη γνώμη μας, τα σπέρματα μιας 'θετικής' ανάγνωσης των πορισμάτων της έρευνας για την εξέλιξη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών και φοιτητών στη μηχανική.

Με βάση τα προηγούμενα, είναι δυνατόν να προτείνουμε πλαίσια δυνατών ανασυγκροτήσεων των προγραμμάτων σπουδών της μηχανικής που προκύπτουν από τη σύνδεση των απόψεων Halbwachs με τα πορίσματα των σχετικών ερευνών για τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών και φοιτητών:

(α) Η μετατόπιση των προγραμμάτων σπουδών μηχανικής σε μεγαλύτερες εκπαιδευτικές βαθμίδες και μάλιστα όχι τόσο στο γενικό κορμό αλλά σε επίπεδο κατεύθυνσης, καθίσταται σχεδόν αναγκαία εξ αιτίας της δραματικά μεγάλης απόστασης των εξηγητικών θεωρητικών μοντέλων από τα βιωματικά εξηγητικά σχήματα των μαθητών και φοιτητών. Ήδη αυτό γίνεται εμπειρικά σε διεθνές επίπεδο όπου τα προγράμματα του γυμνασίου έχουν αποφορτισθεί από την ύλη της μηχανικής σε μεγάλο βαθμό<sup>3</sup>, σε αντίθεση με το ελληνικό πρόγραμμα σπουδών το οποίο, μετά από μια μικρή περίοδο εξορθολογισμού του, επανήλθε στην πλέον παραδοσιακή του μορφή όπου η εισαγωγή των παιδιών του γυμνασίου στη φυσική επαφίεται στα πλέον αφηρημένα μοντέλα της μηχανικής τα οποία απαιτούν φορμαλιστικές ομογενείς εξηγήσεις<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το γαλλικό και βρετανικό προγράμματα σπουδών.

<sup>4</sup> Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νέο πρόγραμμα σπουδών φυσικής της β' γυμνασίου και το αντίστοιχο σχολικό εγχειρίδιο.

(β) Απαιτούνται μεγάλης κλίμακας τροποποιήσεις στα περιεχόμενα και στις διδακτικές δραστηριότητες των υφισταμένων προγραμμάτων μηχανικής, τόσο στις χαμηλότερες όσο και στις υψηλότερες εκπαιδευτικές βαθμίδες. Οι τροποποιήσεις αυτές αφορούν στην εισαγωγή φυσικών προς μελέτη συστημάτων τα οποία να απαιτούν, καταρχήν, την ενεργοποίηση του καιτ' εξοχίν βιωματικού εξηγητικού σχήματος που αντιστοιχεί στην απλή (γραμμική) αιτιακή εξήγηση και τη, βήμα προς βήμα, τροποποίηση του σχήματος αυτού προς περισσότερο εξελιγμένες μορφές εξήγησης<sup>5</sup>. Η ενεργοποίηση του απλού αιτιακού εξηγητικού σχήματος σε μηχανικά φαινόμενα, είναι δυνατόν να οδηγήσει στην οικοδόμηση μοντέλων ακόμη και στην προσοχολική ηλικία, όπως στην περίπτωση της οικοδόμησης από τα νήπια ενός πρόδρομου μοντέλου για την τριβή (Ravanis et al., 2007). Η εισαγωγή επίσης, τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση ποιοτικών ενδιάμεσων μοντέλων, όπως αυτό της αλληλεπίδρασης που περιγράψαμε σε προηγούμενη ενότητα, μπορεί να οδηγήσει σε θετική τροποποίηση του απλού αιτιακού εξηγητικού σχήματος. Μπορεί επίσης να επιτευχθεί, ιδιαίτερα στις μικρότερες εκπαιδευτικές βαθμίδες, η αντικατάσταση ενός μέρους του γνωστικού αντικειμένου της μηχανικής, στο οποίο κυρίαρχη εξήγηση είναι η νευτωνική δυναμική εξήγηση, με κριτήριο την εισαγωγή ενός τύπου εξήγησης που βρίσκεται κοντύτερα στα βιωματικά εξηγητικά σχήματα των μαθητών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας τέτοιας πρότασης είναι η μετατόπιση της μελέτης του απλού εκκρεμούς μέσω της δυναμικής ανάλυσης της κίνησης του προς μια μελέτη που ευνοεί τη χρήση απλούστερων αιτιακών σχημάτων, όπως η μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την περίοδό του (Κολιόπουλος et al., 2007).

(γ) Η ιδέα της υποβάθμισης του σημαντικού ρόλου που παίζει η μηχανική στο ελληνικό πρόγραμμα σπουδών είναι δυνατόν να συμπληρωθεί από την ιδέα της αντίστοιχης αναβάθμισης του ρόλου της μακροσκοπικής θερμοδυναμικής μέσω κυρίως του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου  $\Delta E = Q + \Sigma W_i$ . Ένα από τα επιχειρήματα για τη μετατόπιση του ενδιαφέροντος από τη μηχανική στη θερμοδυναμική είναι πως το θεωρητικό μοντέλο που περιγράφει τις δύο αρχές είναι δυνατόν να μετασχηματισθεί διδακτικά σε ένα μοντέλο κατάλληλο προς οικοδόμηση ακόμη και στις πιο μικρές ηλικίες: το μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων (Κολιόπουλος, 2006β). Το μοντέλο αυτό, εκτός των άλλων πλεονεκτημάτων που διαθέτει, φαίνεται ότι είναι κατάλληλο για να προσεγγίσουν οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης τον αφηρημένο και μαθηματικοποιημένο τομέα της μηχανικής εκμεταλλευόμενοι το οικείο σε αυτούς εξηγητικό σχήμα της γραμμικής αιτιότητας (Κολιόπουλος, 1997).

<sup>5</sup> Οι απόψεις Halbwachs είναι δυνατόν να οδηγούν σε διδακτικές υποθέσεις σχετικές με την εννοιολογική συνιστώσα της σχολικής επιστημονικής γνώσης οι οποίες, όμως, αν και αναγκαίες δεν είναι επαρκείς για μια συνολική εικόνα της προτεινόμενης εναλλακτικής μορφής περιεχομένου και διδακτικών δραστηριοτήτων. Παράλληλα, θα πρέπει να διατυπωθούν υποθέσεις σχετικές με τη μεθοδολογική συνιστώσα (για παράδειγμα, υποθέσεις σχετικές με το ρόλο των ερωτημάτων που τίθεναι στους μαθητές ή την εισαγωγή της υποθετικο-παραγωγικής εικόνας της επιστήμης) και την πολιτισμική συνιστώσα (για παράδειγμα, σύνδεση της σχολικής επιστημονικής γνώσης με ζητήματα της καθημερινότητας ή με την ιστορία της επιστήμης) της επιστημονικής γνώσης.

## Επίλογος

Συμβαίνει πολλές φορές τα δεδομένα που αφορούν στις έρευνες για τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών να παράγονται χωρίς να έχουν διατυπωθεί συγκεκριμένες γνωστικές ή διδακτικές υποθέσεις, με αποτέλεσμα μια ομάδα ερευνητών να καταλήγει στο, λανθασμένο κατά τη γνώμη μας, συμπέρασμα πως το ρεύμα της διερεύνησης των νοητικών παραστάσεων των μαθητών έχει εξαντλήσει τις δυνατότητές του. Αντιθέτως, θεωρούμε ότι είναι επιτακτική ανάγκη η συνέχιση της σχετικής έρευνας, αρκεί να συνοδεύεται από σαφείς και περιεκτικές υποθέσεις για περιεχόμενα και διδακτικές δραστηριότητες που θα οδηγήσουν σε σαφή γνωστική πρόοδο, ιδιαίτερα στον τομέα της μηχανικής. Οι απόψεις του Halbwachs είναι δυνατόν να λειτουργήσουν καταλυτικά προς αυτή τη κατεύθυνση.

## Βιβλιογραφία

- Besson, U. (2004). Some features of causal reasoning: common sense and physics teaching. *Research in Science & Technological Education*, 22, 1, 113-125.
- DiSessa, A. A. (1980). Momentum flow as an alternative perspective in elementary mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 5, 365-369.
- Dumas-Carré, A. (1987). La résolution de problème en physique, au lycée : le procédural: apprentissage et évaluation. Thèse de Doctorat. Université Paris VII.
- Grimellini-Tomasini, N., Pecori-Balandi B., Pacca J.L.A. & Villani A. (1993). Understanding conservation laws in mechanics: Students' conceptual change in learning about collisions. *Science Education*, 77, 2, 169-189.
- Halbwachs, F. (1949). *Matérialisme dialectique et sciences physico-chimiques*. Editions Sociales.
- Halbwachs, F. (1960). *Théorie Relativiste des Fluides à Spin*. Gauthier-Villars.
- Halbwachs, F. (1971). Causalités linéaire et circulaire en physique. In M. Bunge, F. Halbwachs, T. Kuhn, J. Piaget & L. Rosenfeld (Eds.) *Les théories de la causalité*. Presses Universitaires de France.
- Halbwachs, F. (1973). L'histoire de l'explication en physique. In Piaget et al. (Eds.) *L'explication dans les sciences*. Flammarion, 72-102.
- Halbwachs, F. (1974). La pensée physique chez l'enfant et le savant. Delachaux et Niestlé.
- Halbwachs, F. (1975). La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'enfant. *Revue Française de Pédagogie*, 33, 19-29.
- Halbwachs, F. (1981). Significations et raisons dans la pensée scientifique. *Archives de Psychologie*, 49, 199-229.
- Halloun, I.A. & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American journal of physics*, 53, 11, 1056-1065.
- Hermann, F. & Bruno Schmid, G. (1984). Statics in the momentum current picture. *American journal of physics*, 52, 2, 146-152.

- Hestenes, D. (1992). Modeling games in the Newtonian world. *American Journal of Physics*, 60, 8, 732-748.
- Κόκκοτας, Π. (2003). Διδακτική των φυσικών επιστημών. Αθήνα.
- Κολιόπουλος, Δ. (1997). Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της ενέργειας. ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006α). Θέματα Διδακτικής των φυσικών επιστημών. Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης. Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2006β). Το εννοιολογικό πρότυπο των ενεργειακών αλυσίδων ως κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης για την ενέργεια στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 18, 78-83.
- Koliopoulos, D. Dossis, S. & Stamoulis, E. (2007). The use of history of science texts in teaching science: Two cases of an innovative, constructivist approach, *The Science Education Review*, 6, 2, 44-56.
- Κουλαϊδής, Β. (Επιμ.) (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Küçüközer, A. (2006). Evolution of the students' conceptual understanding in the case of a teaching sequence in mechanics: Concept of interaction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2, 1, 30-40.
- Lemaignan, G. & Weil-Barais A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16, 1, 99-120.
- Lemaignan, G. & Weil-Barais, A. (1997). Η οικοδόμηση των εννοιών στη φυσική. Η διδασκαλία της μηχανικής. Μιτση. Ν. Δαπόντες & Α. Δημητρακοπούλου. Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- McCloskey, M. & Kargon, R. (1988). The meaning and use of historical models in the study of intuitive physics. In S. Strauss (Ed.) *Ontogeny, phylogeny and historical development*. Ablex Publishing Corp., 49-67.
- McDermott, L. C. (1984). Research in conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 37, 24-32.
- Minstrell, J. (1982). Explaining the 'at rest' condition of an object. *The Physics Teacher*, 20, 10-14.
- Ραβάνης, Κ. (2003). Εισαγωγή στη Διδακτική των φυσικών επιστημών. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Ravanis, K., Koliopoulos, D. & Boilevin, J.M. (2007). Construction of a precursor model for the concept of rolling friction in the thought of preschool age children: A socio-cognitive teaching intervention. *Research in Science Education*, DOI 10.1007/s11165-007-9056-7.
- Viennot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, Hermann.
- Viennot, L. (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique, *Didaskalia*, 1, 13-27.



# Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών ως εργαλείο ανάπτυξης της ‘επιστημονικής σκέψης’: προκλήσεις και δυνατότητες για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

**Αθανάσιος Τζιμογιάννης**

*Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου*

---

## Εισαγωγή

Είναι ευρύτατα αποδεκτό ότι η σχολική εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) δεν έχει καταφέρει να κερδίσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να τους βοηθήσει να διαμορφώσουν μια συνολική εικόνα για την επιστήμη, η οποία να είναι χρήσιμη στην καθημερινή τους ζωή (Aikenhead 2006, Rennie, Goodrum & Hackling 2001). Η εκπαιδευτική έρευνα δείχνει ότι γνώση των μαθητών για τις ΦΕ δεν είναι δομημένη, αλλά συνίσταται στην απομνημόνευση ανεξάρτητων γεγονότων, διαδικασιών και εξισώσεων που δεν είναι κατάλληλα οργανωμένες για την ερμηνεία φυσικών φαινομένων και την επίλυση προβλημάτων (Driver et al. 1993, McDermott & Redish 1999). Ακόμη και μαθητές με υψηλούς βαθμούς δεν είναι σε θέση να κατανοήσουν ουσιαστικά την επιστημονική μέθοδο και να οικοδομήσουν επαρκείς αναπαραστάσεις για τις βασικές έννοιες και τις μεθόδους που θεμελιώνουν τη φύση της επιστήμης.

Το μοντέλο σχεδιασμού της εκπαίδευσης στις ΦΕ, το οποίο καθορίζεται από παλιές, ξεπερασμένες αντιλήψεις για την επιστημονική γνώση και τη μάθηση και βασίζεται σε στόχους, μεθοδολογίες και μέσα που χαρακτήριζαν τη βιομηχανική εποχή, δεν φαίνεται να είναι πλέον αποτελεσματικό. Για παράδειγμα, η φιλοσοφία ότι τα μαθήματα των ΦΕ απευθύνονται στη μειονότητα των μαθητών που πρόκειται να ακολουθήσουν πανεπιστημιακές σπουδές στα διάφορα πεδία των επιστημών και της τεχνολογίας είναι ξεπερασμένη, παρότι φαίνεται ότι είναι κυρίαρχη ακόμη και σήμερα μεταξύ των εκπαιδευτικών των ΦΕ (Furio et al. 2002, Σιόρεντα & Κοέν 2006). Ειδικότερα στη χώρα μας, το σχολείο έχει αποτύχει να παρουσιάσει

τις ΦΕ ως ένα εντυπωσιακό, ενδιαφέρον και χρήσιμο γνωστικό αντικείμενο, το οποίο προετοιμάζει αποτελεσματικά όλους τους μαθητές για την πορεία τους μετά το σχολείο. Το χάσμα που υπάρχει ανάμεσα στις απαιτήσεις της σχολικής γνώσης των ΦΕ και στο πώς η επιστημονική γνώση χρησιμοποιείται από την επιστημονική κοινότητα, την οικονομία και το χώρο της εργασίας, τα μέσα ενημέρωσης κ.λπ. είναι, στις περισσότερες περιπτώσεις, τεράστιο.

Ήδη από την προηγούμενη δεκαετία έχει αναπτυχθεί διεθνώς ένας εκτεταμένος διάλογος προς την κατεύθυνση του προσδιορισμού των αναγκαίων αλλαγών στην εκπαίδευση των ΦΕ. Στο πλαίσιο αυτό έχουν υλοποιηθεί σημαντικά προγράμματα σε διάφορες χώρες, για παράδειγμα ΗΠΑ (AAAS 1993, NRC 1996), Καναδάς (SACC 1992), Αυστραλία (SCF 1998), Αγγλία (NCE 2004). Κοινό πλαίσιο προβληματισμού είναι οι αλλαγές στα Προγράμματα Σπουδών (ΠΣ) των ΦΕ που κατευθύνονται σε δύο άξονες:

- Κάθε μαθητής, και όχι μόνο όσοι έχουν αναπτυγμένες δεξιότητες ή ενδιαφέρον, θα πρέπει να αποκτήσει τις βασικές γνώσεις της επιστήμης, να μυηθεί στο πώς συγκροτείται η *επιστημονική σκέψη* και να κατανοήσει τη *φύση της επιστήμης* (*nature of science*).
- Θα πρέπει να αναδειχθούν οι σύνθετες και περίπλοκες συσχετίσεις μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας (π.χ. επίδραση της επιστήμης στην καθημερινή σκέψη και δράση του ανθρώπου, σχέση επιστήμης και τεχνολογίας, κοινωνικές πτυχές και διαστάσεις, ηθικά ζητήματα κ.λπ.).

Παράλληλα, αναπτύσσεται μια μεγάλη συζήτηση για το εκπαιδευτικό υλικό, τα εκπαιδευτικά μέσα και τις διδακτικές προσεγγίσεις που ανταποκρίνονται στους σύγχρονους μαθησιακούς στόχους και στις απαιτήσεις των ΠΣ. Η πολυπλοκότητα των σημερινών προβλημάτων, τα οποία καλείται να επιλύσει ο άνθρωπος στο χώρο της επιστημονικής έρευνας και της εργασίας, απαιτεί δεξιότητες κριτικής αξιολόγησης, σχεδιασμού λύσεων, συνεργατικής εργασίας, δια βίου μάθησης κ.λπ. Κατά συνέπεια, η γενική εκπαίδευση δεν μπορεί να προετοιμάσει κατάλληλα τους μαθητές για την κοινωνία του μέλλοντος, όπου αναμένεται να κυριαρχήσουν διεπιστημονικές και ολιστικές προσεγγίσεις, αν η εκπαίδευσή τους στις ΦΕ παραμένει περιορισμένη στα παραδοσιακά, γραμμικά μοντέλα διδασκαλίας και μάθησης.

Το κεντρικό σημείο της προβληματικής θα μπορούσε να περιγραφεί διαφορετικά με τον όρο *μετάβαση από τη διδασκαλία στη μάθηση*. Η προσέγγιση αυτή ξεφεύγει από το μοντέλο μεταφοράς του περιεχομένου με αυστηρό και απόλυτο τρόπο και προτείνει το σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων και αυθεντικών μαθησιακών δραστηριοτήτων. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται και η αξιοποίηση των ΤΠΕ ως γνωστικά εργαλεία, τα οποία παρέχουν στην εκπαίδευση των ΦΕ νέους τρόπους αναπαράστασης της επιστημονικής γνώσης, νέες μεθοδολογίες επίλυσης προβλημάτων και ευκαιρίες για ενεργητική μάθηση, συνεργατική μάθηση και εποικοδομητική μάθηση (Jimoianis & Komis 2001, Webb 2005).

Στην εργασία αυτή διαπραγματεύεται το παιδαγωγικό πλαίσιο εφαρμογής των ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ ως εργαλείο ανάπτυξης της επιστημονικής σκέψης. Αναλύονται οι βασικές παιδαγωγικές αρχές, οι μεθοδολογίες και οι προσεγγίσεις σχεδιασμού μαθησιακών δραστηριοτήτων βασισμένων στις ΤΠΕ και παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα εφαρμογής στη διδακτική πράξη.

## Το πλαίσιο ανάπτυξης της 'επιστημονικής σκέψης'

Οι σύγχρονες προσεγγίσεις για την εκπαίδευση στις ΦΕ δεν αντιμετωπίζουν την επιστημονική γνώση ως ένα σύνολο πληροφοριών ή γνώσεων για έννοιες και φαινόμενα του φυσικού κόσμου αλλά δίνουν έμφαση στην κατανόηση της φύσης της επιστήμης και στη συγκρότηση της επιστημονικής σκέψης. Με άλλα λόγια, η επιστήμη αντιμετωπίζεται ως ένας τρόπος γνώσης του φυσικού κόσμου και ως ένα σύστημα αρχών, αξιών και αντιλήψεων με στόχο την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (Lederman 1992). Οι βασικές διαστάσεις που, λίγο ως πολύ, εντοπίζονται στις περισσότερες προσεγγίσεις (Alters 1997, Abd-El-Khalick, Bell & Lederman 1998, Efflin, Glennan & Reisch 1999, Donnelly 2001, Osborne et al. 2003) θεωρούν ότι η επιστημονική γνώση: α) υπόκειται σε συνεχείς αλλαγές, β) βασίζεται στην εμπειρία και στην παρατήρηση του φυσικού κόσμου, γ) είναι προϊόν της ανθρώπινης παρέμβασης (ανακάλυψη, πειραματισμός, ερμηνεία, φαντασία και δημιουργικότητα), δ) οδηγείται και περιγράφεται από κατάλληλες θεωρίες, ε) εντάσσεται στο κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο.

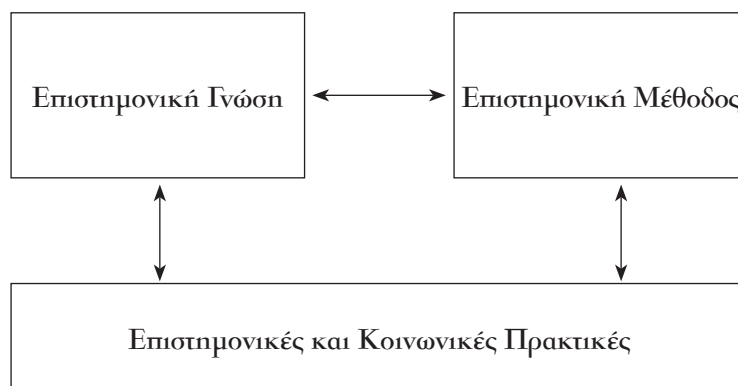
Στην εργασία αυτή περιγράφουμε το πλαίσιο διδασκαλίας, με στόχο την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης, ως ένα σύστημα που καθορίζεται από τρεις άξονες: τη φύση της επιστημονικής γνώσης, τη γνώση της επιστημονικής μεθόδου, και τις επιστημονικές και κοινωνικές πρακτικές που ακολουθούνται για την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (Σχήμα 1):

α) Η φύση της επιστημονικής γνώσης: Περιλαμβάνει όλους εκείνους τους παράγοντες που προσδιορίζονται με τον όρο *knowledge of science*. Αυτοί δεν περιορίζονται απλά στο περιεχόμενο, δηλαδή στις επιστημονικές έννοιες και αρχές, στη γνώση των νόμων και τις επιστημονικές απόδειξης, στην κατανόηση φαινομένων του φυσικού κόσμου, στην εξοικείωση με την επιστημονική γλώσσα κ.λπ. Επεκτείνονται σε ζητήματα πέρα από την αιτιακή φύση της επιστημονικής γνώσης και αφορούν στη στατιστική και πιθανοτική φύση της, στην ακρίβεια και βεβαιότητα της επιστημονικής γνώσης, στην ιστορική εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης, στις προϋπάρχουσες ή ατελείς αντιλήψεις των ατόμων κ.λπ.

β) Η γνώση της επιστημονικής μεθόδου: Περιλαμβάνει όλους εκείνους τους παράγοντες που προσδιορίζονται με τον όρο *knowledge about science* και είναι οι επιστημονικές μέθοδοι και διαδικασίες που χρησιμοποιούνται από τους ειδικούς. Στην ενότητα αυτή εντάσσονται η εξοικείωση με τις διαδικασίες και μεθόδους της *επιστημονικής διερεύνησης (scientific inquiry)* και της *επιστημονικής εξήγησης και ερμηνείας (scientific explanation)*. Οι μαθητές θα πρέπει να εξοικειωθούν με την πειραματική μέθοδο και τις τεχνικές έλεγχου ιδεών που χρησιμοποιούν οι έμπειροι επιστήμονες (παράθεση υποθέσεων, πρόβλεψη, δημιουργικότητα-φαντασία, καταγραφή ανάλυση και ερμηνεία αποτελεσμάτων, διερεύνηση, έλεγχος, συμπέρασμα). Στο πλαίσιο αυτό παίζουν καθοριστικό ρόλο τα διαθέσιμα εργαλεία των ΤΠΕ που αλλάζουν ριζικά τις μεθοδολογίες επίλυσης προβλημάτων και παραγωγής νέας γνώσης, τους τρόπους πρόσβασης και διάδοσης της νέας γνώσης και, τελικά, τη φύση της επιστημονικής γνώσης.

γ) Επιστημονικές και κοινωνικές πρακτικές: Η επιστημονική κοινότητα έχει καθιε-

ρώσει μια σειρά πρακτικές που ακολουθούνται στο πλαίσιο ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης. Για παράδειγμα, η επιστημονική εργασία είναι, συνήθως, προϊόν ομαδικής εργασίας, συνεργασίας και αλληλεπίδρασης μεταξύ ειδικών. Η νέα γνώση αποτελεί αντικείμενο διακίνησης και διαπραγμάτευσης στο πλαίσιο της επιστημονικής κοινότητας και υπόκειται σε κριτική αξιολόγηση και επαλήθευση (επιστημονικά συνέδρια, επιστημονικά περιοδικά). Από την άλλη μεριά, η επιστημονική έρευνα επηρεάζεται από κοινωνικούς, πολιτισμικούς και ηθικούς παράγοντες που καθοδηγούν και κατευθύνουν τους προσανατολισμούς της αλλά και τις επιστημονικές ερμηνείες που προκύπτουν κάθε φορά. Τέλος, αναδεικνύονται μια σειρά ζητημάτων που αφορούν στην καθοριστική επίδραση που έχει η επιστήμη και οι σύγχρονες τεχνολογίες στην κοινωνία και στη διαμόρφωση της ιδιότητας του πολίτη.



Σχήμα 1. Πλαίσιο διδασκαλίας της επιστημονικής σκέψης

## Οι ΤΠΕ ως εργαλείο ανάπτυξης της ‘επιστημονικής σκέψης’

Η παραδοσιακή αντίληψη για την εφαρμογή των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική θεωρεί τις ΤΠΕ ως μέσο διδασκαλίας, δηλαδή ως ένα μέσο που αποθηκεύει κατάλληλα οργανωμένες πληροφορίες και ‘διδάσκει’ τους μαθητές. Η προσέγγιση αυτή περιορίζει κατά πολύ τις δυνατότητες και την επίδραση που έχουν οι ΤΠΕ στους στόχους και στους προσανατολισμούς της εκπαίδευσης. Αναμφίβολα οι ΤΠΕ έχουν αλλάξει τη φύση της γνώσης και τον τρόπο που ο άνθρωπος έχει πρόσβαση, οικοδομεί και διαδίδει τη νέα γνώση (Τζιμογιάννης 2007). Το μοντέλο της συσσώρευσης γνώσεων, οι οποίες βασίζονται στην ανάγνωση, μελέτη και αποστήθιση κειμένων με συμβατική-γραμμαμική οργάνωση είναι ξεπερασμένο, για δύο κατά βάση λόγους:

- Τα σύγχρονα περιβάλλοντα των ΤΠΕ αλλάζουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι έχουν πρόσβαση, συγκεντρώνουν, αναπαριστούν, αναλύουν, διακινούν και αξιοποιούν την επιστημονική γνώση. Ο άνθρωπος έχει σήμερα τη δυνατότητα πρόσβασης σε έναν τεράστιο όγκο και μια ποικιλομορφία πληροφοριών που δεν μπο-

ρεί να διαχειριστεί εύκολα μέσω διαδικασιών απομνημόνευσης και ανάκλησης.

- Οι ΤΠΕ έχουν αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι προσεγγίζουν και επιλύουν προβλήματα, διαμορφώνοντας παράλληλα μια νέα κουλτούρα μάθησης. Τα σύγχρονα εργαλεία των ΤΠΕ παρέχουν *νέες μεθοδολογίες επίλυσης προβλημάτων* που απαιτούν από τους μαθητές την ανάπτυξη *δεξιοτήτων νέου τύπου* (επεξεργασία δεδομένων, σχεδιασμός και υλοποίηση αλγορίθμων, μοντελοποίηση λύσεων, δημιουργικότητα) και την ενίσχυση *δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου* (κριτική και αναλυτική σκέψη, συνθετική ικανότητα, διερευνητική μάθηση, αλληλεπίδραση, συνεργατική επίλυση προβλημάτων).

Η κυρίαρχη, τα τελευταία χρόνια, φιλοσοφία-προσέγγιση αντιμετωπίζει τις ΤΠΕ όχι ως μέσο υποστήριξης της μάθησης, μέσω της 'διδασκαλίας' των μαθητών, αλλά ως εργαλείο οικοδόμησης της γνώσης από τους ίδιους τους μαθητές. Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές *μαθαίνουν με τους υπολογιστές και όχι από τους υπολογιστές* (Jonassen 2006). Οι μαθητές είναι ενεργά υποκείμενα της μάθησης ενώ οι ΤΠΕ λειτουργούν ως *γνωστικά εργαλεία (mindtools)*.

Τα γνωστικά εργαλεία δεν μπορούν να λειτουργήσουν από μόνα τους και να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν χωρίς τη δική τους ενεργοποίηση και χωρίς να εμβαθύνουν στο αντικείμενο μελέτης. Οι μαθητές μαθαίνουν συμμετέχοντας ενεργά και συνεργαζόμενοι μεταξύ τους για την επίλυση προβλημάτων και την υλοποίηση μαθησιακών δραστηριοτήτων, ενώ ο εκπαιδευτικός συντονίζει και καθοδηγεί τις δραστηριότητές τους. Οι διδακτικές καταστάσεις και δραστηριότητες σχεδιάζονται έτσι ώστε να παρέχουν στους μαθητές ευκαιρίες και δυνατότητες που ευνοούν την ενεργητική μάθηση, τη συνεργατική μάθηση και την εποικοδομητική μάθηση, ενώ λαμβάνουν υπόψη τους διαφορετικούς μαθησιακούς τύπους, τα ενδιαφέροντα, τις ικανότητες και τις εμπειρίες των μαθητών.

## **Η μοντελοποίηση ως εργαλείο ανάπτυξης της επιστημονικής σκέψης**

Η εκπαιδευτική έρευνα και οι σύγχρονες θεωρίες μάθησης έχουν δείξει ότι η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών είναι μια εσωτερική και μακρά διαδικασία για κάθε μαθητή. Η νέα γνώση δεν 'μεταφέρεται' αλλά οικοδομείται μέσω των εννοιολογικών αλλαγών που λαμβάνουν χώρα ως συνέπεια της συνεχούς και έντονης αλληλεπίδρασης μεταξύ των προϋπαρχουσών γνώσεων και εμπειριών του ατόμου, από τη μια, και των τυπικών γνώσεων της διδασκαλίας από την άλλη. Οι γνωστικές πηγές που χρησιμοποιούν οι μαθητές για την ανάπτυξη νέων γνώσεων είναι

- η καθημερινή τους εμπειρία και το περιβάλλον όπου δραστηριοποιούνται
- οι νοητικές διεργασίες που αναπτύσσουν
- τα συστήματα αναπαραστάσεων και νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν.

Σύμφωνα με τον Jonassen (2006) ο καλύτερος τρόπος για να μάθει κανείς νέες γνώσεις είναι να οικοδομήσει ένα υπολογιστικό σύστημα που μοντελοποιεί τη γνωστική περιοχή-

στόχο. Η χρήση των γνωστικών εργαλείων βασίζεται στις εποικοδομιστικές θεωρίες για τη μάθηση και δίνει έμφαση στην ανάπτυξη-οικοδόμηση γνωστικών δομών και εννοιολογικών μοντέλων. Η βασική ιδέα είναι ότι οι υπολογιστές δεν διδάσκουν άμεσα δεξιότητες σκέψης αλλά οι μαθητές, κατά την εργασία τους με τον υπολογιστή, εσωτερικοποιούν τον τρόπο λειτουργίας του υπολογιστή με στόχο την οικοδόμηση νέων γνώσεων. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη και χρήση μιας βάσης δεδομένων με στόχο την κατανόηση του περιεχομένου σε μια περιοχή (π.χ. ο Περιοδικός Πίνακας Στοιχείων) εμπλέκει τους μαθητές σε διαδικασίες αναλυτικής σκέψης και συλλογισμών. Η δημιουργία ενός κανόνα συσχέτισης απαιτεί από τους μαθητές να κατανοήσουν τις ιεραρχικές, αιτιακές ή άλλου τύπου συσχετίσεις μεταξύ εννοιών ή παραμέτρων.

Η μοντελοποίηση αποτελεί μια τεχνική αναπαράστασης συστημάτων ή φαινομένων, η οποία βασίζεται σε μαθηματικά δεδομένα. Πρωταρχικός στόχος της μοντελοποίησης, όταν χρησιμοποιείται ως μαθησιακή διαδικασία, είναι η πρόκληση της εννοιολογικής αλλαγής και η οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Οι μαθητές δεν μαθαίνουν μέσα από την εξερεύνηση έτοιμων μοντέλων που θα τους δοθούν αλλά, κυρίως, μέσα από τις δυναμικές διαδικασίες ανάπτυξης των δικών τους νοητικών μοντέλων. Η μοντελοποίηση μπορεί, επίσης, να βοηθήσει τους μαθητές να εκφράσουν και να εξωτερικεύσουν τις σκέψεις και τις ιδέες τους, να αναπαραστήσουν γραφικά και να επιβεβαιώσουν ή να ελέγξουν τις δικές τους θεωρίες.

Οι ΤΠΕ παρέχουν μια πληθώρα λογισμικών και εργαλείων, τα οποία υποστηρίζουν νέου τύπου διαδικασίες μοντελοποίησης. Τα λογισμικά που μπορούν να αξιοποιηθούν ως εργαλεία μοντελοποίησης στη σχολική πρακτική είναι περιβάλλοντα προγραμματισμού, λογισμικά γενικής χρήσης (υπολογιστικά φύλλα, βάσεις δεδομένων), λογισμικά εννοιολογικής χαρτογράφησης, περιβάλλοντα προσομοίωσης ή μοντελοποίησης, εφαρμογές πολυμέσων, καθώς και υπηρεσίες του Διαδικτύου. Στην περιοχή των ΦΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μοντελοποίηση γνώσεων (έννοιες, συσχετίσεις, αρχές, νόμοι), συστημάτων, προβλημάτων και εμπειριών (Πίνακας 1).

Ανάλογα με τον τρόπο ανάπτυξης και εφαρμογής τους σε μαθησιακές δραστηριότητες, τα μοντέλα που βασίζονται στις ΤΠΕ διακρίνονται σε δύο κατηγορίες (Τζιμογιάννης & Σιόρρεντα 2007α):

α) Διερευνητικά μοντέλα (exploratory models): Είναι μοντέλα που δημιουργούνται από ειδικούς για την περιγραφή και αναπαράσταση της επιστημονικής γνώσης σε μια περιοχή. Πρόκειται για υπολογιστικούς μικρόκοσμους που παρέχουν στους μαθητές τη δυνατότητα:

- διερεύνησης, πειραματισμού και αλλαγής των παραμέτρων
- παράθεσης ερωτημάτων της μορφής 'τι θα συμβεί αν'
- σύγκρισης και επαλήθευσης των προβλέψεών τους.

β) Εκφραστικά μοντέλα (expressive models): Είναι τα μοντέλα που δημιουργούν οι ίδιοι οι μαθητές με στόχο να εκφράσουν τις αντιλήψεις τους, να αναπαραστήσουν τις ιδέες τους και να κατανοήσουν τη νέα γνώση μέσα από διαδικασίες υπόθεσης, διερεύνησης, επαλήθευσης και ερμηνείας.

Αντικείμενο μοντελοποίησης	Εργαλεία ΤΠΕ
Έννοιες, διαδικασίες	ενοιολογικοί χάρτες υπολογιστικά φύλλα βάσεις δεδομένων εφαρμογές υπερμέσων
Φυσικά συστήματα	ενοιολογικοί χάρτες υπολογιστικά φύλλα λογισμικά μοντελοποίησης
Προβλήματα	ενοιολογικοί χάρτες υπολογιστικά φύλλα βάσεις δεδομένων λογισμικά μοντελοποίησης εφαρμογές υπερμέσων
Εμπειρίες Φαινόμενα Διαδικασίες Πειράματα	βάσεις δεδομένων λογισμικά μοντελοποίησης εφαρμογές υπερμέσων εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή υπηρεσίες του Διαδικτύου

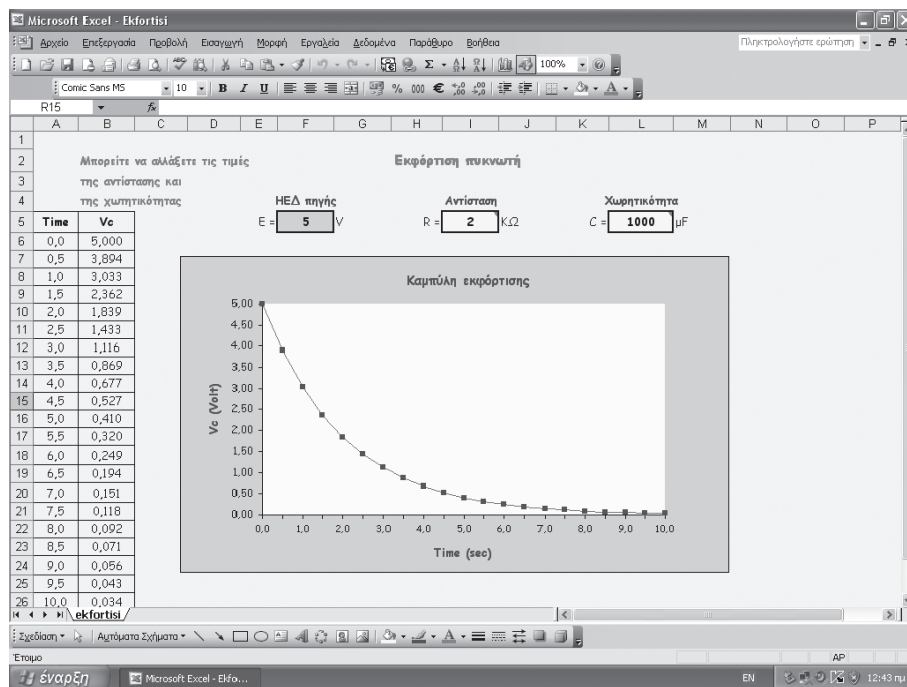
Πίνακας 1. Μοντελοποίηση της επιστημονικής γνώσης με ΤΠΕ

## Παραδείγματα εφαρμογής στη διδασκαλία των ΦΕ

### Υπολογιστικά φύλλα

Λόγω της διάρθρωσής τους, τα υπολογιστικά φύλλα (*spreadsheets*) αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο μοντελοποίησης της επιστημονικής γνώσης που μπορεί να παρασταθεί ποσοτικά (Τζιμογιάννης Μικρόπουλος & Κουλαϊδής 1995, Τζιμογιάννης & Σιόρεντα 2007α). Στο Σχήμα 2 φαίνεται η οθόνη ενός φύλλου εργασίας του Excel που μοντελοποιεί την εκφόρτιση ενός πυκνωτή σε κύκλωμα που περιλαμβάνει αντίσταση, πυκνωτή και πηγή συνεχούς τάσης. Φαίνεται η γραφική παράσταση της τάσης ως συνάρτηση του χρόνου. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν τις τιμές των μεγεθών της ΗΕΔ της πηγής, της αντίστασης ή της χωρητικότητας του πυκνωτή και να παρατηρούν άμεσα τις συνέπειες των αλλαγών στο γράφημα. Εναλλακτικά, οι τιμές των δεδομένων θα μπορούσαν

- να δοθούν έτοιμες στους μαθητές από τον διδάσκοντα
- να αποτελέσουν τις μετρήσεις στο εργαστήριο Φυσικής
- να εξαχθούν από λογισμικό προσομοιώσεων.



Σχήμα 2. Υπολογιστικό φύλλο για τη μελέτη της εκφόρτισης πυκνωτή

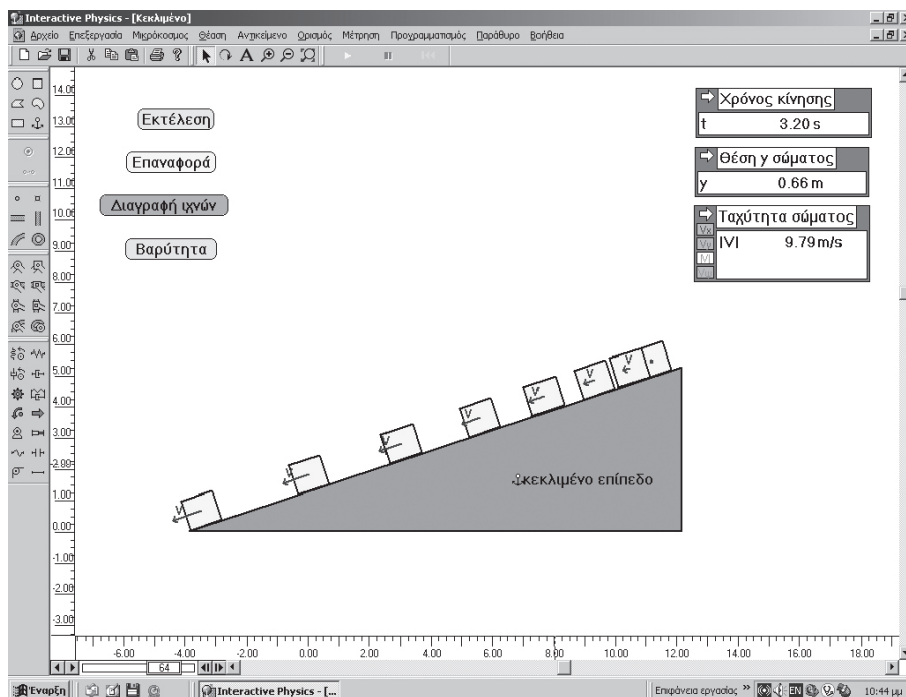
### Λογισμικά προσομοίωσης και μοντελοποίησης

Τα λογισμικά προσομοίωσης και μοντελοποίησης βασίζονται σε μοντέλα αναπαράστασης καταστάσεων ή συστημάτων του φυσικού, τεχνολογικού ή φανταστικού κόσμου, τα οποία δημιουργούνται με βάση την αντίστοιχη επιστημονική θεωρία και παρουσιάζουν ένα σύστημα, ένα πείραμα, ένα φαινόμενο ή μία διαδικασία. Είναι περιβάλλοντα, όπου οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν, να μελετήσουν νόμους, να διαπιστώσουν συσχετίσεις με τον πραγματικό κόσμο, να κάνουν υποθέσεις και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα (Jimoγιάννης & Κομής 2001). Συνήθως είναι ανοιχτά μαθησιακά περιβάλλοντα, τα οποία παρέχουν στους μαθητές δυνατότητες οπτικοποίησης, αναπαράστασης και μελέτης δυναμικών φαινομένων ή πειραμάτων, τα οποία είναι δύσκολο να αποτελέσουν αντικείμενο εμπειρίας στην τάξη ή στο φυσικό περιβάλλον επειδή είναι σύνθετα ή τεχνολογικά περίπλοκα, εξελίσσονται ταχύτατα ή πολύ αργά, είναι επικίνδυνα, έχουν μεγάλο κόστος, υπάρχουν ηθικά ή άλλου τύπου προβλήματα κ.λπ.

Σήμερα υπάρχουν διαθέσιμα στα σχολεία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διάφορα λογισμικά προσομοίωσης-μοντελοποίησης για τις ΦΕ, όπως είναι το Interactive Physics, το Modellus, το Crocodile, ο Δημιουργός Μοντέλων, το Celestia κ.α. Το Σχήμα 3 παρουσιάζει μία οθόνη του λογισμικού Interactive Physics που προσομοιώνει την επιταχυνόμενη κίνηση ενός σώματος που ολισθαίνει χωρίς τριβές σε κεκλιμένο επίπεδο. Η οθόνη περιλαμβάνει τα όργανα μέτρησης του χρόνου, της θέσης και της ταχύτητας του



σώματος, καθώς και τα πλύκτρα αλληλεπίδρασης μαθητή-προσομοίωσης. Τα δεδομένα της προσομοίωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πειραματικές μετρήσεις και να εξαχθούν σε άλλα λογισμικά (π.χ. υπολογιστικά φύλλα) για παραπέρα επεξεργασία και ανάλυση.



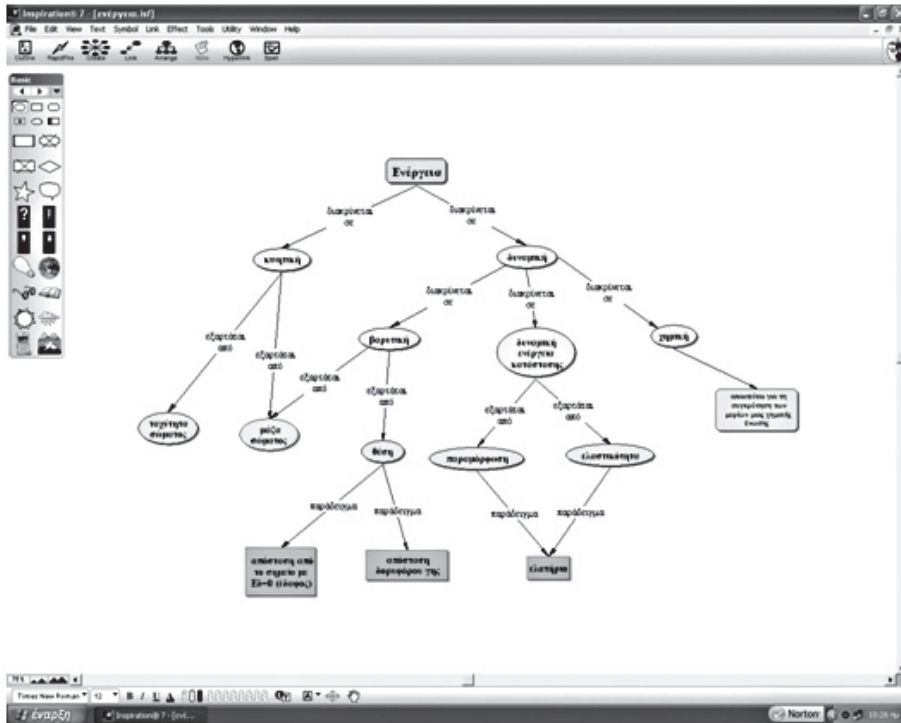
Σχίμα 3. Προσομοίωση για τη μελέτη της επιταχυνόμενης κίνησης

### Λογισμικά εννοιολογικής χαρτογράφησης

Η *εννοιολογική χαρτογράφηση (concept mapping)* αποτελεί μια ειδική διαδικασία γραφικής αναπαράστασης, οργάνωσης, οικοδόμησης και επικοινωνίας εννοιών και των συσχετίσεων μεταξύ τους, η οποία συνιστά ένα ισχυρό εργαλείο μάθησης για την περιοχή των ΦΕ (Novak 1990). Οι *εννοιολογικοί χάρτες (concept maps)* αποτελούν πολυδιάστατα δίκτυα, τα οποία προσομοιώνουν τις γνωστικές δομές και αναπαραστάσεις που διατηρούν οι άνθρωποι σε μια γνωστική περιοχή και απαρτίζονται από *κόμβους* (έννοιες ή ιδέες) που συνδέονται μεταξύ τους με *συνδέσμους* (συσχετίσεις).

Παρότι η εννοιολογική χαρτογράφηση δεν απαιτεί τη χρήση υπολογιστών, τα λογισμικά εννοιολογικών χαρτών ενισχύουν την οικοδόμηση γνώσεων από τους μαθητές υποστηρίζοντας την κριτική σκέψη και την ευέλικτη οργάνωση της γνώσης, λόγω των δυνατοτήτων μετασχηματισμού και επέκτασης που ενσωματώνουν. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να δοθεί έτοιμο το βασικό περίγραμμα του εννοιολογικού χάρτη από το διδάσκοντα και οι μαθητές να συμπληρώσουν τις κενές έννοιες ή τις συσχετίσεις μεταξύ τους. Ο χάρτης μπορεί σε επόμενη

μαθησιακή φάση να εμπλουτιστεί με νέες έννοιες και να επεκταθεί με στόχο την περιγραφή συνθετότερων συστημάτων ή λύσεων προβλημάτων. Χαρακτηριστικά λογισμικά εννοιολογικής χαρτογράφησης είναι το Inspiration, Kidspiration, SemNet, MindMapper κ.α. Στο Σχήμα 4 φαίνεται η οθόνη του λογισμικού Inspiration που αναπαριστάει έναν εννοιολογικό χάρτη σχετικά με την ενέργεια.



Σχήμα 4. Εννοιολογικός χάρτης για την ενέργεια

#### Εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή

Τα *εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή* (*microcomputer based labs, MBL*) αποτελούν μία διαφορετική προσέγγιση στην πειραματική διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Φυσική, Χημεία, Βιολογία). Πρόκειται για εργαστηριακά περιβάλλοντα διδασκαλίας, όπου οι πειραματικές διατάξεις συνδέονται με τον υπολογιστή μέσω αισθητήρων, όπως διακόπτες, θερμοαντιστάσεις ή φωτοαντιστάσεις. Με τον τρόπο αυτό, είναι δυνατή σε πραγματικό χρόνο (on-line) η λήψη, ψηφιοποίηση, επεξεργασία και αποθήκευση των πειραματικών δεδομένων. Τέτοια συστήματα υπάρχουν σήμερα διαθέσιμα στα περισσότερα εργαστήρια φυσικών επιστημών στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Η εφαρμογή εργαστηρίων βασισμένων σε υπολογιστή προσφέρει μοναδικές δυνατότητες στη διδασκαλία και στη μάθηση των ΦΕ. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να παρα-

τηρούν άμεσα τα αποτελέσματά τους στην οθόνη, να καταγράφουν και να χειρίζονται τα δεδομένα τους με τη βοήθεια υπολογιστικών φύλλων, μαθηματικών εργαλείων ή παρουσιάσεων. Έτσι απελευθερώνεται χρόνος για να ελέγξουν ή να τροποποιήσουν τα πειράματά τους, να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα και να τα συγκρίνουν με τη θεωρία, να κατανοήσουν τις σχέσεις μεταξύ μεγεθών και να εξάγουν τους φυσικούς νόμους.

### *Εφαρμογές του Διαδικτύου*

Το Διαδίκτυο έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά που το καθιστούν ένα ισχυρό μέσο υποστήριξης και ενίσχυσης της μάθησης στις ΦΕ: α) αποτελεί μία τεράστια *πηγή πληροφοριών* οι οποίες είναι εύκολα προσβάσιμες και β) επιτρέπει την *επικοινωνία* και *συνεργασία* χωρίς χρονικούς ή γεωγραφικούς περιορισμούς, μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων, ηλεκτρονικών συζητήσεων και διακίνησης-μετάδοσης πληροφοριών.

Το Διαδίκτυο παρέχει ένα παράθυρο επαφής-διασύνδεσης σε πραγματικό χρόνο και επικοινωνίας της σχολικής τάξης με γεγονότα, καταστάσεις ή φαινόμενα του φυσικού κόσμου (μία νέα ανακάλυψη, μία έκλειψη ηλίου, ένας τυφώνας, ένα οικολογικό πρόβλημα κ.α.), το οποίο δεν είναι δυνατό να δοθεί μέσα από το συμβατικό πρόγραμμα και τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά μέσα. Δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο για φυσικά φαινόμενα και γεγονότα που συμβαίνουν στον κόσμο, να έχουν πρόσβαση σε ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες, επιστημονικές πληροφορίες και υλικό (π.χ. πειραματικές μετρήσεις, μετεωρολογικά δεδομένα, χάρτες, δορυφορικές φωτογραφίες κ.λπ.), να επικοινωνούν με ειδικούς επιστήμονες, επιστημονικούς φορείς, ερευνητικά κέντρα και οργανισμούς, να προμηθεύονται εκπαιδευτικό υλικό, εκπαιδευτικά λογισμικά κ.λπ.

Το Διαδίκτυο και οι υπηρεσίες του έχουν τη δυνατότητα να μετασχηματίζουν την παραδοσιακή διδασκαλία σε μια ενεργητική διαδικασία, όπου οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά, ερευνούν, αναλύουν, συνθέτουν και συνεργάζονται με στόχο την οικοδόμηση της γνώσης και την επίλυση προβλημάτων. Οι σύγχρονες υπηρεσίες του μπορούν να υποστηρίξουν δραστηριότητες ενεργητικής, διερευνητικής και συνεργατικής μάθησης και να ενισχύσουν αποτελεσματικά τη μαθησιακή διαδικασία, παρέχοντας στους μαθητές αυθεντικές ευκαιρίες μάθησης, οι οποίες δεν μπορούν να δοθούν από τα συμβατικά σχολικά μαθήματα και βιβλία. Οι δραστηριότητες αυτές αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τη μεταφορά δεξιοτήτων και συμβάλλουν στο να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ των σχολικών δραστηριοτήτων και των εμπειριών της καθημερινής ζωής γύρω από τις ΦΕ.

Εν γένει, προτείνονται δύο τύποι δραστηριοτήτων που βασίζονται στο Διαδίκτυο και στον Παγκόσμιο Ιστό και μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά στην εκπαίδευση των ΦΕ (Τζιμογιάννης & Σιόρβεντα 2007β):

α) *Συνεργατικές δραστηριότητες*: Πρόκειται για δραστηριότητες συνεργατικής επίλυσης προβλημάτων τύπου project που αξιοποιούν τον Παγκόσμιο Ιστό ως πηγή πληροφοριών. Η εξερεύνηση στο Διαδίκτυο είναι αποτελεσματική μόνο όταν οι μαθητές έχουν ένα σαφή και σημαντικό στόχο, όπως είναι η επίλυση ενός προβλήματος, η ανάλυση επιχειρημάτων, η διαμόρφωση απόψεων, η οικοδόμηση ερμηνειών κ.λπ. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να εμπλακούν σε διαδικασίες συλλογής επιστημονικών δεδομένων και

αλληλεπίδρασης-επικοινωνίας με επιστημονικές ομάδες και ειδικούς στο αντικείμενο μελέτης. Για παράδειγμα, στο πλαίσιο μιας εργασίας για τους σεισμούς, οι μαθητές επικοινωνούν με ειδικούς επιστήμονες του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αθηνών, υποβάλλουν ερωτήσεις και απορίες, ζητούν πρόσθετες πηγές δεδομένων και πληροφόρησης, παίρνουν απαντήσεις κ.λπ.

β) Δομημένες διερευνητικές δραστηριότητες (WebQuests): Ο όρος αυτός εισήχθη για πρώτη φορά από τον Bernie Dodge (1997) για να περιγράψει *δομημένες διερευνητικές δραστηριότητες* μαθητών, στις οποίες το μεγαλύτερο μέρος των πληροφοριών αντλούνται από τον Παγκόσμιο Ιστό. Πρόκειται για σενάρια μαθήματος ή μαθησιακές δραστηριότητες που επικεντρώνονται στην ενεργοποίηση των μαθητών και είναι προσανατολισμένες στην *έρευνα (inquiry)*. Αποτελούν ανοιχτές, δυναμικές δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων, όπου οι μαθητές μπορούν να αξιοποιήσουν διάφορες πηγές πληροφορίας (Παγκόσμιος Ιστός, βάσεις δεδομένων, εκπαιδευτικό λογισμικό, συμβατικά έντυπα κ.λπ.) ηλεκτρονικές συζητήσεις, συνεντεύξεις με ειδικούς κ.λπ. Οι δομημένες διερευνητικές δραστηριότητες σχεδιάζονται με στόχο οι μαθητές

- να εμπεδώσουν μια κουλτούρα στοχευμένης πλοήγησης στο Διαδίκτυο
- να εξερευνήσουν δεδομένα και πληροφορίες από πολλαπλές πηγές
- να αναπτύξουν δεξιότητες διερευνητικής μάθησης, κριτικής σκέψης, δημιουργικότητας και επικοινωνίας
- να οικοδομήσουν νέες γνώσεις και να λύσουν προβλήματα.

## Επίλογος

Η ανάγκη διαμόρφωσης ενός αποτελεσματικού παιδαγωγικού πλαισίου για τη διδασκαλία της επιστημονικής σκέψης στο ελληνικό σχολείο είναι επιτακτική. Προφανώς, οι εφαρμογές των ΤΠΕ δεν μπορούν να συμβάλλουν ουσιαστικά στην κατεύθυνση αυτή όταν το χάσμα ανάμεσα στο προβλεπόμενο Πρόγραμμα Σπουδών των ΦΕ (ΕΠΠΣ 1998) και σε αυτό που υλοποιείται στην πράξη παραμένει τεράστιο. Οι ΤΠΕ μπορεί να παραμείνουν ένα απλό μέσο πληροφόρησης, χωρίς καμία ευρύτερη παιδαγωγική και μαθησιακή αξία, αν χρησιμοποιηθούν με βάση τα παραδοσιακά μοντέλα για τη μάθηση. Δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ένα ξεχωριστό γεγονός ή ένα πρόσθετο εργαλείο που υποστηρίζει την παραδοσιακή διδασκαλία των ΦΕ αλλά να ενταχθούν σε ένα ευρύτερο πλαίσιο αλλαγών που αφορούν στο *Πρόγραμμα Σπουδών*, στα *εκπαιδευτικά μέσα* και στις χρησιμοποιούμενες *παιδαγωγικές πρακτικές*.

Στη σημερινή εποχή η εκπαίδευση στις ΦΕ θα πρέπει να έχει την ίδια αξία για όλους τους μαθητές, ανεξάρτητα από τις επιλογές τους μετά το γυμνάσιο ή το λύκειο. Αυτό απαιτεί να δοθεί, μέσα από τα μαθήματα των ΦΕ, μια συνολική εικόνα για την επιστήμη, η οποία δεν θα επικεντρώνεται σε αποσπασματικές γνώσεις ή λεπτομέρειες αλλά σε ευρύτερες ερμηνείες και εφαρμογές της επιστημονικής γνώσης. Η έμφαση πρέπει να δοθεί στη διαδικασία της *επιστημονικής σκέψης* και στην ανάδειξη των σύνθετων και περίπλοκων συσχετίσεων

μεταξύ επιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας. Επιπρόσθετα, χρειάζεται ένα δεύτερος άξονας που θα διαπραγματεύεται την *επιστημονική θεμελίωση* των ΦΕ, κυρίως, στα πεδία της φυσικής, της χημείας και της βιολογίας.

Η ουσιαστική αξιοποίηση εργαλείων των ΤΠΕ στην εκπαίδευση των ΦΕ είναι μια ιδιαίτερα δύσκολη και περίπλοκη διαδικασία, η οποία απαιτεί χρόνο και συνεχή προσπάθεια. Φαίνεται ότι το δυσκολότερο εγχείρημα είναι η κατάλληλη προετοιμασία και υποστήριξη των εκπαιδευτικών των ΦΕ, οι οποίοι αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχή ένταξη των ΤΠΕ στην καθημερινή πρακτική ως εργαλείο ανάπτυξης της επιστημονικής σκέψης. Οι εκπαιδευτικοί των ΦΕ δεν αρκεί απλά να χρησιμοποιούν εργαλεία των ΤΠΕ και να έχουν πρόσβαση σε νέες πηγές πληροφόρησης, όπως είναι το Διαδίκτυο. Οι μαθησιακές δραστηριότητες που βασίζονται σε εργαλεία των ΤΠΕ απαιτούν μια ριζικά διαφορετική φιλοσοφία σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Κλειδί στην προσπάθεια αυτή αποτελεί η αλλαγή των παιδαγωγικών αντιλήψεων και η κατάλληλη προετοιμασία των εκπαιδευτικών της πράξης, ώστε να είναι σε θέση να επανοργανώσουν τη διδασκαλία τους χρησιμοποιώντας παραδοσιακές και νέες μαθησιακές στρατηγικές που ευνοούν την ενεργητική συμμετοχή, τη διερευνητική και συνεργατική εργασία, την κριτική σκέψη και τον αναστοχασμό, μέσα από μαθησιακές δραστηριότητες βασισμένες στις ΤΠΕ (Jimoyiannis & Komis 2007).

Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξουν αποτελεσματικά τους μαθητές τους, ώστε να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της διερευνητικής και συνεργατικής μάθησης και να μεγιστοποιήσουν τις γνωστικές και τις μαθησιακές τους πρωτοβουλίες. Η οργάνωση και η διαχείριση κατάλληλων μαθησιακών δραστηριοτήτων με χρήση ΤΠΕ απαιτεί γνώση και χρόνο, ενώ συνιστά εμπόδιο για την πλειονότητα των εκπαιδευτικών της πράξης (Σιόροντα & Κοέν 2006, Τζιμογιάννης & Κόμης 2006).

Απαιτούνται, κατά συνέπεια, ευρύτερες δράσεις οι οποίες θα ξεφεύγουν από τα τυπικά επιμορφωτικά σεμινάρια τεχνολογικού αλφαριθμητισμού. Οι δράσεις αυτές θα πρέπει να ενταχθούν σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο, το οποίο οριοθετείται από την τεχνολογική και την παιδαγωγική διάσταση των ΤΠΕ και καθορίζεται από τα πορίσματα της Διδακτικής των ΦΕ. Το πλαίσιο αυτό προϋποθέτει

- την επαρκή αιτιολόγηση της ένταξης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία με όρους παιδαγωγικής και διδακτικής
- την υιοθέτηση των ΤΠΕ ως γνωστικό εργαλείο σε όλο το φάσμα του Προγράμματος Σπουδών των ΦΕ
- την αλλαγή των παραδοσιακών παιδαγωγικών αντιλήψεων των εκπαιδευτικών των ΦΕ και την καλλιέργεια μιας νέας εκπαιδευτικής κουλτούρας που θα αξιοποιεί τις δυνατότητες των ΤΠΕ
- τη συνεχή υποστήριξη των εκπαιδευτικών της πράξης με στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων ενσωμάτωσης των ΤΠΕ στη διδακτική πρακτική
- τη διαμόρφωση ευρύτερων εκπαιδευτικών πολιτικών σχετικά με την προετοιμασία του σχολείου του μέλλοντος.

## Βιβλιογραφία

- AAAS (1993). Project 2061: Benchmarks for science literacy, New York: Oxford University Press.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Aikenhead, G. (2006). *Science education for everyday life*. New York: Teachers' College Press.
- Alters, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- Dodge B. J. (2004). <http://webquest.sdsu.edu>
- Donnelly, J. (2001). Contested terrain or unified project? 'The nature of science' in the national curriculum for England and Wales. *International Journal of Science Education*, 23(2), 181-195.
- Driver R., Guesne E. and Tiberghien A. (1993). Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες, Αθήνα: Εκδόσεις Τροχαλία (Ελληνική Μετάφραση).
- Efflin, J., Glennan, S., & Reisch, G. (1999). The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 197-116.
- Furió C., Vilches A., Guisasaola J., & Romo V. (2002). Spanish teacher's views of the goals of science education in secondary education, *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 39-52
- Jimoyiannis A. & Komis V. (2001). Computer simulations in teaching and learning physics: a case study concerning students' understanding of trajectory motion, *Computers & Education*, 36, 183-204.
- Jimoyiannis A. & Komis V. (2007). Examining teachers' beliefs about ICT in education: Implications of a teacher preparation programme, *Teacher Development*, 11(2), 181-204.
- Jonassen D. H. (2006). *Modeling with Technology. Mindtools for Conceptual Change*, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- McDermott, L. C. & Redish, E. D. (1999). Resource Letter PER-1: Physics Education Research, *American Journal of Physics*, 67(7), 755-767.
- NCE (2004). National Curriculum for England, <http://www.nc.uk.net/home.html>
- NRC (1996). *National science education standards*, Washington DC: National Research Council.
- Novak J. D. (1990). Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools for science and mathematics education, *Instructional Science*, 19, 29-52.
- Osborne J., Collins S., Ratcliffe M., Millar R. & Duschl R. (2003). What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the expert community, *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Rennie L. J., Goodrum D. & Hackling M. (2001). Science teaching and learning in

- Australian schools: results of a national study, *Research in Science Education*, 31(4), 455-498.
- SACC (1992). Science: a curriculum guide for the secondary level, Science Advisory Curriculum Committee, <http://www.sasked.gov.sk.ca/docs/pdf/phys2030.pdf>
- SCF (1998). Science Curriculum Framework, <http://www.curriculum.wa.edu.au/files/pdf/science.pdf>
- Webb M. E. (2005). Affordances of ICT in science learning implications for an integrated pedagogy, *International Journal of Science Education*, 27(6), 705-735.
- ΕΠΙΠΣ (1998). Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Σιόρβεντα Α. & Κοέν Σ. (2006). Μελέτη των στάσεων και των αντιλήψεων καθηγητών Φυσικής για τη διδασκαλία του αντικειμένου τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 7(2), 151-177.
- Τζιμογιάννης Α. (2007). Το παιδαγωγικό πλαίσιο αξιοποίησης των ΤΠΕ ως εργαλείο κριτικής και δημιουργικής σκέψης, στο Β. Κουλαϊδής (επιμ.), *Η Διδασκαλία της κριτικής και δημιουργικής σκέψης*, 333-354, Αθήνα: ΟΕΠΕΚ.
- Τζιμογιάννης Α. & Κόμης Β. (2006). Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση: Διερευνώντας τις απόψεις εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στο Β. Δαγδιλέλης & Δ. Ψύλλος (επιμ.), *Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή "Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση"*, 829-836, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμογιάννης Α., Μικρόπουλος Α. & Κουλαϊδής Β. (1995). Ο υπολογιστής στη διδασκαλία της Φυσικής. Μία άμεση εφαρμογή με τη χρήση φύλλων εργασίας, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 85, 38-46.
- Τζιμογιάννης Α. & Σιόρβεντα Α. (2007α). Η μοντελοποίηση ως εργαλείο ανάπτυξης της κριτικής και δημιουργικής σκέψης, στο Β. Κουλαϊδής (επιμ.), *Η Διδασκαλία της κριτικής και δημιουργικής σκέψης*, 241-267, Αθήνα: ΟΕΠΕΚ.
- Τζιμογιάννης Α. & Σιόρβεντα Α. (2007β). Το Διαδίκτυο ως εργαλείο ανάπτυξης της κριτικής και δημιουργικής σκέψης, στο Β. Κουλαϊδής (επιμ.), *Σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη κριτικής-δημιουργικής σκέψης*, 355-374, Αθήνα: ΟΕΠΕΚ.





# Ιδέες - κλειδιά για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης

**William F. McComas**

*University of Arkansas*

---

## Εισαγωγή

Πριν από 20 περίπου χρόνια, ο Richard Duschl (1985) έγραψε ένα σημαντικό κείμενο υπενθυμίζοντας στους εκπαιδευτικούς ότι οι περιγραφές του τρόπου με τον οποίο «λειτουργεί η επιστήμη<sup>1</sup>», όπως αυτές τυπικά παρέχονται στην σχολική τάξη και στα διδακτικά βιβλία, απέκλιναν από τις πιο ακριβείς ερμηνείες αυτής της διαδικασίας. Πολλοί υποδέχτηκαν το άρθρο με ενθουσιασμό ελπίζοντας ότι επιτέλους θα αντιμετωπιζόταν ένα από τα πιο σημαντικά ελλείποντα στοιχεία της διδασκαλίας της επιστήμης με την ακρίβεια και την πληρότητα που αντιμετωπίζονται τα θέματα των τεκτονικών πλακών στη γεωλογία, της μίτωσης στη βιολογία, του pH στη χημεία και των νόμων του Νεύτωνα για την κίνηση στη φυσική.

Δυστυχώς, ο αντίκτυπος αυτής της έκκλησης του Duschl ήταν μεικτός. Τα στοιχεία και οι προτάσεις για τη Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ) πολλαπλασιάστηκαν. Επαγγελματικοί οργανισμοί συμπεριλαμβανομένου της Εθνικής Ένωσης Εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών, ανακοίνωσαν ορισμένες θέσεις για τα ζητήματα αυτά υπερασπίζοντας και ορίζοντας σχετικές πτυχές της ΦτΕ (NSTA, 2000). Ένας αυξανόμενος αριθμός προτύπων (standards) για τη ΦτΕ εμφανίζεται στις ΗΠΑ (AAAS 1990, 1993) και σε κείμενα εκπαιδευτικών μεταρρυθμίσεων και διατύπωσης προτύπων στο εξωτερικό (McComas & Olson, 1998). Συγκεκριμένα, τα *Εθνικά Πρότυπα για τη Διδασκαλία των Επιστημών* στις Η.Π.Α. περιλαμβάνουν πρότυπα που εστιάζουν στην επιστήμη ως ανθρώπινη ενασχόληση και στη φύση και στην

---

<sup>1</sup> Για λόγους απλότητας ο όρος «science» έχει αποδοθεί ως «επιστήμη» και όχι ως «εμπειρική επιστήμη» ή ως «φυσικές επιστήμες» (ΣτΕ)

ιστορία των επιστημών για όλες τις σχολικές βαθμίδες (NRC 1996, 141, 170-171, 200-201).

Αυτές οι προτάσεις για τη ΦτΕ είναι ένα βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση. Παρόλα αυτά, εκκλήσεις για την συμπερίληψη της ΦτΕ στη διδασκαλία της επιστήμης γίνονται εδώ και έναν αιώνα (CASMT, 1907) με άτομα να τις υπενθυμίζουν συχνά κατά την περίοδο αυτή (Herron, 1969, Kimball, 1967, Robinson, 1969, Duschl, 1985, Matthews, 1994, McComas, Clough, & Almazroa, 1998, Lederman, 1992, 2002). Η πραγματικότητα είναι ότι παρά αυτές τις συνεχείς και καλά αιτιολογημένες προτάσεις, αρκετοί μαθητές και εκπαιδευτικοί αδυνατούν να κατανοήσουν ακόμα και τα πιο βασικά στοιχεία αυτού του σημαντικού πεδίου (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Διάφορες μελέτες δείχνουν ότι ορισμένοι εκπαιδευτικοί δεν εγκρίνουν καν την ένταξη στοιχείων της ΦτΕ στη διδασκαλία (Bell, Lederman & Abd-El-Khalick, 1997).

Μετά από ανασκόπηση της εκτενούς βιβλιογραφίας της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης από εκπαιδευτές των εκπαιδευτικών, έχει αρχίσει να προκύπτει μια συναίνεση σχετικά με το ποιες ιδέες της ΦτΕ είναι κατάλληλες να συμπεριληφθούν στα αναλυτικά προγράμματα των επιστημών στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στο τεύχος του Νοεμβρίου του 2004 του περιοδικού *The Science Teacher* προτείνονται εκπληκτικά παρόμοιες ομάδες στόχων της ΦτΕ για τη διδασκαλία της στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, έτσι ώστε να μην οδηγηθούμε ούτε σε υπεραπλούστευση της ίδιας της επιστήμης, ούτε σε αύξηση του όγκου της διδακτέας ύλης στο μάθημα. Το άρθρο αυτό προτείνει εννέα ιδέες - κλειδιά, οι οποίες αντιπροσωπεύουν μία συμπαγή ομάδα ιδεών για την επιστήμη αλλά και μία λίστα αντικειμενικών στόχων που μπορούν να μορφοποιήσουν τη διδασκαλία σε οποιοδήποτε επιστημονικό πεδίο.

## Τι είναι η Φύση της Επιστήμης;

Ο ορισμός και το περιεχόμενο της ΦτΕ έχουν μεγάλη σημασία. Η ΦτΕ είναι το σύνολο των «κανόνων του παιχνιδιού» που οδηγεί στη παραγωγή γνώσης και την αξιολόγηση της αλήθειας των διαφόρων προτάσεων στην επιστήμη. Έχουμε ήδη μάθει πολλά για τον τρόπο λειτουργίας της επιστήμης εξετάζοντας τα προϊόντα της, παρατηρώντας τους επιστήμονες εν ώρα εργασίας και βλέποντας τις αλληλεπιδράσεις τους ως κοινότητα. Υπάρχει ένας ολόκληρος τομέας μελέτης που ονομάζεται κοινωνικές μελέτες της επιστήμης, ο οποίος περιλαμβάνει ιστορικούς και φιλόσοφους της επιστήμης μαζί με κοινωνιολόγους που εστιάζουν την προσοχή τους στους επιστήμονες εν ώρα εργασίας στο εργαστήριο, στο πεδίο και σε άλλα επαγγελματικά πλαίσια. Ακόμα και οι ψυχολόγοι και οι φυσιολόγοι που ενδιαφέρονται για τον τρόπο που γίνονται οι ανθρώπινες παρατηρήσεις, έχουν βοηθήσει να φωτιστούν οι διάφορες πλευρές της επιστημονικής δραστηριότητας. Η εργασία αυτών των ειδικών έχει παραγάγει μια περιγραφή της λειτουργίας της επιστήμης από την οποία μπορούμε εμείς να αντλήσουμε έναν ορισμό της ΦτΕ για να τον χρησιμοποιήσουμε στα αναλυτικά προγράμματα της επιστήμης.

Ο ορισμός της επιστήμης και των μηχανισμών τους έχει γίνει σημαντικό ζήτημα ακόμα

και για τα δικαστήρια. Σε συνέχεια μιας κατηγορίας από τους δημιουργιστές σχετικά με το τι θα μπορούσε να συζητηθεί σε ένα επιστημονικό μάθημα, ο δικαστής William Overton (1985) στην υπόθεση McClain εναντίον του Εκπαιδευτικού Συμβουλίου του Αρκάνσας συνέθεσε τη μαρτυρία μιας ομάδας ειδικών διαφόρων ειδικοτήτων συμπεριλαμβανομένων των Michael Ruse και Stephen Jay Gould. Έγραψε ότι η επιστήμη καθοδηγείται από φυσικούς νόμους και εξηγεί με αναφορά σε αυτούς. Ελέγχεται με βάση τα στοιχεία που παρουσιάζονται από τον κόσμο της εμπειρίας και καταλήγει σε συμπεράσματα τα οποία είναι προσωρινά και δυνητικά διαψεύσιμα. Αυτή η έμφαση στη λέξη «φυσικός» είναι ένα στοιχείο κλειδί της επιστήμης. Η επιστήμη δεν μπορεί να σκαλίζει μεταφυσικά ερωτήματα και πρέπει να βασίζεται σε αποδείξεις που πηγάζουν από τη φύση - είτε άμεσα, είτε μέσω συναγωγής.

## **Κεντρικές ιδέες της Φύσης της Επιστήμης**

### *1) Η Επιστήμη απαιτεί και βασίζεται σε εμπειρικά στοιχεία.*

Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της επιστήμης είναι η απαίτηση να παρέχονται δεδομένα, ανοικτά σε κριτική από άλλους, προκειμένου να δικαιολογηθούν όλα τα τελικά συμπεράσματα. Βεβαίως, ορισμένες ιδέες στην επιστήμη ξεκινούν ως δοξασίες. Μεγάλο μέρος της θεωρητικής φυσικής λειτουργεί με αυτόν ακριβώς τον τρόπο καθώς, για παράδειγμα, οι προβλέψεις του Αϊνστάιν για την επίδραση των σωμάτων μεγάλης μάζας στη διάδοση του φωτός δεν απορρίφθηκαν αμέσως λόγω έλλειψης στοιχείων, ούτε όμως έγιναν δεκτές μέχρι που υπήρξαν διαθέσιμα στοιχεία. Το 1919, οργανώθηκε μία αποστολή για να ελέγξει την πρόβλεψη του Αϊνστάιν ότι το φως ενός μακρινού αστέρα θα μετατοπιζόταν ελάχιστα όταν περνούσε κοντά από τον Ήλιο. Όταν παρατηρήθηκαν τα προβλεπόμενα, επιβεβαιώθηκε ένα βασικό αξίωμα της νέας κοσμοθεωρίας του Αϊνστάιν - με στοιχεία. Αν και ο Αϊνστάιν είχε πίστη στον ισχυρισμό του, απαιτούνταν τα εμπειρικά δεδομένα της αποστολής για να επικυρώσει η υπόλοιπη επιστημονική κοινότητα την πρόβλεψη.

Η απαίτηση για εμπειρικά στοιχεία συνοδεύεται από την επισήμανση ότι δεν προκύπτουν όλα τα στοιχεία με πειραματικά μέσα, αν και αυτό αναφέρεται συχνά ως «ο χρυσός κανόνας» της επιστήμης. Εκτός από τα πειράματα με τις αυστηρές δοκιμές και τους ελέγχους, η επιστήμη βασίζεται επίσης σε βασικές παρατηρήσεις (ας λάβουμε υπόψη μας το έργο των Fosse, Goddard και Galickas που μελέτησαν τους μεγάλους πιθήκους) και τις ιστορικές εξερευνήσεις που προσθέσανε τόσα πολλά στην κατανόηση του αρχείου των απολιθωμάτων και της γεωλογίας γενικά. Πολλοί επιστήμονες χρησιμοποιούν κάποιο συνδυασμό ιστορικών, παρατηρησιακών και πειραματικών μεθόδων. Το κεντρικό θέμα που συνδέει όλες τις έρευνές τους είναι η παραγωγή και ανάλυση των στοιχείων με τη μορφή δεδομένων, μετρήσεων, φωτογραφιών, ενδείξεων μετρητών και άλλων συναφών παρατηρήσεων. Παρά τη σημασία της σε άλλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, η πίστη στην ορθότητα των απόψεων ενός ατόμου από μόνη της δεν παίζει καταλυτικό ρόλο στην επιστήμη. Η επιστήμη είναι από τη φύση της, και πρέπει να παραμείνει, μια διαδικασία που καθοδηγείται από τα δεδομένα.

2) Η παραγωγή γνώσης στην επιστήμη περιλαμβάνει πολλά κοινά χαρακτηριστικά και συνήθειες. Ωστόσο, παρά τα κοινά χαρακτηριστικά, δεν υπάρχει μία επιστημονική μέθοδος με συγκεκριμένα στάδια σύμφωνα με την οποία να γίνεται η επιστήμη.

Αν και τα κοινά χαρακτηριστικά στην πρακτική της επιστήμης, όπως ο λογικός συλλογισμός και η προεκτική συλλογή δεδομένων αποτελούν μέρη της ορθής πρακτικής της επιστήμης, δεν υπάρχει ένα καθολικά ακολουθούμενο σύνολο βημάτων που να ξεκινά με τον «ορισμό του προβλήματος», να προχωρά στη «διατύπωση μιας υπόθεσης», στον «έλεγχο της υπόθεσης» και να τελειώνει με «συμπεράσματα» και «αναφορά αποτελεσμάτων». Μία τέτοια μέθοδος διαδοχικών σταδίων που παρουσιάζεται συχνά στα επιστημονικά διδακτικά βιβλία ίσως να είναι αποτελεσματική ως εργαλείο έρευνας, δεν θα πρέπει όμως να οδηγεί τις συζητήσεις στην τάξη στο συμπέρασμα ότι όλοι οι επιστήμονες ακολουθούν σταθερά μια μοναδική μέθοδο. Στην πραγματικότητα, οι μελέτες των επιστημόνων εν ώρα εργασίας αποκαλύπτουν ποικίλους ιδιαίτερους τρόπους προσέγγισης της έρευνας, ακόμα και εμφάνισης νέων ερευνητικών προβλημάτων.

3) Η επιστημονική γνώση είναι προσωρινή αλλά σταθερή. Αυτό σημαίνει ότι η επιστήμη δεν μπορεί να αποδείξει οτιδήποτε επειδή το πρόβλημα της επαγωγής καθιστά την «απόδειξη» αδύνατη. Παρόλα αυτά τα επιστημονικά συμπεράσματα είναι έγκυρα και με μακροχρόνια ισχύ εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο η γνώση γίνεται τελικά αποδεκτή στην επιστήμη.

Η επαγωγή είναι η διαδικασία παραγωγής γνώσης κατά την οποία συλλέγονται ξεχωριστά δεδομένα σχετικά με το πρόβλημα ή το φαινόμενο μέχρι να διαφανεί μέσα από αυτά μία γενική τάση, αρχή ή νόμος. Η πρόβλεψη και η παραγωγή χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί η εγκυρότητα του αρχικού συμπεράσματος. Αυτός ο κύκλος επαγωγής και παραγωγής, ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της λογικής, μόνο τέλειος δεν είναι. Απλά δεν υπάρχει τρόπος να ξέρουμε αν κάποιος συνέλλεξε όλα τα σχετικά δεδομένα, ούτε υπάρχει κάποιος τρόπος για να γνωρίζουμε αν η προτεινόμενη γενίκευση θα παραμείνει αληθινή παντού και πάντα. Παρόλα αυτά, η διαδικασία παραγωγής γνώσης που περιγράφεται εν συντομία εδώ είναι μέχρι σήμερα η καλύτερη που έχουμε αναπτύξει για την παραγωγή ιδεών που να είναι ταυτόχρονα χρήσιμες και έγκυρες, παρά την αδυναμία μας να προσφέρουμε απόλυτες αποδείξεις. Μπορούμε να είμαστε αισιόδοχοι ότι τα επιστημονικά συμπεράσματα που διαμορφώνονται με τον τρόπο αυτό θα έχουν μακροχρόνια ισχύ και σταθερότητα εξαιτίας της επίπονης και αυτό-διορθωτικής φύσης της επιστημονικής διαδικασίας και της απαίτησης να έχουν τη συναίνεση της επιστημονικής κοινότητας.

4) Οι νόμοι και οι θεωρίες σχετίζονται, όμως είναι διακριτά είδη της επιστημονικής γνώσης.

Μία από τις πιο σταθερές παρανοήσεις για την επιστήμη υποστηρίζει ότι οι νόμοι είναι ώριμες θεωρίες και ως τέτοιοι είναι εγκυρότεροι ή πιο πιστευτοί από τις θεωρίες. Οι νόμοι και οι θεωρίες είναι σχετικά αλλά διακριτά, σημαντικά είδη της επιστημονικής γνώσης και θα έπρεπε και τα δύο να θεωρούνται έγκυρα προϊόντα της επιστημονικής δια-

δικασίας. Οι νόμοι είναι γενικεύσεις ή πρότυπα στη φύση (όπως ο νόμος του Charles), ενώ οι θεωρίες είναι εξηγήσεις για την ύπαρξη των νόμων (όπως η κινητική μοριακή θεωρία της ύλης, η οποία προτείνει ότι μικροσκοπικά σωματίδια που συμπεριφέρονται όπως οι μπάλες του μπιλιάρδου, γίνονται πιο κινητικά όσο αυξάνει η θερμοκρασία). Πολλά από τα προβλήματα που σχετίζονται με τη διδασκαλία της εξέλιξης εμφανίζονται όταν οι καθηγητές παραλείπουν να κάνουν το διαχωρισμό ανάμεσα στην πραγματική αλλαγή που υπήρξε με το πέρασμα του χρόνου (εξέλιξη με νομολογικό χαρακτήρα) και την εξήγηση για τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η εξέλιξη όπως τη διατύπωσαν οι Darwin και Wallace (ακριβέστερα γνωστή ως Θεωρία της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής). Όσοι κατανοούν το διαχωρισμό μεταξύ νόμων και θεωριών ποτέ δεν θα ονόμαζαν την εξέλιξη «απλά μια θεωρία!».

*5) Η επιστήμη είναι μια πολύ δημιουργική ενασχόληση.*

Οι επιστήμονες, που επιλέγουν τα προβλήματα που θα ερευνήσουν καθώς και τις μεθόδους που θα χρησιμοποιήσουν, σίγουρα θα συμφωνούσαν πως η εργασία τους είναι δημιουργική. Ακόμα και η σιγμιαία έμπνευση που οδηγεί από τα γεγονότα στα συμπεράσματα είναι μια εξαιρετικά δημιουργική πράξη. Η διαδικασία παραγωγής γνώσης στην επιστήμη είναι τόσο δημιουργική όσο οτιδήποτε στις τέχνες, κάτι το οποίο θα έπρεπε να διασαφηνιστεί στους μαθητές που εξετάζουν τόσο τη διαδικασία όσο και το περιεχόμενο της επιστήμης.

Δυστυχώς, ο μέσος μαθητής είναι πιο πιθανό να περιγράψει την επιστήμη ως ένα ξερό σύνολο γεγονότων και συμπερασμάτων παρά ως δυναμική και συναρπαστική διαδικασία που οδηγεί σε νέα γνώση. Στην αναζήτηση μεθόδου διδασκαλίας των ανακαλύψεων που έχουν ήδη πραγματοποιηθεί, συνήθως αδυνατούμε να παρέχουμε επαρκή πρόσβαση στην αληθινή και δημιουργική εξερεύνηση της ΦτΕ. Κάποιες μελέτες έχουν δείξει ότι μαθητές που είναι εξυπνοί έχουν απορρίψει την επιστήμη ως επιλογή καριέρας απλά επειδή δεν τους δόθηκε η ευκαιρία να αναγνωρίσουν τη δημιουργική πλευρά της.

*6) Η επιστήμη έχει υποκειμενικό χαρακτήρα.*

Μία από τις λιγότερο γνωστές πλευρές της επιστήμης είναι ότι έχει υποκειμενικό χαρακτήρα εξαιτίας του χαρακτήρα της ως ανθρώπινης δραστηριότητας. Δύο επιστήμονες που παρατηρούν τα ίδια δεδομένα ίσως «αναγνωρίσουν» και αντιδράσουν σε διαφορετικά πράγματα λόγω των προηγούμενων εμπειριών και προσδοκιών τους. Αυτό δεν κάνει την επιστήμη λιγότερο ακριβή ή χρήσιμη εφόσον τελικά τα αποτελέσματα θα πρέπει να συζητηθούν και να γίνει η υπεράσπισή τους μπροστά στην ευρύτερη επιστημονική κοινότητα. Όμως η αρχική ανακάλυψη και ανάλυση είναι κατά βάθος γεγονότα προσωπικά και με υποκειμενικό χαρακτήρα.

Η διορατικότητα που χαρακτηρίζει κάποιους επιστήμονες κατά τη διαδικασία της έρευνας αποτελεί εξήγηση του γεγονότος ότι οι μεγαλειώδεις καινοτομίες γίνονται από συγκεκριμένα άτομα και όχι από κάποια άλλα. Οι επιστήμονες αναγνωρίζουν το ρόλο και τις προκλήσεις της υποκειμενικότητας. Οι ιδέες και τα συμπεράσματα πρέπει να ελεγχθούν από

άλλους ειδικούς σε συναντήσεις και μέσα από το σύστημα της δημοσίευσης κατόπιν κρίσης. Οι διαδικασίες αυτές διασφαλίζουν ότι το σημαντικό υποκειμενικό στοιχείο της επιστήμης περιορίζεται μέσω των έγκυρων ελέγχων και της ισορροπίας που επιτυγχάνεται.

7) *Υπάρχουν ιστορικές, πολιτιστικές και κοινωνικές επιρροές στην επιστήμη.*

Η επιστήμη είναι μια μεγάλη και ισχυρή δραστηριότητα που υφίσταται μέσα στο ευρύτερο ανθρώπινο κοινωνικό σύστημα. Το ποια έρευνα προωθείται, ποια αποθαρρύνεται ή ακόμα και απαγορεύεται γίνεται καλύτερα κατανοητό αν λάβουμε υπόψη μας τις ανθρώπινες δυνάμεις όπως η ιστορία, η θρησκεία, ο πολιτισμός και οι κοινωνικές προτεραιότητες. Λαμβάνοντας υπόψη τα έξοδα που σχετίζονται με την επιστημονική έρευνα, πολλοί θα ισχυρίζονταν ότι οι επιστήμονες θα έπρεπε να ασχολούνται μόνο με πρακτικά ζητήματα. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν κοινωνικές πιέσεις που σχετίζονται με συγκεκριμένους τομείς έρευνας. Δεν θα έπρεπε να μας παραξενεύει ότι κάποιες έρευνες ευνοούνται και άλλες αποτρέπονται.

Ο διάλογος που αφορά στην έρευνα των βλαστοκυττάρων και την ανθρώπινη θεραπευτική κλωνοποίηση είναι πρόσφατα παραδείγματα της αλληλεπίδρασης επιστήμης και πολιτιστικών δυνάμεων. Έρευνες προς τις κατευθύνσεις αυτές θα μπορούσαν να είναι ιδιαίτερα αποδοτικές και ενδιαφέρουσες, αλλά για ποικίλους λόγους που ξεπερνούν κατά πολύ την ίδια την επιστήμη αυτές οι περιοχές έρευνας αποτελούν προς το παρόν αντικείμενο διαμάχης. Ανάλογα με την κατάσταση, θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι κοινωνικές δυνάμεις είτε παρεμποδίζουν είτε υποστηρίζουν την επιστήμη. Θα μπορούσε κάλλιστα να ισχύει ότι η εξήγηση του Δαρβίνου για την εξέλιξη μέσω της φυσικής επιλογής και τη σχετική ιδέα της επιβίωσης του καλύτερα αρμοσμένου διαμορφώθηκε μέσα στο κλίμα του αδιάτακτου καπιταλισμού που ο Δαρβίνος έβλεπε παντού γύρω του.

8) *Η επιστήμη και η τεχνολογία βρίσκονται σε αλληλεπίδραση, αλλά δεν είναι ταυτόσημες.*

Πολλοί συγχέουν τους όρους *επιστήμη* και *τεχνολογία* θεωρώντας τους συχνά συνώνυμους. Χοντρικά μιλώντας, υπάρχουν δύο είδη προβλημάτων που ερευνά η σύγχρονη επιστήμη. Μερικά προβλήματα σχετίζονται με μία συγκεκριμένη ανάγκη όπως το πώς θα παραχθεί μία πιο αποτελεσματική ή λιγότερο ακριβή συσκευή αποθήκευσης μουσικής, πώς θα αυξηθεί η αγροτική απόδοση ενός κομματιού γης, ή πώς θα καταπολεμηθεί μία συγκεκριμένη ασθένεια - όλα τους αξιόλογα εγχειρήματα. Οι προκλήσεις αυτές είναι τεχνολογικής φύσης και αντιπροσωπεύουν αυτό που συχνά ονομάζεται «εφαρμοσμένη» επιστήμη. Από την άλλη πλευρά, η «βασική» επιστήμη αποσκοπεί στη βασική κατανόηση της θεμελιώδους φύσης της πραγματικότητας που μερικές φορές ονομάζεται «γνώση για χάρη της ίδιας της γνώσης». Μερικές από τις ανακαλύψεις της βασικής επιστήμης, όπως το λέιζερ, ήταν αρχικά απλά προϊόντα περιέργειας μέχρι να γίνει αργότερα προφανής η χρησιμότητά τους. Μερικοί τεχνολογικοί νεωτερισμοί, όπως το μικροσκόπιο, έδωσαν στους επιστήμονες τη δυνατότητα να κοιτάζουν βαθύτερα μέσα στην απώτατη φύση της πραγματικότητας.

Σύμφωνα με τον Weaver (1953, σελ. 47), «αυτό που οφείλει να είναι η επιστήμη είναι αυτό που πραγματικά θέλουν να κάνουν οι πιο ικανοί επιστήμονες». Παρόλα αυτά,

η πραγματικότητα είναι πολύ πιο περίπλοκη. Η επιστήμη, η τεχνολογία και οι πολιτιστικές δυνάμεις που τις περιβάλλουν είναι άρρηκτα συνδεδεμένες. Τις περισσότερες φορές είναι απλά αδύνατο για τους επιστήμονες να ερευνήσουν μόνο προς τις κατευθύνσεις που θεωρούν πιο ενδιαφέρουσες. Η χρηματοδότηση, καθώς και θεσμικές ή κοινωνικές προτεραιότητες, απλά συνήθως δεν επιτρέπουν να συμβεί αυτό που υποσείριξε τόσο καθαρά ο Weaver.

*9) Η Επιστήμη και οι μέθοδοί της δεν μπορούν να δώσουν απάντηση σε όλα τα ερωτήματα.*

Ένας από τους πιο σημαντικούς στόχους της ΦτΕ είναι να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η επιστήμη έχει όρια και να αντιληφθούν ότι μερικά ερωτήματα απλά δεν μπορούν να ερευνηθούν με τη χρήση επιστημονικών μέσων. Για παράδειγμα, ίσως είναι εφικτό να καθορίσουμε σε ποιο ποσοστό του πληθυσμού αρέσει ένα συγκεκριμένο έργο τέχνης, θα ήταν όμως παράλογο να περιμένουμε από την επιστήμη να μπορεί να εξηγήσει πλήρως γιατί υπάρχει αυτή η τάση. Παρόμοια είναι συχνά η κατάσταση και για ερωτήματα ηθικών αρχών, ηθικής και πίστης - για πολλούς ο τομέας της θρησκείας.

Κατανοώντας ότι όλα τα ερωτήματα δεν μπορούν και δεν θα έπρεπε να απευθύνονται στην επιστήμη, είναι ζωτικής σημασίας να αποφύγουμε τον κοινό αλλά λανθασμένο συλλογισμό ότι η επιστήμη και η θρησκεία βρίσκονται σε πόλεμο. Αντιθέτως, η επιστήμη και η θρησκεία παίζουν σημαντικότατους, αλλά διαφορετικούς ρόλους στις ανθρώπινες υποθέσεις. Μακάρι να μπορούσαμε να εγγυηθούμε ότι οι μαθητές μας κατανοούν τη διαφορά ανάμεσα στη λογική και την πίστη, την επιστήμη και τη θρησκεία και τους ρόλους που αυτές οι δύο κοσμοαντιλήψεις παίζουν στις ανθρώπινες υποθέσεις. Στην πραγματικότητα μία ρητή εστίαση στη ΦτΕ, ως αναπόσπαστο κομμάτι των αναλυτικών προγραμμάτων διδασκαλίας της επιστήμης, θα βοηθούσε πολύ να επιτευχθεί ένας τέτοιος ακριβώς στόχος.

Η πρόκληση για εμάς είναι να εξασφαλίσουμε ότι αυτές οι κεντρικές ιδέες της ΦτΕ, παρουσιάζονται ρητά και με σαφήνεια στην τάξη, στα σχολικά εγχειρίδια, σε περιγραφές του πώς λειτουργεί η επιστήμη και σε συζητήσεις για τις εργαστηριακές και τις άλλες πρακτικές δραστηριότητες. Ακόμα και τα διαγωνίσματα που φτιάχνονται από τους εκπαιδευτικούς για τις τελικές εξετάσεις και τα νέα μεγάλου ενδιαφέροντος τεστ θα έπρεπε να περιέχουν σημαντικό αριθμό θεμάτων που να σχετίζονται με τη φύση της επιστήμης. Κάτι τέτοιο θα βοηθούσε τόσο τους μαθητές όσο και τους καθηγητές να κατανοήσουν καλύτερα τη σημασία της ΦτΕ ως αντικείμενο διδασκαλίας. Τέλος, οφείλουμε να ασχοληθούμε με την ανάπτυξη αναλυτικών προγραμμάτων που να δραστηριοποιούν τους μαθητές τα οποία να εστιάζουν στο σημαντικό αυτό θέμα και να επιμείνουμε ώστε οι συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων να εντάξουν τα στοιχεία που σχετίζονται με τη ΦτΕ μέσα στα διάφορα κεφάλαια που αναπτύσσεται το περιεχόμενο του μαθήματος αντί να αναφέρονται στη ΦτΕ στην εισαγωγή, όπως συχνά γίνεται. Η ΦτΕ θα έπρεπε να είναι ένας κεντρικός διδακτικός σκοπός και όχι προαιρετικό προσήμιο.

*Σημείωση*

*Το κείμενο αυτό αποτελεί μετάφραση του άρθρου: McComas, W.F. (2004). Keys to teaching the nature of science: focusing on the nature of science in the science classroom. The Science Teacher, 71(9), 24-27.*

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education* 22(7): 665-701.
- American Association for the Advancement of Science -AAAS (1990). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science -AAAS (1993). *Benchmarks for Science Literacy: A Project 2061 Report*. New York: Oxford University Press.
- Bell, R., Lederman, N.G. & Abd-El-Khalick, F. (1997). Developing and acting upon one's conceptions of science: The reality of teacher preparation. Paper presented at the 1997 Association for the Education of Teachers in Science meeting, Cincinnati, Ohio.
- Central Association of Science and Mathematics Teachers- CASMT (1907). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in the secondary schools. *School Science and Mathematics* 7:241-247.
- Duschl, R.A. (1985). Science education and philosophy of science: Twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics* 87:541-555.
- Herron, M.D. (1969). Nature of science: Panacea or Pandora's box. *Journal of Research in Science Teaching* 6:105-107.
- Kimball, M.E. (1967). Understanding the nature of science: A comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching* 5:110-120.
- Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching* 29(4): 331-359.
- Lederman, N.G. (2002). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education* 3(2) [unreddu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html](http://unreddu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html).
- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- McComas, W.F., Clough, M.P. & Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science. In *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*, Chap. 1. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W.F., & Olson, J.K. (1998). The nature of science in international standards documents. In *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*, Chap. 2. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- National Science Teachers Association- NSTA (2000). *Position Statement on the Nature of Science*. Arlington, Va. [www.nsta.org/positionstatement&psid=22](http://www.nsta.org/positionstatement&psid=22).
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- Overton, W.R. (1985). Memorandum opinion of United States District Judge William R. Overton in *Mclean vs. Arkansas*, 5 January 1982. In *Creationism on Trial: Evolution and God at Little Rock*. New York: Harper and Row.
- Robinson, J.T. (1969). Philosophy of science: implications for teacher education. *Journal of Research in Science Teaching* 6:99-104.
- Weaver, W. (1953). Fundamental questions in science. *Scientific American* 189(3): 4751.



# Η αντιπαράθεση ανάμεσα στον Rouchet και τον Pasteur για την αυτόματη γένεση: κατασκευή ενός διδακτικού γεγονότος με βάση ένα ιστορικό γεγονός

**Mercè Izquierdo**

*Universitat Autònoma de Barcelona*

---

## Εισαγωγή

Στα επιστημονικά μαθήματα και βιβλία ο Louis Pasteur εμφανίζεται γενικά ως ήρωας της επιστήμης. Έτσι, η παρουσίαση του σε μια διαμάχη με αμφίβολα αποτελέσματα δίνει τη δυνατότητα στους φοιτητές να αναθεωρήσουν σε μεγάλο βαθμό πολλές από τις ιδέες τους και να αποκτήσουν μια νέα οπτική μέσω της οποίας μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα την επιστημονική δραστηριότητα και τις διαδικασίες ανάδυσης της γνώσης μέσω του πειραματισμού, του διαλόγου και της κοινωνικής συναίνεσης. Για να γίνει αυτό, είναι απαραίτητο να παρουσιαστεί στους φοιτητές μια αφήγηση των γεγονότων που πρόκειται να αναλυθούν και να τους δοθούν «πρότυπα» ανάλυσης. Στην εργασία αυτή, θα παρουσιάσω τα αποτελέσματα που προέκυψαν από μια έρευνα με φοιτητές πανεπιστημίου, με ειδίκευση στις φυσικές επιστήμες και στη φιλοσοφία και θα αναλύσω τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την παρουσίαση στην τάξη ενός ιστορικού γεγονότος με ένα συγκεκριμένο διδακτικό σκοπό.

## Παρουσίαση

Ο στόχος της διδακτικής δραστηριότητας που έχουμε προετοιμάσει και την οποία παρουσιάζω εδώ είναι να συνειδητοποιήσουν οι φοιτητές ότι η επιστήμη είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα που πραγματοποιείται με τις ίδιες διακυβεύσεις και την ίδια επίδραση των αξιών όπως σε κάθε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα και πως τα αποτελέσματά της είναι

εξίσου χρήσιμα, έχουν πολιτιστική αξία και εξαρτώνται από το πλαίσιο μέσα στο οποίο διεξάγεται αυτή η δραστηριότητα. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι επιθυμούμε να υποτιμήσουμε τη σημασία της επιστημονικής σκέψης και των αξιών που καθοδηγούν τους επιστήμονες όταν αναστοχάζονται τη δραστηριότητά τους. Όλα αυτά έχουν το ρόλο τους και τη σημασία τους και συμβάλλουν στην ανάπτυξη της γνώσης και στην παροχή νέων γνωστικών εργαλείων στους ανθρώπους για να ερμηνεύσουν τον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν και, όσο αυτό είναι δυνατόν, να σχεδιάσουν τον κόσμο του μέλλοντος.

Χρησιμοποιούμε την ιστορία της επιστήμης για να κατανοήσουμε καλύτερα τους παράγοντες που επιηρεάζουν την οικοδόμηση της γνώσης και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επιλογή εκείνων των θεμάτων που περιλαμβάνονται στα διδακτικά βιβλία και συνεπώς εντάσσονται στα μαθήματα των διαφόρων επιστημών συμβάλλοντας έτσι στη διαμόρφωση της φυσιογνωμίας τους. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να καταλάβουμε καλύτερα την επίδραση των στόχων που τίθενται στη γνώση που παράγουν οι διάφοροι επιστημονικοί κλάδοι, με ποιον τρόπο αναπτύσσεται η γνώση σε κάθε επιστημονικό πεδίο και πώς δημιουργούνται νέοι επιστημονικοί κλάδοι και νέες συνεργασίες μεταξύ εκείνων που ήδη υπάρχουν. Η άποψη αυτή είναι αντίθετη με την ανελαστικότητα εκείνων των επιστημονικών πεδίων που κλείνουν τα σύνορά τους και επιχειρούν να διαιωνιστούν μέσω της διδασκαλίας, μερικές φορές μέσω των ίδιων των εκπαιδευτικών οι οποίοι μονίμως εξηγούν τι έμαθαν στο πανεπιστήμιο πριν από πολλά χρόνια.

Πιστεύουμε ότι είναι σημαντικό να εισάγουμε την προσωρινή διάσταση στη διδασκαλία της επιστήμης έτσι ώστε οι φοιτητές μας να μπορέσουν να αντιληφθούν την επιστήμη ως ανθρώπινη δραστηριότητα και κατά συνέπεια να κατανοήσουν ότι δεν μπορεί κανείς να μάθει κάτι γι' αυτή εάν δεν συμμετάσχει στις διαδικασίες της με κάποιο τρόπο. Οι αξίες των φοιτητών, οι ειδικές τους γνώσεις και οι μελλοντικές τους προσδοκίες, πρόκειται να διαμορφώσουν διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους θα βιώσουν τη «σχολική επιστήμη», κάτι που είναι σημαντικό και απαραίτητο να πραγματοποιηθεί μέσω της προσέγγισης μιας συγκεκριμένης επιστήμης, «της επιστήμης του δασκάλου» (διδακτική των φυσικών επιστημών, εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες).

Ωστόσο, δεν είναι εύκολο να εισαχθεί αυτή η πολιτιστική οπτική στη σχολική τάξη, η οποία οφείλει να επικεντρωθεί στην παραγωγή πειραματικών στοιχείων για τη διατύπωση επιστημονικών θεωριών και που με τον τρόπο αυτό δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή να χρησιμοποιήσει αυτά τα στοιχεία με έναν εύλογο τρόπο. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος έχουμε διαπιστώσει ότι είναι απαραίτητο να καταρτιστούν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών στην ιστορία και τη φιλοσοφία της επιστήμης και να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες που στοχεύουν σε αυτό, αναδεικνύοντας το γεγονός ότι σε αυτό το επάγγελμα είναι αναγκαίος ο συνδυασμός μεταξύ της επιστήμης και της φιλοσοφίας.

#### *Αρχική κατάρτιση των εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης*

Στο Αυτόνομο Πανεπιστήμιο της Βαρκελώνης εδώ και μερικά χρόνια αναπτύσσουμε ένα πειραματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα στην αρχική κατάρτιση των εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης - όλοι πτυχιούχοι των φυσικών επιστημών - και δραστηριότητες που αφορούν τη φύση της επιστήμης (ΦιΕ.). Αυτές οι δραστηριότητες

σχεδιάστηκαν από την ερευνητική ομάδα «Ανθρωπιστικές Μελέτες της Επιστήμης και της Τεχνολογίας». Έτσι, αναπτύχθηκε ένα «Μοντέλο Επιστημονικής Δυναμικής» (Vallverdá, 2002) που έχει προσαρμοστεί στις ανάγκες της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών. Έχει διαπιστωθεί ότι αυτό το μοντέλο είναι πολύ χρήσιμο γιατί παρέχει στους πτυχιούχους των φυσικών επιστημών νέες οπτικές που τους επιτρέπουν να κατανοήσουν ότι οι φυσικές επιστήμες είναι το αποτέλεσμα μιας πολύ σύνθετης ανθρώπινης δραστηριότητας.

Στην ανάπτυξη αυτών των δραστηριοτήτων που παρουσιάζονται εδώ ως παράδειγμα, από την οπτική της Διδακτικής ενδιαφερόμαστε ιδιαίτερα για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών εκείνων που θα δώσουν αξία στη δραστηριότητα από την άποψη της επιστημονικής και της ιστορικής κατάρτισης ενδιαφερόμαστε και για τα δύο καθώς συμβάλλουν στην κατάρτιση των μαθητών μας ως μελλοντικών πολιτών με την κατάλληλη επιστημονική γνώση που θα τους επιτρέψει να συμμετέχουν σε κοινωνικές συζητήσεις που απαιτούν επιστημονικές γνώσεις.

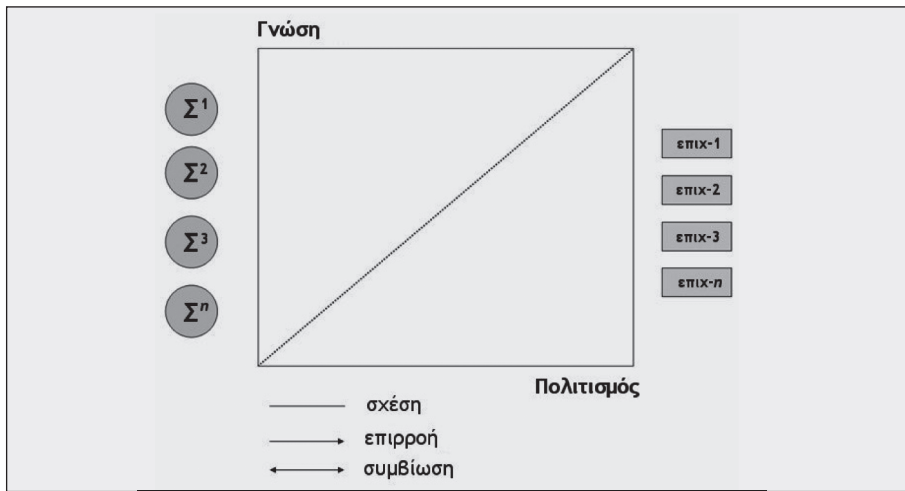
Μια τέτοια δραστηριότητα σχεδιάστηκε με βάση την ανάγνωση δύο κειμένων για το ίδιο ιστορικό επεισόδιο: το κρίσιμο πείραμα που έγινε από το Louis Pasteur (1822-1895) και έδωσε τέλος, το 1864, στη διαμάχη για την αυτόματη γένεση η οποία είχε διαρκέσει σχεδόν έναν αιώνα, επιβεβαιώνοντας την αλήθεια των ισχυρισμών εκείνων που υποστήριζαν ότι η ζωή δεν γεννιέται αυτόματα αλλά προέρχεται από έναν άλλο ζωντανό οργανισμό. Έτσι δίνεται έμφαση στην ιδιοφυΐα του Pasteur στο σχεδιασμό του πειράματος που απέδειξε μια επιστημονική αλήθεια χωρίς να υπάρχει καμία αμφιβολία. Το κείμενο Α γράφτηκε με βάση μια ποικίλη βιβλιογραφία για τη διαμάχη μεταξύ Pasteur και Pouchet, η οποία αναφερόταν κυρίως, στην πειραματική τεκμηρίωση που παρείχαν οι δύο επιστήμονες και στην πολιτιστική ατμόσφαιρα στο Παρίσι, η οποία ευνόησε τον Pasteur και έβλαψε τον Pouchet (Collins & Pinch 1993, Raichvarg 1995). Το κείμενο Β προέρχεται από διδακτικά βιβλία χημείας και βιολογίας στα οποία το πείραμα του Pasteur παρουσιάζεται χωρίς καμία αναφορά στην αντιπαράθεση με τον Félix A. Pouchet.

Σε μια τάξη, μια ομάδα φοιτητών διάβασε το κείμενο Α και μια άλλη ομάδα διάβασε το κείμενο Β, χρησιμοποιώντας τεχνικές που ευνοούν μια ουσιαστική ανάγνωση. Σε κάθε ομάδα διατέθηκε κάποιος χρόνος για να εξηγήσει τις απόψεις της σχετικά με την αυτόματη γένεση βάσει των προαναφερθέντων κειμένων. Στη συνέχεια, οι δύο ομάδες αντάλλαξαν τα κείμενα και συνέχισαν τη συζήτηση προσπαθώντας να αναλύσουν τις διαφορές και τις ομοιότητες στις πληροφορίες που παρείχαν τα δύο κείμενα. Έμειναν έκπληκτοι από τις αμφιβολίες που είχαν προκύψει από τα πειράματα που έκαναν οι δύο επιστήμονες και δυσκολεύονταν να ερμηνεύσουν αυτή την κατάσταση.

Σε μια άλλη ομάδα η δραστηριότητα ήταν η ίδια αλλά στους φοιτητές δόθηκαν πληροφορίες για το «Μοντέλο της Επιστημονικής Δυναμικής» (Vallverdá, 2002). Τα αποτελέσματα που προέκυψαν σε αυτή την ομάδα ήταν πολύ καλύτερα από την άλλη επειδή οι φοιτητές μπορούσαν να αναγνωρίσουν πολύ καλύτερα τις μεταβλητές που επηρέασαν την αντιπαράθεση των επιχειρημάτων και έτσι τους ήταν πιο εύκολο να κατασκευάσουν ένα «μοντέλο των φυσικών επιστημών» στο οποίο η κοινωνική επικοινωνία και η ρητορική επιτελούν μια σημαντική λειτουργία, ειδικά κατά τη διδασκαλία (Izquierdo & Vallverdá, 2006, Ogborn et al, 1996).

Αυτό το «Μοντέλο της Επιστημονικής Δυναμικής» (MADiC) λαμβάνει υπόψη την

αντιπαράθεση επιχειρημάτων και τα λάθη που περιέχονται σε αυτή. Με αυτό το μοντέλο εξετάζονται οι παράγοντες που θα μπορούσαν να έχουν επηρεάσει την αντιπαράθεση επιχειρημάτων. Τέσσερις βασικές ομάδες συμμετεχόντων στις επιστημονικές διαμάχες λαμβάνονται υπόψη: 1. επιστήμονες-ερευνητές, 2. επιστημονικοί αξιολογητές/ επιστημονικά ιδρύματα, 3. πολιτικά μέτρα και 4. η κοινωνία των πολιτών. Συγχρόνως, υπάρχει μια διαδικασία κοινοποίησης των πληροφοριών η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω πολλών συντελεστών: τα γραφεία τύπου των επιστημονικών ερευνητικών ιδρυμάτων, την κυβερνητική ενημέρωση, τις απόψεις των πολιτών, τον γραπτό τύπο, τα μέσα μαζικής επικοινωνίας.



Εικόνα 1. Το Μοντέλο της Ανάλυσης της Επιστημονικής Δυναμικής (από J. Vallverdú).

Πολλά χρήσιμα στοιχεία προτάθηκαν για να αναλυθεί μια επιστημονική συζήτηση:

- α. ο προσδιορισμός των συντελεστών (οι κύκλοι)
- β. η αναγνώριση των κύριων επιχειρημάτων (τα τετράγωνα).
- γ. η ύπαρξη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των στοιχείων (συντελεστές και επιχειρήματα): (i) σχέσεις ή περιστασιακή επαφή μεταξύ τους, (ii) επιρροή, όπου είναι δυνατό να διαπιστωθεί μια επίδραση του ενός στοιχείου στο άλλο και (iii) συμβίωση, όταν δυο συντελεστές αλληλεπιδρούν.

Όλα αυτά τα στοιχεία είναι δυνατά να οργανωθούν σε ένα πλέγμα με δύο αντίθετους πόλους, γνώση έναντι πολιτισμού, που διαχωρίζονται από μια γραμμή. Ενώ αυτά είναι διακριτά πεδία, το πλέγμα των πιθανών τομών μεταξύ τους παρέχει ένα νέο τύπο αντιπαράθεσης ανάλογα με το ποιες είναι οι αλληλεπιδρούσες ομάδες. Στη βάση αυτή, είναι δυνατό να χαρακτηριστούν ή να προσδιοριστούν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη διαμάχη για την αυτόματη γένεση και να τοποθετηθούν σε ένα χώρο που δείχνει εάν κυριαρχούν σε αυτές τις διαμάχες τα επιστημονικά ή τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά. Επίσης κάποια ένδειξη για τη σημασία κάθε χαρακτηριστικού δίνει ο αριθμός των εμπλεκόμενων παραγόντων και των αλληλεπιδράσεων που σχετίζονται με αυτό: είναι μέγιστος όταν συμμετέχουν στη συζήτηση όλοι οι σχετικοί συντελεστές.

Στην αρχή, η περίπτωση που μας απασχολεί φαινόταν να είναι μια «διαμάχη μεταξύ ειδικών» οι οποίοι ερμηνεύουν τα δεδομένα και υποστηρίζουν τη θέση τους σύμφωνα με διαφορετικές επιστημονικές παραδόσεις. Ωστόσο, από τις συζητήσεις που έγιναν στην τάξη και την αναζήτηση επιχειρημάτων ώστε να γίνουν καλύτερα κατανοητές και οι δύο θέσεις, έγινε φανερό ότι εμπλεκόνταν πολλοί περισσότεροι παράγοντες, όπως κοινωνικοί παράγοντες (που αντιστοιχούν στην καθολική μεσαία τάξη του Παρισιού που θαύμαζε τον Pasteur και θεωρούσε τον Rouchet έναν επαρχιακό γιατρό αμφιβόλων πεποιθήσεων εξαιτίας του γεγονότος ότι ήταν προτεστάντης και οπαδός του Δαρβίνου) και πολιτικοί παράγοντες (για παράδειγμα ο αυξανόμενος ανταγωνισμός προς την ακμάζουσα επιστήμη στη Γερμανία), οι οποίοι είχαν σημαντικό ρόλο στη διαμάχη. Η πρόβαση σε μέσα επικοινωνίας κατέστη επίσης σημαντική: ο Pasteur είχε την ευκαιρία να εξηγήσει τις ιδέες του σε συνέδρια και διαλέξεις με μεγάλο κοινό στο Παρίσι ενώ στον Rouchet δεν δόθηκε ποτέ μια παρόμοια ευκαιρία. Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι η εφαρμογή των ιδεών του Pasteur στην πρόληψη των μολύνσεων τον ευνόησε και συνέβαλε στην αγνόηση των πειραματικών επιχειρημάτων του Rouchet.

Αυτό που εκπλήσσει περισσότερο τους φοιτητές μας κατά την εμπάθουση και κατά την κατανόηση της πολυπλοκότητας αυτής της συζήτησης είναι ότι και ο Rouchet και ο Pasteur αν και βασίστηκαν σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν με τις ίδιες προφυλάξεις και την ίδια αυστηρότητα, ερμήνευαν τα λανθασμένα αποτελέσματα που προέκυπταν κάθε τόσο με διαφορετικό τρόπο. Αυτό θα φανεί στη συνέχεια, με βάση την ιστορία που προκύπτει από την ανάγνωση των δύο κειμένων και από την οποία πρέπει να προσδιοριστούν οι παράγοντες που προκάλεσαν την αντιπαράθεση.

Η ακόλουθη περίληψη είναι τμήμα των πληροφοριών που δίνονται στους φοιτητές από τα κείμενα και που πρέπει να διαβάσουν ομαδικά προκειμένου να ακολουθήσει η σχετική συζήτηση.

#### Κείμενο Α

*Προς το 1860, η χημεία ήταν μια αναπτυσσόμενη επιστήμη και ήταν πολύ σημαντική δεδομένου ότι είχε επιτύχει τη συστηματικοποίηση των οργανικών και ανόργανων χημικών μεταβολών και τη διαρκή σύνθεση νέων συστατικών. Η δομή αυτών των νέων συστατικών μπορούσε να αναπαρασταθεί μέσω τύπων που διευκόλυναν την ταξινόμησή τους. Ο βιταλισμός δεν αποτελούσε πλέον μια εύλογη εξήγηση για τη σύνθεση συστατικών που βρέθηκαν στους οργανισμούς, με δεδομένο ότι πολλά από αυτά είχαν ήδη παραχθεί στο εργαστήριο με τεχνητό τρόπο. Συγχρόνως, η βιολογία εξέταζε την προέλευση των ασθενειών. Για παράδειγμα, ορισμένα χημικά φαινόμενα σχετικά με τις ζύμες (η ζύμωση) λάμβαναν χώρα εκεί όπου μπορούσαν να παρατηρηθούν μικροοργανισμοί μέσω των μικροσκοπιών που βελτιώνονταν συνεχώς. Είναι η χημική αλλαγή που παράγει τους μικροοργανισμούς ή οι μικροοργανισμοί προκαλούν τις χημικές αλλαγές; Το τελευταίο ήταν άποψη του Pasteur.*

*Στο Παρίσι, ο νεαρός Louis Pasteur ήταν ένας ελπιδοφόρος επιστήμονας που βρισκόταν σε συμφωνία με την επικρατούσα πολιτική, κοινωνική και θρησκευτική ιδεολογία (Καθολικός όπως οι μεσαίες τάξεις του Παρισιού και αντίθετος με τις θεωρίες του Δαρβίνου). Η συμβολή του στον προσδιορισμό των προβλημάτων στις βιομηχανίες στις οποίες επιτελούνταν ζυμώσεις και η έρευνά του σε αυτόν τον τομέα ήταν ευφυής, παράγοντας σημαντικά οικονομικά οφέλη.*

Στη διαμάχη για την προέλευση της ζωής η άποψη του Pasteur ήταν ότι η αυτόματη γένεση δεν ήταν δυνατή και ότι η ζωή θα έπρεπε πάντα να προέρχεται από κάποιον προγονικό οργανισμό. Η άποψη του αυτή βασιζόταν στα πειράματα που πραγματοποίησε με τον ακόλουθο τρόπο: προετοιμάζε διάλυμα με θρεπτικά συστατικά, το αποστειρώνε και άφηνε τον επίσης αποστειρωμένο αέρα να εισέλθει: στις περισσότερες περιπτώσεις δεν δημιουργούνταν κανένας μικροοργανισμός. Εάν δημιουργούνταν, θεωρούσε ότι η αποστείρωση ήταν ελαττωμαική.

Ο Félix Arquiède Rouchet ήταν ένας προτεστάντης, επαρχιακός γιατρός, που πίστευε στο Δαρβίνο, μεγαλύτερης ηλικίας από τον Pasteur, ο οποίος είχε επιτύχει την παραγωγή ζωής από ένα εκχύλισμα που είχε προηγουμένως αποστειρωθεί. Βάσισε την άποψη του σε πειράματα που ήταν πανομοιότυπα με εκείνα του Pasteur: προετοιμάζε ένα εκχύλισμα από άχυρα, το αποστειρώνε και άφηνε και αυτός αποστειρωμένο αέρα να εισέλθει... στις περισσότερες περιπτώσεις δημιουργούνταν μικροοργανισμοί. Εάν αυτό δεν συνέβαινε, θεωρούσε ότι οι συνθήκες στις οποίες ο αέρας είχε αποστειρωθεί τον είχαν κάνει να χάσει τις ειδικές του ιδιότητες, όπως την ικανότητα για τη διατήρηση της ζωής.

Η αντιπαράθεση διήρκεσε έξι χρόνια (από το 1858 έως το 1864). Τρεις κριτικές επιτροπές συστάθηκαν για να αποφασίσουν ποιος από τους δύο επιστήμονες είχε δίκιο. Ο Pasteur είχε διάφορες ευκαιρίες για να πείσει το κοινό ότι το πείραμά του αποδείκνυε ότι η ζωή δεν γεννιόταν αυτόματα, ενώ ο Rouchet δεν είχε ποτέ τέτοιες ευκαιρίες. Σε τρεις περιπτώσεις η κριτική επιτροπή ευνόησε τον Pasteur ενώ το πείραμα του Rouchet ποτέ δεν θεωρήθηκε οσοβαρό. Ούτε μπόρεσε ποτέ ο Rouchet να πείσει τον Pasteur να πραγματοποιήσει τα πειράματά του με εκχύλισμα από άχυρα... επειδή σε αυτό το εκχύλισμα οι μικροοργανισμοί όντως εμφανίζονταν ακόμα και μετά από την αποστείρωση! Αργότερα ανακαλύφθηκε ότι αυτό συνέβαινε γιατί υπήρχαν ανθεκτικές μορφές βακτηρίων που δεν πέθαιναν με την αποστείρωση.

### Κείμενο Β

Ο Pasteur γεννήθηκε το 1822, γιος ενός βυρσοδέψη που είχε πολεμήσει μαζί με τον Ναπολέοντα... Πήρε το πτυχίο του... Το 1847, στο Στρασβούργο, αναγορεύθηκε καθηγητής όταν είχε ήδη αποκτήσει φήμη μέσω του έργου του στην κρυσταλλογραφία. Το 1857 επέστρεψε στο Παρίσι ως διευθυντής έρευνας στην Ecole Normale.

Η αυστηρή τήρηση των κανόνων και η ικανότητά του ως ερευνητή του επέτρεψαν να δείξει πέρα από κάθε αμφιβολία ότι η ζωή δεν γεννιόταν με αυτόματο τρόπο και η μεγαλοφυΐα του τον έκανε να εφαρμόσει αυτή τη γνώση στην πρόληψη μολυσματικών ασθενειών και, αργότερα, στην επινόηση των εμβολιασμών.

Το τέλος της αντιπαράθεσης για την αυτόματη γένεση προετοίμασε το έδαφος για την πρακτική της απολύμανσης στην ιατρική. Αλλά εάν είχαν κατανοήσει πλήρως τι συνέβαινε στο εκχύλισμα του Rouchet, θα είχαν προχωρήσει στη ανάπτυξη των εμβολίων γιατί θα είχαν καταλάβει καλύτερα τον κύκλο ζωής κάποιων μικροοργανισμών.

Είναι προφανές ότι το δίλημμα δεν ήταν μόνο πειραματικής φύσης και ότι οι πολύπλοκοι εμπλεκόμενοι παράγοντες απέτρεψαν μια έντιμη, εμπριθί ανάλυση των πειραματικών αποκλίσεων. Εάν είχε συμβεί κάτι τέτοιο, ο κόσμος θα είχε συνειδητοποιήσει ότι στα πειρά-

ματα του Pouchet είχε όντως δημιουργηθεί ζωή επειδή οι μικροοργανισμοί που υπήρχαν στο εκχύλισμα από το άχυρα που χρησιμοποίησε δεν πέθαιναν στη θερμοκρασία που τότε θεωρούνταν επαρκής για την αποστείρωση των δειγμάτων.

Ωστόσο, μετά από αυτήν την δραστηριότητα, δεν ήταν όλοι οι μαθητές σε θέση να κρίνουν το έργο του Pasteur, ούτε μπορούσαν όλοι να συνειδητοποιήσουν ότι η αντιπαράθεση δεν διεξήχθη με έντιμο τρόπο. Οι φοιτητές δεν μπορούν να πάρουν αποστάσεις από αυτό που γνωρίζουν ως «αλήθεια», ότι η ζωή δεν γεννάται αυτόματα, ούτε μπορούν να επικρίνουν έναν επιστήμονα που πάντα τους παρουσιάζοταν ως ήρωας της επιστήμης. Λόγω αυτής της δυσκολίας των μαθητών - να ξεπεράσουν πρότερες ιδέες - η δραστηριότητα έπρεπε να συνεχιστεί. Δόθηκαν λοιπόν στους φοιτητές πληροφορίες για την ιστορία της μικροβιολογίας και για τις ιδέες και τα ερωτήματα που ενδιέφεραν τους γιατρούς εκείνη την εποχή (η διάδοση των μολυσματικών ασθενειών, οι μολύνσεις...), τους βιολόγους (βιταλισμός) και τους χημικούς (χημικοί μηχανισμοί λόγω της δράσης των ενζύμων). Οι ζύμες και οι μικροσκοπικοί μύκητες, οι ιοί, τα μικρόβια. Τι ήταν όλα αυτά και με ποιον τρόπο σχετίζονταν με τις ζυμώσεις, τις ασθένειες και τη γένεση της ζωής; Η οργάνωση των πληροφοριών και η αντιπαράθεση των ιδεών και των ημερομηνιών οδηγούν τους φοιτητές σε ορισμένα συμπεράσματα, που δεν είναι όμως πολύ σημαντικά. Τα αποτελέσματα όμως ήταν εντυπωσιακά καλύτερα στην ομάδα που είχε εργαστεί με το «Μοντέλο της Επιστημονικής Δυναμικής». Οι φοιτητές ήταν πολύ περισσότερο σε θέση να αναγνωρίσουν τις μεταβλητές που επηρέασαν την αντιπαράθεση των επιχειρημάτων και να κατασκευάσουν - από αυτές - ένα «μοντέλο επιστήμης» στο οποίο η κοινωνική επικοινωνία παίζει ένα σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα στη διδασκαλία.

### **Ως ερευνητές στην διδακτική των φυσικών επιστημών, τι μπορούμε να αποκομίσουμε από αυτή τη διδακτική δραστηριότητα, σε σχέση με την αρχική κατάρτιση των εκπαιδευτικών;**

Ο στόχος αυτής της διδακτικής ενότητας ήταν να βελτιωθεί η επιστημονική κατάρτιση των φοιτητών μέσω της ανάλυσης ενός ιστορικού γεγονότος. Η πρόθεσή μας ήταν επίσης να κατανοήσουν οι φοιτητές τη μεσολάβηση της γλώσσας στη διαδικασία της επικοινωνίας. Ως διδάσκοντες της διδακτικής των φυσικών επιστημών σε ένα πανεπιστημιακό τμήμα, ο στόχος μας είναι πάντα να καθοδηγούμε τις διδακτικές μας δραστηριότητες προς τα ερωτήματα που σχετίζονται με την έρευνά μας, η οποία επικεντρώνεται στον τρόπο με τον οποίο αναδύεται η γνώση μέσω της μάθησης. Και σε αυτή την περίπτωση η διδακτική δραστηριότητα συνοδεύεται από ερευνητικά ερωτήματα: η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα συμβάλει στην εξέλιξη των θεωρητικών βάσεων της διδακτικής των διαφόρων επιστημών και έτσι συμβάλει στην «επιστήμη των εκπαιδευτικών» ή αλλιώς, στη Διδακτική.

Η ερώτηση που θέσαμε σε εμάς τους ίδιους ήταν εάν οι φοιτητές μπορούσαν να αντιληφθούν ότι η ρητορική των δύο κειμένων ήταν διαφορετική επειδή δεν είχαν τον ίδιο αντικείμενο στόχο. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά σκοπεύαμε να αναλύσουμε τις δυσκολίες και τις επιτυχίες των φοιτητών, μέσω των οποίων αποκτήσαμε πληροφορίες για τις αντιλήψεις

τους για τη γλώσσα και για τον τρόπο που χρησιμοποιούσαν τη γνώση τους για τα αφηγηματικά κείμενα, την οποία τώρα εφαρμόζουν στις περιγραφές τους για τα επιστημονικά γεγονότα και τους επιστήμονες.

Στην περίπτωση μιας καταφατικής απάντησης, η επόμενη ερώτηση θα μπορούσε να ήταν εάν είναι δυνατό να μετασχηματιστεί το ίδιο γεγονός σε διαφορετικές ιστορίες. Αυτή η δεύτερη ερώτηση ήταν δύσκολο να απαντηθεί: επειδή το ιστορικό επεισόδιο που περιγράφηκε προηγουμένως ήταν περίπλοκο, επικεντρώθηκαν σε αυτό και αναγκάστηκαν να συγκεντρώσουν όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες για να είναι σε θέση να εξηγήσουν με ακρίβεια τι είχε συμβεί.

Το αποτέλεσμα δεν ήταν αυτό που είχαμε προγραμματίσει, αλλά ακόμα κι έτσι δεν στερείται ενδιαφέροντος. Οι φοιτητές διαμόρφωσαν ένα πληρέστερο μοντέλο για την επιστήμη και αντιλήφθηκαν τη σημασία τόσο των ρητορικών αντιπαραθέσεων όσο και της επιρροής παραγόντων έξω από την επιστήμη στην κατασκευή της επιστημονικής γνώσης και στα επιστημονικά επιτεύγματα. Η επιστημονική δραστηριότητα είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα που καθοδηγείται από τις ανθρώπινες αξίες!

Ο αυθεντικός στόχος αυτής της διδακτικής ενότητας είναι αυτός που επιδιώκεται σε όλες τις διδακτικές δραστηριότητες για την αρχική κατάρτιση εκπαιδευτικών: να ανοίξει το μυαλό - να διευρύνει τους ορίζοντες - των μελλοντικών εκπαιδευτικών έτσι ώστε να μπορούν να δουν πέρα από το περιεχόμενο των διδακτικών βιβλίων και να είναι σε θέση να δημιουργήσουν επιστημονικές δραστηριότητες για τους μαθητές στις οποίες τα πειράματα, τα θεωρητικά μοντέλα, οι συζητήσεις, οι αντιπαραθέσεις, ο προσδιορισμός των στόχων της γνώσης συμβάλλουν στο να προσφερθεί στους μαθητές μια επιστημονική καλλιέργεια που να τους καθιστά ικανούς να λαμβάνουν αποφάσεις επειδή τους έχει γίνει κατανοητό ότι η επιστήμη έχει επίσης μια αξιολογική και κοινωνική διάσταση.

## **Βιβλιογραφία**

- Collins, H. & Pinch, T. (1993). *The Golem: What Everyone Should Know about Science*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Izquierdo, M., Vallverdú, J. & Merino, C. (2006). Relación entre la historia y la filosofía de las ciencias II. *Alambique*, 48, 78-91
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., McGillicuddy, K. (1996). *Explaining Science in the Classroom*. The Open University Press: London
- Raichvarg, D. (1995). *Louis Pasteur, l'empire des microbes*. Gallimard: Paris
- Vallverdú, Jordi (2002) *Marc teòric de les controvèrsies científiques: el cas de la sacarina*, Bellaterra: UAB [Tesis Doctoral].



# Ενσωματώνοντας την ιστορία στα μαθήματα των φυσικών επιστημών

David W. Rudge<sup>1</sup> & Eric M. Howe<sup>2</sup>

1. *Western Michigan University*

2. *Assumption College, Massachusetts*

---

## Εισαγωγή

Πολλοί καθηγητές φυσικών επιστημών αναγνωρίζουν ότι η διδασκαλία στοιχείων της ιστορίας της επιστήμης βοηθά τους μαθητές να μάθουν το περιεχόμενο της επιστήμης και τη φύση της επιστήμης (ΦτΕ). Η χρήση της ιστορίας μπορεί να εξανθρωπίσει την επιστήμη, να βοηθήσει τους μαθητές να βελτιώσουν τις κριτικές τους ικανότητες, να προωθήσει μια βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και να αντιμετωπίσει τις συνήθεις παρανοήσεις των μαθητών που συχνά μοιάζουν με εκείνες των επιστημόνων παλαιότερων εποχών (Matthews, 1994). Ειδικότερα, η αναφορά σε ιστορικά επεισόδια μπορεί να συμβάλει σε μια βαθύτερη κατανόηση ενός πλήθους ζητημάτων που συνδέονται με τη ΦτΕ ως διαδικασία (π.χ. η προσωρινή φύση των επιστημονικών συμπερασμάτων). Ενώ γενικά υπάρχει συναίνεση ότι η ιστορία της επιστήμης πρέπει να ενσωματωθεί στη διδασκαλία του επιστημονικού περιεχομένου, τα διαθέσιμα μοντέλα είναι συχνά ατελή σε ό,τι αφορά τις λεπτομέρειες (Monk & Osborne, 1997, Rudge & Howe, 2008). Η πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς είναι πώς να ενσωματώσουν αποτελεσματικά την ιστορία στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, έχοντας συγχρόνως επίγνωση των πολλαπλών περιορισμών που διέπουν την διδακτική πράξη.

Έχουμε αναπτύξει μια προσέγγιση στη χρήση της ιστορίας της επιστήμης που μπορεί να παράσχει μερικές ιδέες για τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το άρθρο αυτό περιγράφει τα διάφορα στάδια στην προσέγγιση και περιλαμβάνει δύο παραδείγματα: ένα από μια κλασική ιστορία της εξέλιξης και ένα άλλο από την ιστορία της έρευνας για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία.

## **Βήμα 1<sup>ο</sup>: Προσδιορίστε και ιεραρχήστε τους διδακτικούς στόχους**

Όπως σε οποιοδήποτε πρόγραμμα ανάπτυξης αναλυτικών προγραμμάτων, η λύση για το πώς να ενσωματωθεί η ιστορία της επιστήμης στην τάξη αρχίζει με έναν σαφή προσδιορισμό των εκπαιδευτικών στόχων που έχετε για εσάς τους ίδιους αλλά και για τους μαθητές σας. Οι συνήθεις περιορισμοί σχετίζονται με τον αριθμό μαθητών, το διαθέσιμο χρόνο (προετοιμασία και χρόνος στην τάξη) και τις προηγούμενες γνώσεις που λογικά αναμένονται να έχουν οι μαθητές. Αν και η χρήση ενός ιστορικού επεισοδίου μπορεί ενδεχομένως να υποστηρίξει πολλαπλούς στόχους, δεν είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν όλοι. Στους μαθητές δεν χρειάζεται να δοθεί μια πλήρης ιστορική ερμηνεία του επεισοδίου, ιδιαίτερα εάν οι λεπτομέρειες μπορεί να τους αποσπάσουν από τους διδακτικούς στόχους (Allchin, 1993).

## **Βήμα 2<sup>ο</sup>: Επιλέξτε ένα επεισόδιο**

Το επόμενο βήμα είναι να καθοριστεί ποιο επεισόδιο από την ιστορία της επιστήμης θα χρησιμοποιηθεί στην τάξη. Εάν έχετε κάποιο συγκεκριμένο υπόψιν σας, συμβουλευθείτε τις βάσεις δεδομένων ERIC και Educational Abstracts ή ψάξτε στο Διαδίκτυο για να δείτε εάν κάποιος έχει αναπτύξει ένα σχέδιο μαθήματος χρησιμοποιώντας το ίδιο επεισόδιο. Εάν δεν έχετε κάποιο συγκεκριμένο επεισόδιο στο μυαλό σας, η ιεράρχηση των στόχων σας μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό του επεισοδίου που θα χρησιμοποιήσετε.

Για παράδειγμα, η προηγούμενη εμπειρία μας οδήγησε στη διαπίστωση ότι χρειαζόμασταν μια ενότητα που θα αντιμετώπιζε άμεσα τις παρανοήσεις που συνήθως έχουν οι μαθητές για την εξέλιξη. Ένας από μας διαπίστωσε ότι οι παρανοήσεις είχαν προταθεί παλαιότερα ως εξηγήσεις κατά τη διάρκεια της πρώιμης ιστορίας των ερευνών για το βιομηχανικό μελανισμό στην κλασική περίπτωση της στικτής νυχτοπεταλούδας. Στην περίπτωση αυτή, η επιλογή των παρανοήσεων που έπρεπε να αντιμετωπίσουμε μας οδήγησαν στο ποιο ιστορικό επεισόδιο έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε. Σε μια άλλη περίπτωση αποφασίσαμε ότι χρειαζόμαστε ένα επιστημονικό φαινόμενο που είχε μελετηθεί σε σχέση με πολλά επιμέρους πεδία της βιολογίας. Κατά συνέπεια, αναπτύξαμε μια διδακτική ενότητα στην ιστορία της έρευνας για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία που ενσωματώνει τη βιοχημεία, τη γενεακή, την οικολογία και την εξέλιξη.

## **Βήμα 3<sup>ο</sup>: Μάθετε για το επεισόδιο**

Έχοντας το επεισόδιο κατά νου, το επόμενο βήμα είναι να μάθετε αρκετά για αυτό προκειμένου να δημιουργήσετε έναν τρόπο με τον οποίο οι μαθητές σας θα επιχειρηματολογήσουν με τρόπο παρόμοιο, αλλά όχι πανομοιότυπο, με τους παλαιότερους επιστήμονες. Αν και θα ήταν ιδανικό να συμβουλευτείτε πρωτογενείς πηγές, όπως τις πρωτότυπες ερευνητικές εργασίες, θα ήταν επίσης χρήσιμο να συμβουλευτείτε τις περιγραφές σε διδακτικά

βιβλία και τις σύντομες περιλήψεις που παρέχονται σε κείμενα ιστορίας της επιστήμης προκειμένου να βοηθηθείτε στη δημιουργία μιας διδακτικής ενότητας για την τάξη σας. Η διδακτική πράξη θα πρέπει περιλαμβάνει παρουσίαση ενός φαινομένου για μελέτη στους μαθητές, εκμείωση των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών για το φαινόμενο αυτό και τη χρήση αυτών των εκούσιων σχολίων ως εφαλτήριο για τη δραστηριότητα της ημέρας (π.χ., μια έρευνα ή μια συζήτηση που θα τους επιτρέψει να ερευνήσουν και να αξιολογήσουν τις ιδέες τους). Το κλείσιμο της συζήτησης μπορεί να στοχεύει όχι μόνο στην κατανόηση της έννοιας αλλά και στον ρητό αναστοχασμό σχετικά με αυτά που το συγκεκριμένο παράδειγμα αποκαλύπτει για την επιστήμη ως διαδικασία. Εξετάζοντας τη διαδικασία υπό το πρίσμα των διδακτικών στόχων του μαθήματος, γίνεται ευκολότερο να ληφθούν αποφάσεις για τις ιστορικές λεπτομέρειες που θα παραλειφθούν (ως άσχετες με τους γενικούς στόχους) και επίσης ποιες ιστορικές λεπτομέρειες θα απλοποιηθούν ή αλλιώς θα τροποποιηθούν για να βοηθήσουν τους μαθητές να μάθουν το επιστημονικό περιεχόμενο και να ξεπεράσουν τις παρανοήσεις που έχουν.

Στην ενότητα μας για την εξέλιξη των νυχτοπεταλούδων αρχίζουμε με την παρουσίαση ενός μυστηριώδους φαινομένου: την ταχεία αύξηση στη συχνότητα των, προηγούμενα σπάνιων, σκουρόχρωμων νυχτοπεταλούδων κοντά στις αναπτυσσόμενες περιοχές αμέσως μετά τη βιομηχανική επανάσταση στη Μεγάλη Βρετανία και στην ηπειρωτική Ευρώπη. Στους μαθητές παρέχονται φωτογραφίες ανοιχτόχρωμων και σκουρόχρωμων νυχτοπεταλούδων καθώς και χάρτες συχνότητας και τους ζητείται να εξετάσουν εάν υπάρχει κάποιο πρότυπο στην κατανομή των σκουρόχρωμων νυχτοπεταλούδων στη διάρκεια του χρόνου. Οι μαθητές καλούνται επίσης να δώσουν εξηγήσεις για το τι συμβαίνει, οι οποίες στη συνέχεια χρησιμοποιούνται ως εφαλτήριο για τη συζήτηση των απόψεων των παλαιότερων επιστημόνων που είχαν παρόμοιες απόψεις με εκείνες των μαθητών μας. Έπειτα ζητάμε από τους μαθητές να σκεφτούν πώς θα μπορούσαν να αναπτύξουν μια έρευνα που θα τους επέτρεπε να επιλέξουν μεταξύ αυτών των θεωριών, και ξανά, να χρησιμοποιήσουμε τις ιδέες τους για να παρακινήσουμε μια συζήτηση γύρω από τα πειράματα που πραγματικά έγιναν στο παρελθόν. Τέλος, ζητάμε από τους μαθητές να ερμηνεύσουν τα τελικά συμπεράσματα, και ειδικότερα, να θέσουν τον εαυτό τους στη θέση των παλαιότερων επιστημόνων που διαφωνούσαν μεταξύ τους.

Οι αντιπαραθέσεις γύρω από την εργασία του Kettlewell στη δεκαετία του '50 για τις στικτές νυχτοπεταλούδες και η σύγχρονη αντίληψη για το φαινόμενο του βιομηχανικού μελανισμού είναι ευρύτερα γνωστές. Για παράδειγμα, είναι γνωστό σήμερα ότι τα αρπακτικά πουλιά βλέπουν καλύτερα στο υπεριώδες φάσμα απ' ό,τι πίστευαν παλαιότερα, οπότε η οπτική απόκρυψη μπορεί να μην είναι ο μόνος σημαντικός παράγοντας επιλογής όπως θεωρήθηκε αρχικά. Αυτά τα προβλήματα στην πραγματικότητα αυξάνουν την πιθανή αξία της συζήτησης γύρω από το βιομηχανικό μελανισμό επειδή η σύγκριση των απλουστευμένων παρουσιάσεων των διδακτικών βιβλίων με ό,τι είναι σήμερα γνωστό για το φαινόμενο συμβάλλει στη μεγαλύτερη εμπάθυνση σε έναν πλήθος ζητημάτων που συνδέονται με τη ΦΤΕ. (Rudge, 2004). Η μάθηση για τη σύγχρονη έρευνα στην εξέλιξη των στικτών νυχτοπεταλούδων βοηθά τους μαθητές να εκτιμήσουν την προσωρινότητα της ΦΤΕ και τη διαρκή επιστημονική

αναζήτηση για πρόσθετα στοιχεία. Τέτοιες μελέτες και συζητήσεις θέτουν το πλαίσιο όχι μόνο για προβληματισμό σε σχέση με τα πειράματα και τις θεωρίες που σχετίζονται ειδικά με το φαινόμενο του βιομηχανικού μελανισμού, αλλά και ένα ρητό αναστοχασμό της φύσης των πειραμάτων και των θεωριών γενικά (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

## **Βήμα 4<sup>ο</sup>: Εφαρμογή**

Η αποτελεσματική διδασκαλία μέσω διερεύνησης απαιτεί συχνά πολύ καλή προετοιμασία. Καταρχήν, πρέπει να αναπτυχθεί ένα σενάριο προβληματισμού που να παρέχει στους μαθητές επαρκείς, αλλά όχι υπερβολικές, λεπτομέρειες. Πρέπει επίσης να σκεφτείτε εκ των προτέρων πώς θα παρουσιάσετε καλύτερα το πρόβλημα για κάθε περίπτωση και έπειτα να υποστηρίξετε τη μάθηση χρησιμοποιώντας ένα σύνολο έτοιμων ερωτήσεων. Πρέπει να σκεφθείτε πώς θα ανταποκριθούν οι μαθητές και πώς θα τροποποιήσετε τις οδηγίες ανά πάσα στιγμή, ανάλογα με τις απαντήσεις τους στο μαθησιακό περιβάλλον που θα διαμορφωθεί. Όλα αυτά πρέπει να γίνουν λαμβάνοντας υπόψη τους στόχους της ημέρας, της διδακτικής ενότητας και των εθνικών προτύπων διδασκαλίας (standards).

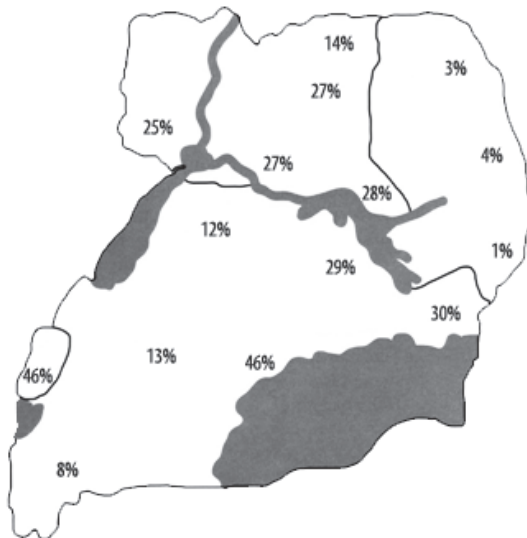
## **Το παράδειγμα της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας**

Μια απεικόνιση της προσέγγισής μας αναφορικά με την ενότητα της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας (πίνακας 1) δίνει μια ιδέα για το πώς ενθαρρύνουμε τους μαθητές να προβληματιστούν ρητά για τα διάφορα ζητήματα της ΦτΕ. Μετά από τρία εισαγωγικά μαθήματα, την τέταρτη ημέρα οι μαθητές προκαλούνται να διαμορφώσουν μια πιθανή θεωρία για να εξηγήσουν τις ποικίλλουσες και απροσδόκητα υψηλές συχνότητες του αλληλόμορφου (γονιδίου) που σχετίζεται με τη μυστηριώδη ασθένεια (δρεπανοκυτταρική αναιμία) στην Ουγκάντα (οχήμα 1). Από ένα προηγούμενο μάθημα που εξέτασε την κληρονομικότητα της ασθένειας, οι μαθητές κατέληξαν προσωρινά στο συμπέρασμα ότι η εξουθενωτική φύση της μυστηριώδους ασθένειας θα έπρεπε να επιφέρει αποτελεσματικά σχεδόν την εξαίλειψη του γονιδίου που την προκαλεί από έναν πληθυσμό αλληλοαναπαραγόμενων ατόμων. Έτσι, όταν οι μαθητές ανακαλύπτουν τις ποικίλλουσες και υψηλές συχνότητες των φορέων της ασθένειας που υπάρχουν στην Ουγκάντα, τις θεωρούν ως ανωμαλία που απαιτεί εξήγηση. Εργαζόμενοι κατά ομάδες, οι μαθητές εξετάζουν στοιχεία (εθνογραφικά, μεταναστευτικά, οικολογικά, και τοπογραφικά δεδομένα) που υποστηρίζουν έντονα εξηγήσεις ότι το φαινόμενο οφείλεται πιθανότατα σε έναν συνδυασμό μεταλλάξεων που υπόκεινται σε επιλογή, γονιδιακής ροής (επιγαμία) και φυλετικού προκαθορισμού. Κάθε μια από αυτές τις εξηγήσεις προτάθηκε και υπερασπίστηκε σθεναρά από τους σημαντικούς επιστήμονες εκείνης της εποχής.

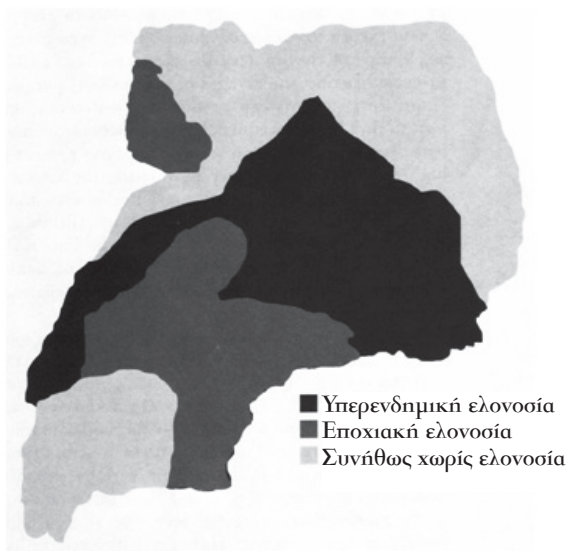
Μάθημα	Έτος	Ιστορική περιγραφή	«Πρόβλημα» για την τάξη
1	1910	Ο Δρ. Jim Herrick συναντά και διαγιγνώσκει για πρώτη φορά το μυστηριώδη ασθενή.	Εξετάστε ιστολογικά παρασκευάσματα και κυτταρικά μοντέλα για να εξηγήσετε τα συμπτώματα του μυστηριώδους ασθενούς.
2	1923	Χρήση του ελέγχου Emmel (εργαστηριακός έλεγχος) για τον προσδιορισμό των ατόμων που πάσχουν από δρεπανοκυτταρική αναιμία από εκείνα που δεν πάσχουν. Οι Δρ. Taliaferro & Huck προτείνουν ένα επικρατές πρότυπο κληρονομικότητας για την ασθένεια από τα δεδομένα που έχουν συλλέξει από τη μελέτη γενεαλογικών δέντρων.	Εξετάστε δεδομένα από γενεαλογικά δέντρα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα του ελέγχου Emmel.
3	1949	Ο Δρ. Jim Neel πετυχαίνει τη διάκριση μεταξύ ομόζυγων και ετερόζυγων ατόμων για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία μέσω νέων δεδομένων από γενεαλογικά δέντρα.	Εξετάστε δεδομένα από γενεαλογικά δέντρα που προέκυψαν από εργαστηριακούς και κλινικούς ελέγχους.
4	τέλος δεκ. 1940 έως μέσα δεκ. 1950	Αιματολογική έρευνα στην Ανατολική Αφρική αποκαλύπτει υψηλές συχνότητες φορέων της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας. Αναπτύσσονται αρκετές πρώιμες θεωρίες.	Εξετάστε εθνογραφικά και γεωγραφικά δεδομένα από την Ουγκάντα για να εξηγήσετε τις υψηλές συχνότητες των ετερόζυγων ατόμων για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία.
5	μέσα δεκ. 1940 έως μέσα δεκ. 1950	Παρασιτολογική έρευνα στην Ανατολική Αφρική εξετάζει επίσης την εξάπλωση της ελονοσίας.	Εξετάστε τον κύκλο ζωής του <i>Plasmodium falciparum</i> και προτείνετε μηχανισμούς για την αναστολή της αύξησης και της ανάπτυξης του.

6	1952 - 1954	Ο Δρ. Anthony C. Allison προτείνει τη θεωρία της υπεροχής των ετερόζυγων - φορέων της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας για το παράσιτο της ελονοσίας.	Σκεφθείτε πώς τα δεδομένα για την ελονοσία επηρεάζουν τις προηγούμενες εξηγήσεις των μαθητών για τις συχνότητες των ετερόζυγων ατόμων στην Ουγκάντα.
7	1957	Ο Linus Pauling αποσαφηνίζει τη διαφορά ανάμεσα στη δομή της φυσιολογικής και στη δομή της παθολογικής αιμοσφαιρίνης μέσω της ηλεκτροφόρησης. Ο Δρ. Vernon Ingram προσδιορίζει την αλληλουχία των πεπτιδίων της αιμοσφαιρίνης και προσδιορίζει τις μοριακές διαφορές μεταξύ των φυσιολογικών και των μεταλλαγμένων μορφών.	Εξετάστε σε ηλεκτροφόρηση τα τμήματα DNA που αντιστοιχούν στις αιμοσφαιρίνες.
8			Ανασκόπηση

Πίνακας 1. Τα στάδια στα οποία δόθηκε έμφαση στην ενότιια της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας.



Σχήμα 1. Οι συχνότητες του αλληλομόρφου της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας στην Ουγκάντα, γύρω στο 1949. Προσαρμογή δεδομένων από Herrick (1968) και Lehmann (1953).



Σχήμα 2 Κατανομή της ελονοσίας στην Ουγκάντα, γύρω στο 1949

Στην αρχή του επόμενου μαθήματος που εξετάζει την εξέλιξη, παρέχονται στους μαθητές συμπληρωματικά στοιχεία από την αιματολογική έρευνα στα τέλη της δεκαετίας του 1940 που καταμέτρησε ποσοτικά την παρουσία μιας άλλης ασθένειας του αίματος, της ελονοσίας (σχήμα 2). Όταν οι μαθητές εξετάσουν τους προηγούμενους χάρτες με τις συχνότητες των αλληλομόρφων σε συνδυασμό με τα στοιχεία για την ελονοσία, αναπόφευκτα παρατηρούν έναν ισχυρό και ταυτόχρονα συναρπαστικό συσχετισμό. Στους μαθητές δίνονται επίσης τα αποτελέσματα από μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Anthony C. Allison (1954), στην οποία συνέλεξε δείγματα αίματος από πολυάριθμα παιδιά σε όλη την Ουγκάντα και συνέκρινε τη συχνότητα εμφάνισης και τη σοβαρότητα της ελονοσίας μεταξύ των παιδιών που έφεραν το αλληλόμορφο της μυστηριώδους ασθένειας και των υπόλοιπων παιδιών (πίνακας 2). Αυτά τα συμπληρωματικά δεδομένα οδηγούν τους μαθητές να προτείνουν μια νέα θεωρία, ότι τα ετερόζυγα άτομα - εκείνοι δηλαδή που φέρνουν ένα μόνο αντίγραφο του γονιδίου της μυστηριώδους ασθένειας - στην πραγματικότητα προστατεύονται από τις συνέπειες του παρασίτου της ελονοσίας. Από αυτό, οι μαθητές μπορούν να προβλέψουν ότι αναμένεται να υπάρχουν υψηλότερες συχνότητες φορέων της μυστηριώδους ασθένειας σε εκείνες τις περιοχές όπου η ελονοσία είναι συχνή. Αυτή η θεωρία που προϋποθέτει την επιλεκτική υπεροχή των ατόμων που είναι ετερόζυγα για τη δρεπανοκυτταρική αναιμία είναι ουσιαστικά η ίδια με αυτήν που ιστορικά προτάθηκε από τον Allison ως αποτέλεσμα της έρευνάς του στην περιοχή και η σήμερα ευρέως αποδεκτή εξήγηση για τη διατήρηση των γονιδίων της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας και τη σχετικά υψηλή εξάπλωση τους σε άτομα αφρικανικής καταγωγής.

Γενετική προδιάθεση	Συνολικός αριθμός παιδιών που εξετάστηκαν	% ασθενών με ελονοσία λόγω του <i>Plasmodium falciparum</i>	Δείκτης πυκνότητας παρασίτων
Υγιής (+/+)	247	46%	5.9
Φορέας (+/-)	43	28%	4.0

Πίνακας 2. Αιματολογική ανάλυση παιδιών από την Ουγκάντα, γύρω στο 1949. Δεδομένα προσαρμοσμένα από τα Allison (1954) και Raper (1959)

Κάποια στιγμή και ενώ οι μαθητές εργάζονται ομαδικά για να κατανοήσουν τα διάφορα δεδομένα που τους έχουν δοθεί, σε κάθε ομάδα δίνονται διαφορετικές «διερευνήσεις» (πίνακας 3). Οι μαθητές καλούνται να μοιραστούν τις ιδέες τους μεταξύ τους έχοντας κατανοήσει ότι κάθε ομάδα θα συμμετάσχει σε μια ακόλουθη συνολική συζήτηση στην τάξη, γύρω από τις διάφορες εξηγήσεις τους για τα δεδομένα και τις ερμηνείες τους για τις εργασίες. Αυτές οι στοχοθετημένες διερευνήσεις χρησιμεύουν ως ένα κύριο μέσο προκειμένου οι μαθητές να εξετάσουν ρητά και αναστοχαστικά τις πιυχές της ΦτΕ επειδή τους δίνεται η ευκαιρία να συνδέσουν την εργασία τους με το εννοιολογικό υλικό της ενότητας με τις γενικότερες ιδέες της ΦτΕ.

Χαρακτηριστικό της ΦτΕ	Διερεύνηση
Η υποκειμενική (φορτισμένη από τη θεωρία) φύση της επιστήμης	Λαμβάνοντας υπόψη ότι όλοι είχατε πρόσβαση στα ίδια δεδομένα, κατέληξαν όλα τα μέλη της ομάδας σας στο ίδιο συμπέρασμα σχετικά με τις υψηλές συχνότητες των φορέων της μυστηριώδους ασθένειας; Γιατί ή γιατί όχι;
Η προσωρινή φύση της επιστήμης	Έχει αλλάξει η θεωρία σας για την εξήγηση των ανώμαλα υψηλών συχνοτήτων των φορέων σε σύγκριση με τα προηγούμενα μαθήματα; Γιατί ή γιατί όχι; Εάν ναι, τι προκάλεσε την αλλαγή της θεωρίας;

Πίνακας 3. Παραδείγματα αναστοχαστικών διερευνήσεων για τα προβλήματα σχετικά με την Ουγκάντα.

Για παράδειγμα, η πρώτη διερεύνηση στον πίνακα 3 προκαλεί τους μαθητές να εξετάσουν έμμεσα αυτό που συνήθως περιγράφεται ως υποκειμενική (φορτισμένη από τη θεωρία) ΦτΕ. Οι μαθητές συχνά υποθέτουν ότι οι όλοι επιστήμονες αναπόφευκτα κατα-



λήγουν σε παρόμοια συμπεράσματα κατά την εξέταση των ίδιων δεδομένων (Chalmers, 1999, McComas, 1996). Αυτό οφείλεται κατά ένα μέρος στο γεγονός ότι οι μαθητές συνήθως πιστεύουν ότι οι επιστήμονες είναι οπωσδήποτε αντικειμενικοί κατά την εργασία τους, απαλλαγμένοι από προκαταλήψεις και προϋπάρχουσες θεωρητικές δεσμεύσεις. Κατά τη διάρκεια των συζητήσεων όλης της ομάδας για το συγκεκριμένο ζήτημα της ΦτΕ, οι δάσκαλοι θα πρέπει να αποφεύγουν να υποδείξουν στους μαθητές μια πιο σύγχρονη άποψη της υποκειμενικής θεώρησης της ΦτΕ. Αντίθετα, οι δάσκαλοι θα πρέπει να διευκολύνουν τους μαθητές να σχολιάσουν τα δυνατά και τα αδύναμα σημεία των απαντήσεων τους. Συνήθως, οι μαθητές καταλήγουν να κατανοήσουν ότι οι διαφορετικές εξηγήσεις τους για τις υψηλές συχνότητες προκύπτουν εν μέρει λόγω των διαφορετικών απόψεων τους - συσχετιζόμενες με τα διαφορετικά τους υπόβαθρα, τις εκπαιδευτικές τους εμπειρίες και τις προσωπικές δεσμεύσεις τους που επηρεάζουν το τι «βλέπουν» στα δεδομένα.

Η δεύτερη διερεύνηση (πίνακας 3) προσκαλεί τους μαθητές να εξετάσουν πώς μπορεί να έχουν αλλάξει οι εξηγήσεις τους μεταξύ των μαθημάτων. Αυτό έχει στόχο να οδηγήσει τους μαθητές να σκεφτούν με έναν στοιχειώδη τρόπο το πώς η γνώση στην επιστήμη υπόκειται σε πιθανή αλλαγή ή τροποποίηση. Οι αλλαγές στις εξηγήσεις των μαθητών για την ανωμαλία των συχνοτήτων οφείλονται εν μέρει στη δυνατότητά τους να αναθεωρήσουν το πρόβλημα υπό το φως των δεδομένων για την ελκνοοσία. Επιπλέον, όταν πιστούν από τον εκπαιδευτικό να σκεφτούν μήπως οι προηγούμενες εξηγήσεις τους ήταν «λανθασμένες» ή μήπως δεν έχουν πλέον καμία χρησιμότητα (π.χ. έχουν εγκαταλειφθεί), οι μαθητές συχνά αναγνωρίζουν ότι ενώ η υπεροχή των ετερόζυγων έχει καλύτερη εξηγητική και προβλεπτική ισχύ, ορισμένα σημεία των προηγούμενων εξηγήσεών τους είναι σημαντικοί παράγοντες που συμβάλλουν στη γενετική της μυστηριώδους ασθένειας. Ο εκπαιδευτικός μπορεί τότε να ρωτήσει τους μαθητές εάν θεωρούν ότι παρόμοιες διαδικασίες σύγκρισης θεωριών συμβαίνουν στην ανάπτυξη των σταθερών και ανθεκτικών στο χρόνο επιστημονικών θεωριών.

Το κύριο πλεονέκτημα του σχεδιασμού μαθημάτων που χρησιμοποιούν την ιστορία της επιστήμης και' αυτόν τον τρόπο είναι ότι προσεγγίζουν στενά τις αρχές της εποικοδόμησης, που σημαίνει ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν την ιστορία της επιστήμης για να διαμορφώσουν τη δική τους κατανόηση των σημαντικών εννοιών της βιολογίας αλλά και εκείνων των ζητημάτων που σχετίζονται με τη ΦτΕ. Όταν οι μαθητές προκαλούνται να υιοθετήσουν ένα ρόλο λύτη προβλήματος παρόμοιο με αυτόν των επιστημόνων της ιστορίας, η εμπειρία αυτή διευκολύνει την οικειοποίηση των συμπερασμάτων που οι ίδιοι οι μαθητές αναπτύσσουν. Τα πρώιμα εμπειρικά στοιχεία που έχουν συλλεχθεί σχετικά με την ενότητα της δρεπανοκυτταρικής αναιμίας που περιγράφεται εδώ υποδεικνύουν ότι η προαναφερόμενη προσέγγιση μπορεί πράγματι να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν πιο εκλεπτυσμένες απόψεις για τη ΦτΕ (Howe και Rudge, 2005).

#### *Σημείωση*

*Το κείμενο αυτό αποτελεί αναθεωρημένη μετάφραση του άρθρου: Rudge, D.W. & Howe, E.M. (2004). Incorporating history into the science classroom. *The Science Teacher*, 71(9), 52-57.*

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman N. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 37, 1057-1095.
- Allchin, D. (1993). Of squid hearts and William Harvey. *The Science Teacher* 60: 26-33.
- Allison, A.C. (1954). Protection afforded by sickle cell trait against sub tertian malarial infection. *British Medical Journal* 1,290-294.
- Chalmers, A.F. (1999). *What Is This Thing Called Science?* Indianapolis: Hackett Publishing.
- Herrick, A. (1968). *Area Handbook for Uganda*. Washington, DC.: U.S. Government Printing Office.
- Howe, E., & DW. Rudge. (2005). Recapitulating the history of sickle-cell anemia research: improving students' NOS views explicitly and reflectively. *Science & Education*. 14 (3-5), 423-441.
- Lehmann, H. (1953). Distribution of the sickle-cell gene. *Eugenics Review* 46,101-121.
- Matthews, M.R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge Press.
- McComas, W. (1996). Ten myths of science: Re-examining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics* 96:10-16.
- Monk, M., & J. Osborne (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education* 81, 405-424.
- Raper, A. (1959). Further observations on sickling and malaria. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 53,110-117.
- Rudge, DW. (2004). Using the history of research on industrial melanism to help students better appreciate the nature of science and The mystery phenomenon: Lesson plans. In *Proceedings of the Seventh International History, Philosophy Science Teaching Group Meeting* ed. D. Metz, 761-811.
- Rudge, DW. & Howe, E.M. (2008). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, online first article.

# Η «μάχη για το ηλεκτρόνιο»: η διαμάχη των Millikan-Ehrenhaft και η χρήση της για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης

Ελένη Παρασκευοπούλου<sup>1</sup> & Δημήτρης Κολιόπουλος<sup>2</sup>

*1. Εκπαιδευτήρια Γείτονα*

*2. Πανεπιστήμιο Παιρών*

---

## Εισαγωγή

Πολλοί ερευνητές έχουν υποστηρίξει τη χρήση της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών σαν ένα πλαίσιο για τη διδασκαλία στοιχείων της φύσης της επιστήμης ΦτΕ (Irwin 2000, Klopfer 1969, Matthews 1994, Monk & Osborn 1997). Το 1969 ο Klopfer ισχυρίστηκε ότι η ιστορία των επιστημών έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει στη δημιουργία μιας αντίληψης για τις διαδικασίες, τα πλαίσια και τις εννοιολογικές πλευρές της επιστήμης.

Αρκετοί ερευνητές (Clough, 2003, Ryder, Leach, & Driver, 1999) ισχυρίζονται ότι η ρητή διδασκαλία της ΦτΕ ως διαδικασίας 'ενοματωμένης' μέσα στο πλαίσιο του επιστημονικού περιεχομένου θα μπορούσε να οδηγήσει σε πιο μεγάλη βελτίωση των αντιλήψεων των μαθητών για τη ΦτΕ. Ο Clough, (2003) ισχυρίστηκε ότι οι δραστηριότητες της ΦτΕ που στοχεύουν απευθείας στο να διδάξουν ΦτΕ είναι ανεπαρκείς για την ανάπτυξη αντιλήψεων των μαθητών διότι δεν είναι συνδεδεμένες με το επιστημονικό περιεχόμενο. Μια άλλη έρευνα (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000) έδειξε ότι για να είναι αποτελεσματική η διδασκαλία της φύσης της επιστήμης θα πρέπει να γίνεται ρητή αναφορά στα στοιχεία της φύσης της επιστήμης που αναδεικνύονται από ένα ιστορικό παράδειγμα ή από τη διδασκαλία κάποιου επιστημονικού περιεχομένου π.χ της ελεύθερης πτώσης. Με άλλα λόγια φαίνεται ότι οι μαθητές δεν είναι ικανοί μέσα από την παρουσίαση και μόνο του ιστορικού παραδείγματος ή του επιστημονικού περιεχομένου ή από την εμπλοκή τους σε επιστημονικές δραστηριότητες (σιωπηρή αναφορά) να αντιληφθούν τα χαρακτηριστικά της φύσης της επιστήμης. Οι Abd-El-Khalick & Lederman (2000) συνιστούν να γίνεται σαφής αναφορά στα διάφορα στοιχεία

της ΦτΕ που παρουσιάζονται και να δίνεται έμφαση στην κατανόηση των στοιχείων της ΦτΕ από τους μαθητές, μέσα από τον αναστοχασμό πάνω σε δραστηριότητες που έκαναν.

Ο Niaz (2000), ο Kolstø (2008), και ο McComas (2008) ισχυρίστηκαν ότι η ιστορία των επιστημών και συγκεκριμένα η διαμάχη του Millikan και του Ehrenhaft για το ηλεκτρόνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία και την κατανόηση σε βάθος στοιχείων της ΦτΕ. Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται μια προσπάθεια να διερευνηθεί με λεπτομέρεια αν και πώς το ιστορικό γεγονός της διαμάχης των δύο ερευνητών είναι δυνατόν να χρησιμεύσει στην ανάδειξη διαφόρων χαρακτηριστικών της φύσης της επιστήμης τα οποία ν' αποτελέσουν αντικείμενο πραγμάτευσης στο πλαίσιο μιας διδασκαλίας ρητής και ενσωματωμένης στο επιστημονικό περιεχόμενο του μαθήματος της φυσικής.

## Το ιστορικό γεγονός

Το ιστορικό γεγονός που χρησιμοποιείται στη συγκεκριμένη εργασία είναι η διαμάχη των Millikan-Ehrenhaft για την ύπαρξη του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου, που συχνά αναφέρεται ως η 'μάχη για το ηλεκτρόνιο'. Τα γεγονότα διαδραματίζονται γύρω στο 1910 και οδηγούν τους δύο πρωταγωνιστές τους σε δύο αντιδιαμετρικά αντίθετες κατευθύνσεις, τον έναν στη επιτυχία και το βραβείο Nobel και τον άλλον στην αποτυχία και την αφάνεια. Πρόκειται για τον Αμερικάνο R. Millikan άγνωστο καθηγητή σε ένα νέο πανεπιστήμιο, το πανεπιστήμιο του Chicago, έναν άντρα 50 χρόνων περίπου, με λίγες επιστημονικές δημοσιεύσεις και για τον Ευρωπαίο F. Ehrenhaft διάσημο φυσικό και καθηγητή σε ένα φημισμένο πανεπιστήμιο, το πανεπιστήμιο της Βιέννης, έντεκα χρόνια νεότερο από το Millikan.

Ο Millikan πίστευε στην υπόθεση ότι υπήρχε ένα ελάχιστο ηλεκτρικό φορτίο, αυτό του ηλεκτρονίου. Εξέφραζε την εκδοχή του ατομισμού για τον ηλεκτρισμό, την αντίληψη δηλαδή ότι υπήρχε στη φύση ένα στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο από το οποίο αποτελούνταν όλα τα σώματα. Ο Millikan δούλευε πάνω σε μια ερευνητική παράδοση που ανέτρεχε στη διατύπωση του G. J. Stoney το 1881 για μια ατομική μονάδα ηλεκτρισμού, την οποία αργότερα ονόμασε 'ηλεκτρόνιο'. Ο J. J. Thomson συνέβαλε σημαντικά σε αυτή την ερευνητική παράδοση όταν το 1897 έδειξε ότι οι καθοδικές ακτίνες αποτελούνταν από ατομικές μονάδες, τις οποίες αποκάλεσε «corpuscles» και έπειτα συνέχισε για να προσδιορίσει την αναλογία  $e/m$  για αυτά.

Ο Ehrenhaft αντίθετα πίστευε ότι δεν υπήρχε κανένα παρόμοιο ελάχιστο φορτίο και ότι υπήρχαν μικρά σωματίδια που το φορτίο τους ήταν κλάσμα του φορτίου του ηλεκτρονίου. Εξέφραζε την εκδοχή της συνέχειας για τον ηλεκτρισμό. Ο Ehrenhaft ήταν επηρεασμένος από το φιλοσοφικό ρεύμα της συνέχειας για τη δομή της ύλης, που άνθιζε στην Ηπειρωτική Ευρώπη, κύριος εκφραστής του οποίου ήταν ο Mach. Οι οπαδοί αυτού του φιλοσοφικού ρεύματος ήθελαν μια φυσική απαλλαγμένη από άχρηστες μεταφυσικές υποθέσεις τέτοιες όπως ο ατομισμός (Holton, 1978, σελ.35) Συγκεκριμένα ο Mach απέρριπτε την ύπαρξη των μη παρατηρήσιμων οντοτήτων και ισχυριζόταν ότι η επιστήμη θα έπρεπε να ασχολείται μόνο με οντότητες που θα μπορούσαν να είναι παρατηρήσιμες με εμπειρικά μέσα (Matthews, 1994, σελ.170-174).

Και οι δύο επιστήμονες αναγνώριζαν ότι το αντικείμενο της έρευνας τους όπως επίσης

και η ουσία της διαμάχης τους, άγγιζε τα θεμέλια της επιστήμης.

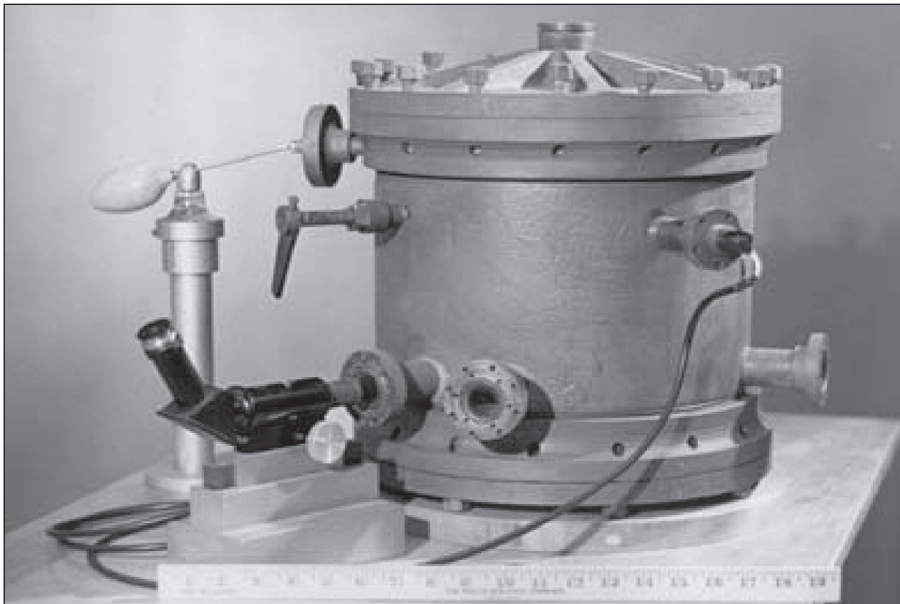
Πριν από το Millikan είχαν προσπαθήσει να μετρήσουν το φορτίο του ηλεκτρονίου ο Townsend και αργότερα ο Thomson και ο H. A. Wilson το 1903, όμως η μέθοδος που χρησιμοποιούσαν δεν έδινε μετρήσεις με μεγάλη ακρίβεια. Έτσι, όταν ο Millikan το 1907 ενδιαφέρθηκε για το πρόβλημα, υπήρχε σαν υπόθεση η ύπαρξη μιας στοιχειώδους μονάδας του ηλεκτρικού φορτίου και η τιμή αυτής της πολύ σημαντικής σταθεράς δεν ήταν γνωστή με μεγάλη ακρίβεια.

## Το πείραμα της σταγόνας λαδιού του Millikan

Ο Αμερικάνος φυσικός Robert Andrews Millikan ήταν ο πρώτος που υπολόγισε με ακρίβεια το φορτίο του ηλεκτρονίου. Η πειραματική του συσκευή (εικόνα 1) αποτελούνταν από δύο παράλληλους οριζόντιους μεταλλικούς δίσκους, που ήταν τοποθετημένοι κοντά ο ένας στον άλλο και οι οποίοι μέσω ενός διακόπτη συνδέονταν με τους πόλους μιας πηγής υψηλής τάσης. Ο αέρας μεταξύ των πλακών ιονιζόταν από μια πηγή ακτίνων-Χ.

Στη μέση του πάνω δίσκου υπήρχε μια λεπτή οπή (σαν την κεφαλή μιας καρφίτσας) που μέσα από αυτή με ψεκασμό περνούσαν σταγονίδια λαδιού. Το λάδι είχε το πλεονέκτημα να μπορεί να παραμένει στον αέρα αρκετό χρόνο χωρίς να εξατμίζεται. Οι σταγόνες αποκτούσαν ηλεκτρικό φορτίο:

- α) κατά τον ψεκασμό εξαιτίας της τριβής και
- β) μέσω των ακτίνων  $-X$ , οι οποίες αύξαναν τα ιόντα που υπήρχαν στο χώρο ανάμεσα στις πλάκες.



*Εικόνα 1. Η συσκευή του Millikan: λεπτομέρεια.*

Ο χώρος ανάμεσα στους παράλληλους δίσκους ήταν φωτισμένος κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο Millikan να μπορεί να παρατηρήσει την κίνηση των σταγόνων με ένα ειδικό τηλεσκόπιο. Οι σταγόνες λαδιού φαινόταν σαν λαμπερά αστέρια σε μαύρο φόντο. Για τη μέτρηση της απόστασης που διάνυε η σταγόνα ακριβώς στο χώρο που φαινόταν από το τηλεσκόπιο υπήρχαν διαγραμμίσεις που απείχαν 0,01mm.

Όταν ο διακόπτης ήταν στο off, δηλαδή δεν υπήρχε ηλεκτρικό πεδίο, οι σταγόνες κινούνταν προς τα κάτω (προς την κάτω πλάκα) με την επίδραση του βάρους τους και της αντίστασης του αέρα και γρήγορα αποκτούσαν οριακή ταχύτητα. Από την οριακή ταχύτητα πτώσης ο Millikan υπολόγιζε την ακτίνα της σταγόνας και μετά μέσω της πυκνότητας τη μάζα της.

Καθώς η σταγόνα έπεφτε υπό την επίδραση του βάρους της προς την κάτω πλάκα, και πριν φτάσει σε αυτήν, ένα ηλεκτρικό πεδίο υψηλής έντασης (ανάμεσα στα 3000V έως και 8000V ανά cm) δημιουργούνταν ανάμεσα στις πλάκες με τη βοήθεια της μπαταρίας. Το ηλεκτρικό πεδίο ρυθμιζόταν ανάλογα με το πρόσημο του φορτίου που είχε αποκτήσει η σταγόνα από τη συσκευή προώθησης ή και από τα ιόντα που είχαν 'κάτσει' πάνω της ώστε η σταγόνα να ανεβαίνει προς την πάνω πλάκα. Πριν χτυπήσει στην πάνω πλάκα διακοπτόταν η παροχή ρεύματος, καταργούνταν το ηλεκτρικό πεδίο και η σταγόνα έπεφτε με την επίδραση του βάρους της. Ο Millikan μετρούσε το χρόνο που έκανε η σταγόνα να διανύσει την ίδια απόσταση που αντιστοιχούσε στο διάστημα ανάμεσα στις διαγραμμίσεις που φαινόταν από το μικροσκόπιο με και χωρίς ηλεκτρικό πεδίο, χωρίς ιόν ή με ιόν. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνονταν και οι ταχύτερες μετρούνταν για ένα μη καθορισμένο αριθμό φορών. Η παρατήρηση μιας και μόνο σταγόνας είχε διαρκέσει τεσσαράμισι ώρες (Shamos, 1987, σελ.245). Το πρόσημο και η ακριβής τιμή του φορτίου που έφερε η σταγόνα καθοριζόταν από αυτές τις ταχύτητες και τη μάζα της σταγόνας. Το λάθος στην παρατήρηση δεν ξεπερνούσε το 3% (Shamos, 1987, σελ.242-244).

## Η «μάχη για το ηλεκτρόνιο»

Είναι το ηλεκτρικό φορτίο κβαντισμένο ή συνεχές; Υπάρχει ένα ηλεκτρικά φορτισμένο σωματίδιο, το ηλεκτρόνιο, το οποίο είναι αδιαίρετο και κομμάτι (δομικό στοιχείο) των σωμάτων που μας περιβάλλουν; Ήταν ερωτήματα που απασχολούσαν την επιστημονική κοινότητα των φυσικών στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

Ο Millikan στην αρχή (1908), προσπαθώντας να δώσει απάντηση στα ερωτήματα, χρησιμοποίησε τη μέθοδο του Wilson, η οποία βασιζόταν στη μελέτη νέφωσης υδρατμών, που κινούνταν υπό την επίδραση βαρυτικού και ηλεκτρικού πεδίου. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο ο Millikan και ο μαθητής του Louis Begeman βρήκαν μια μέση τιμή του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου που ήταν μικρότερη από την αναμενόμενη<sup>1</sup> και με μεγάλη δια-

<sup>1</sup> Την ίδια εποχή (1908) η βιβλιογραφία ανέφερε σαν την πλέον κατάλληλη τιμή για το φορτίο του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου την τιμή του φορτίου του  $e=4,657 \cdot 10^{-10}$  esu, που είχαν υπολογίσει ο Rutherford και ο Geiger. Ο Rutherford και ο Geiger προσδιόρισαν το φορτίο των σωμάτων  $a$  ίσο με  $93 \cdot 10^{-10}$  esu και υπέθεσαν ότι ήταν ίσο με το διπλάσιο του φορτίου του ηλεκτρονίου. Έτσι το φορτίο του ηλεκτρονίου θα ήταν  $e=4,65 \cdot 10^{-10}$  esu.

σοπρά των μετρήσεων. Αυτή η μεγάλη διασπορά θα μπορούσε να ιδωθεί σαν απόδειξη ότι τα φορτία θα μπορούσαν να πάρουν μια οποιαδήποτε τιμή και όχι μόνο το ακέραιο πολλαπλάσιο μιας ελάχιστης ποσότητας. Ο ίδιος ο Millikan σημειώνει ότι : «Πράγματι η ασάθεια, η παραμόρφωση και η απροσδιοριστία της κορυφής της νέφωσης ήταν κάπως απογοητευτικά και τα αποτελέσματα δεν θεωρήθηκαν άξια να δημοσιευθούν» (Millikan, 1947, σελ. 55-57)

Το πειραματικό αυτό αποτέλεσμα αντί να οδηγήσει το Millikan στο συμπέρασμα ότι η υπόθεσή του για την κβάντωση του φορτίου ήταν εσφαλμένη τον οδηγεί στη ανάγκη βελτίωσης της πειραματικής μεθόδου που χρησιμοποιούσε. Πράγματι, το 1908, ο Millikan και ο μαθητής του Begepan, κάνοντας μια σημαντική βελτίωση της μεθόδου που ήταν η χρήση μιας μπαταρίας 4000V για να περιορίσουν το σφάλμα που οφειλόταν στην εξάτμιση του νερού, υπολογίζουν μια μέση τιμή που ήταν πιο κοντά στην αναμενόμενη (μέση τιμή του  $e=4,06 \cdot 10^{-10} \text{esu}^2$ ) και τα αποτελέσματα κρίνονται άξια να δημοσιευθούν.

Την άνοιξη και το καλοκαίρι του 1909, ο Millikan, προκειμένου να μειώσει ακόμη πιο πολύ το λάθος που οφειλόταν στην εξάτμιση χρησιμοποιεί μια μπαταρία των 10000V αντί των 4000V που χρησιμοποιούσε στα προηγούμενα πειράματά του. Τότε συνέβη ένα αναπάντεχο γεγονός. Η δημιουργία ενός ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου από την υψηλή τάση της μπαταρίας διασκορπίσε το σύννεφο ακαριαία και άφησε λίγες σταγόνες οι οποίες φαινόταν σαν διακριτά λαμπερά σημεία. Ο Millikan αργότερα θυμάται στην αυτοβιογραφία του: “Ο διασκορπισμός φάνηκε στην αρχή να καταστρέφει το πείραμα μου. Αλλά όταν επανέλαβα το πείραμα, είδα με μιας ότι είχα κάτι πολύ περισσότερο ενδιαφέρον...Κάθε φορά που το πείραμα επαναλαμβανόταν το σύννεφο διασκορπιζόταν από το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο, και μερικές μεμονωμένες σταγόνες παρέμεναν σε θέση για χρονικό διάστημα που μεταβαλλόταν από 30 ως 60 δευτερόλεπτα” (Millikan, 1950, σελ. 73). Η ύπαρξη σταγόνων νερού που απομένανε θα έδινε τη δυνατότητα σ’ αυτόν για μετρήσεις σε μεμονωμένες σταγόνες με φορτίο που θα οφείλετο σε ένα ή μερικά ηλεκτρόνια. Ωστόσο ο Millikan παρατήρησε ακόμη ένα παράξενο φαινόμενο. Κάποιες φορές φορτισμένες σταγόνες νερού που ισορροπούσαν στο ηλεκτρικό πεδίο ξαφνικά άλλαζαν εντελώς την κίνηση τους. Η ασυνέχεια στις παρατηρήσεις του ήταν ενδιαφέρουσα. Ταίριαζε καλά με την υποτιθέμενη ασυνέχεια στην αντίληψη της ποσότητας του ηλεκτρικού φορτίου. Πάλι με τα λόγια του Millikan: «είδα ξαφνικά να κάθεται ένα ιόν σε μια σταγόνα που ισορροπούσε [από τον αέρα που την περιέβαλε]» (Holton, 1978, σελ.38).

Η τιμή που βρήκε ο Millikan για το ελάχιστο ηλεκτρικό φορτίο ήταν πολύ κοντά στην αναμενόμενη τιμή. Σε ένα άρθρο του το 1910, όπου δημοσίευσε τα αποτελέσματά του, εξηγούσε τον τρόπο με τον οποίο αξιολογούσε τις μετρήσεις του. «Οι παρατηρήσεις που ήταν σημειωμένες με ένα τριπλό αστέρι ήταν αυτές οι οποίες ήταν σημειωμένες ως οι ‘καλύτερες’ στο σημειωματάριο μου...Οι παρατηρήσεις με διπλό αστέρι ήταν σημειωμένες ως ‘πολύ καλές’. Αυτές που σημειώνονται με ένα αστέρι ήταν σημειωμένες ως ‘καλές’ και οι άλλες ‘μέτριες’» (Millikan, 1910. σελ.220). Και επίσης «... δεν έλαβα υπόψη μου τρεις μετρήσεις

<sup>2</sup> esu: Ηλεκτροστατικές μονάδες

που πήρα σε σταγόνες που δεν ισορροπούσαν» (στο Holton, 1978, σελ.38).

Η διαμάχη αρχίζει όταν στο άρθρο του αυτό ο Millikan κάνει κριτική για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που είχε δημοσιεύσει ο Ehrenhaft παρ' όλο που και τα αποτελέσματα και η μέθοδος<sup>3</sup> που χρησιμοποιούσε έμοιαζαν με τα δικά του. Ο Ehrenhaft απάντησε στην κριτική του Millikan με ένα επόμενο άρθρο στο οποίο υπολόγισε το φορτίο της κάθε σταγόνας για κάθε παρατήρηση του Millikan χωριστά. Το αποτέλεσμα ήταν ένα πολύ μεγάλο εύρος τιμών του φορτίου της σταγόνας, που δεν ήταν όλες ακέραιο πολλαπλάσιο του στοιχειώδους. Αυτό το αποτέλεσμα εξασθενούσε τον ισχυρισμό για την ύπαρξη του ελάχιστου ηλεκτρικού φορτίου.

Ο Ehrenhaft, κατόπιν, χρησιμοποιώντας τη δική του μέθοδο, βρήκε σταγόνες υγρού και μεταλλικά σωματίδια να έχουν φορτίο ίσο με το 1/2, το 1/5, το 1/10, το 1/100 ακόμη και το 1/1000, αυτού του φορτίου του ηλεκτρονίου. Συμπέρανε τότε ότι αδιαίρετη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου δεν υπήρχε στο επίπεδο που βρέθηκε από το Millikan.

Εν τω μεταξύ, ο Millikan συνέχισε να βελτιώνει τη μέθοδο του και να χρησιμοποιεί λάδι αντί για νερό. Με αυτή τη βελτιωμένη μέθοδο, ο Millikan, μαζί με το βοηθό του Harvey Fletcher, δημοσίευσε νέα και πολύ πιο ακριβή αποτελέσματα. Αυτοί αναφέρουν ότι έχουν «βρει σε όλες τις περιπτώσεις το φορτίο της σταγόνας να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μικρότερου φορτίου που βρήκαμε ότι έπιασε από τον αέρα» (Millikan, 1911, σελ. 360).

Πάλι ο Millikan ειλικρινά εξηγεί ότι δεν έλαβε υπόψη του κάποιες μετρήσεις οι οποίες έδιναν τιμές του ελάχιστου ηλεκτρικού φορτίου πολύ μικρότερες από τις άλλες τιμές που είχε βρει.

Η άποψη του Ehrenhaft ήταν ότι η ισχυρή αντίληψη του Millikan για την ύπαρξη του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου τον οδηγούσε να παρουσιάζει ένα υψηλό ποσοστό λάθους στις τιμές. Αντίθετα, η άποψη του Millikan για τον τρόπο με τον οποίο ο Ehrenhaft χειρίστηκε τα δεδομένα ήταν ότι «[ο Ehrenhaft] επιθυμούσε με όλη του τη δύναμη να γυρίσει την πλάτη του σε ένα βασικό γεγονός της φύσης – τον αδιαίρετο χαρακτήρα του  $e$  [του φορτίου του ηλεκτρονίου]» (Holton, 1978, σελ. 69).

Στο τρίτο του άρθρο, ο Millikan (1913) συνόψισε τη νέα του μέθοδο ως εξής: «Το ουσιαστικό χαρακτηριστικό της μεθόδου συνίσταται στην επαναλαμβανόμενη αλλαγή του φορτίου μιας δοσμένης σταγόνας από το πιάσιμο ιόντων από τον αέρα και έτσι με κάθε σταγόνα επιτυγχάνεται μια σειρά από φορτία. Αυτά τα φορτία είχαν μια πολύ ακριβή πολλαπλασιαστική σχέση κάτω από όλες τις συνθήκες, γεγονός που αποδεικνύει με σαφή τρόπο *την ατομική δομή του ηλεκτρικού φορτίου*». Στο ίδιο άρθρο ανακοίνωσε ότι η αβεβαιότητα στην τιμή του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου σύμφωνα με τις μετρήσεις του ήταν 0,03%. Αυτό ήταν πράγματι ένα πολύ ακριβές αποτέλεσμα.

Η ανυπαράθεση ανάμεσα στις δύο πλευρές ήταν ισχυρή. Ο Ehrenhaft έγραψε 12 περίπου άρθρα μέσα σε τέσσερα χρόνια, όλα εντελώς στοχευμένα στην αμφισβήτηση των μετρήσεων του Millikan. Ο Millikan επίσης έγραψε πολύ και αντίκρουσε τις κριτικές του Ehrenhaft.

Μια νέα διάσταση στη διαμάχη Millikan-Ehrenhaft προστέθηκε όταν ο Holton ανακά-

<sup>3</sup> Η μέθοδος υπολογισμού του ηλεκτρικού φορτίου που χρησιμοποιούσε ο Ehrenhaft βασιζόταν στην παρασκευή των κολλοειδών και στην παρατήρηση με μικροσκόπιο της κίνησης Brown των μεμονωμένων θραυσμάτων των μετάλλων όπως αυτά από τον ατμό ενός τήξευ αργύρου (Ehrenhaft, 1902).



λυψε δύο εργαστηριακά τετράδια σημειώσεων του Millikan στα Αρχεία στο Ινστιτούτο της Τεχνολογίας στην Καλιφόρνια. Οι σημειώσεις αυτές (28 Οκτωβρίου, 1911, ως 16 Απριλίου, 1912, περίπου 175 σελίδες) δίνουν μια σπάνια ευκαιρία να δει κανείς τη δουλειά ενός επιστήμονα στο εργαστήριό του. Αυτές οι σημειώσεις είχαν ανεπεξέργαστα δεδομένα και από αυτά φάνηκαν κάποιες από τις διαδικασίες επιλογής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στο άρθρο που δημοσιεύθηκε στο *Physical Review* (Millikan, 1913). Από την άλλη μεριά, οι σημειώσεις του Ehrenhaft χάθηκαν στο δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, όταν αυτός μετανάστευσε στις Ηνωμένες Πολιτείες μετά την κατάκτηση της Αυστρίας από τους Nazi.

Στις εργαστηριακές σημειώσεις του Millikan υπήρχαν μετρήσεις για 140 σταγόνες και τα δημοσιευμένα αποτελέσματα το 1913 αναφέρουν με έμφαση ότι υπήρχαν μετρήσεις για 58 σταγόνες. Τι συνέβη με τις άλλες 82 σταγόνες; Ο Millikan δεν χρησιμοποίησε τις τιμές του φορτίου του ηλεκτρονίου που ήταν ενάντια στην αρχική του αντίληψη.

Στις σημειώσεις από τα πειράματα του Millikan που βρέθηκαν, υπάρχουν αξιολογήσεις της ποιότητας των μετρήσεων του. Αυτός συχνά έγραφε: «έπεσε η τάση της μπαταρίας», «υπάρχει λάθος στο χρονόμετρο» και «η απόσταση πρέπει να κρατηθεί περισσότερο σταθερή» (Holton, 1978, σελ.69). Σε άλλο σημείο σχολίαζε: «μεγάλο λάθος, δεν θα χρησιμοποιηθεί», ή «πολύ μικρή [τιμή], κάτι φταίει» ή σε άλλες περιπτώσεις «αυτή είναι οχεδόν απόλυτα σωστή... πιθανόν διπλή σταγόνα... να δημοσιευτεί αυτό το όμορφο αποτέλεσμα... όχι, κάτι δεν πάει καλά με το θερμόμετρο...» (Σταθοπούλου & Πατάπης, 1998).

Εκ των υστέρων γνωρίζουμε ότι στο τέλος τα αποτελέσματα του Millikan έγιναν αποδεκτά από τους άλλους φυσικούς, ενώ τα αποτελέσματα του Ehrenhaft ξεχάστηκαν, παρ' όλο που κανένα λάθος δεν αναγνωρίστηκε. Ο Holton (1978, σελ.79) συμπεραίνει ότι οι φυσικοί συζητώντας τα πειράματα του Ehrenhaft δεν μπορούσαν να υποστηρίξουν ότι υπήρχε κάποιο λάθος στη μέθοδό του. Στα αποτελέσματά του δεν φάνηκε καθόλου να υπάρχει κάποιο λάθος. Επίσης ισχυρίζεται ότι το πρόβλημα φάνηκε να είναι ότι ο Ehrenhaft και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν όλες τις μετρήσεις που συνέλλεξαν, 'καλές', 'κακές' και 'αδιάφορες'.

Η διαμάχη των Millikan-Ehrenhaft κράτησε από το 1910 έως το 1923. Βέβαια ο ίδιος ο Ehrenhaft δημοσίευε άρθρα με το ίδιο θέμα μέχρι τη δεκαετία του 1940, όταν πια κανείς δεν ενδιαφερόταν γι' αυτό (Holton, 1978, σελ. 79). Τα αποτελέσματα του Millikan αποτέλεσαν ένα σημαντικό βήμα στην εγκαθίδρυση της θεωρίας του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου. Το 1923 απονεμήθηκε στο Millikan το βραβείο Nobel φυσικής κυρίως για τη δουλειά του πάνω στο φορτίο του ηλεκτρονίου.

## **Η διαμάχη Millikan-Ehrenhaft και η φύση της επιστήμης**

Σύμφωνα με το McComas (2008) μία από τις κοινά αποδεκτές αρχές της φύσης της επιστήμης είναι ότι *οι φυσικές επιστήμες αναζητούν, παράγουν και εξαρτώνται από εμπειρικά δεδομένα*. Στη «μάχη για το ηλεκτρόνιο» η όλη συζήτηση ανάμεσα στους δύο πρωταγωνιστές και την επιστημονική κοινότητα γίνεται στη βάση των εμπειρικών δεδομένων που έχουν προκύψει από αντίστοιχα πειράματα. Η ύπαρξη των εμπειρικών δεδομένων είναι

απαραίτητη για να αρχίσει η συζήτηση κατά πόσο αυτά είναι ακριβή ή όχι, πώς είναι δυνατόν να βελτιωθούν, πώς γίνεται κριτική αξιολόγησή τους και πώς είναι δυνατόν τελικά να ερμηνευτούν. Σε όλη αυτή τη διαδικασία, τόσο ο Millikan όσο και ο Ehrenhaft προσπαθούν να βελτιώσουν τη μέθοδο τους, εξαλείφοντας τις πιθανές πηγές σφαλμάτων, ώστε να παράγουν πιο ακριβή δεδομένα. Η αξιοπιστία της υποθέσης ότι υπάρχει τελικά το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο θα κριθεί στη βάση των εμπειρικών δεδομένων, αλλά δεν θα προκύψει άμεσα από αυτά. Ο Millikan, σε ένα άρθρο του που δημοσίευσε το 1916, ασχολείται με ζητήματα, που πηγάζουν από μια νέα δημοσίευση του Ehrenhaft (1914) στην οποία είχε καταφέρει να πάρει αρκετά μικρότερες τιμές βασισμένες στην κίνηση Brown των σταγόνων υδραργύρου και χρυσού. Ο Millikan στην προσπάθειά του να αντικρούσει τους ισχυρισμούς του Ehrenhaft λέει: «Είναι εντελώς παράλογο να υποθέσουμε ότι αυτά τα ιόντα έχουν ένα είδος φορτίου όταν «συλλαμβάνονται» από μια μεγάλη σταγόνα και ένα άλλο είδος όταν «συλλαμβάνονται» από μια μικρή. Αν δεν είναι το ίδιο είδος ιόντων τα οποία «συλλαμβάνονται» και στις δύο περιπτώσεις, τότε με σκοπό να εναρμονίσουμε τα αποτελέσματα με την ύπαρξη των ακέραιων πολλαπλασίων θα ήταν απαραίτητο να υποθέσουμε ότι υπάρχει στον αέρα ένας απροσδιόριστος αριθμός από διαφορετικά είδη από ιοντικά φορτία που αντιστοιχούν σε ένα απροσδιόριστο αριθμό από πιθανές ακτίνες των σταγόνων, και ότι, όταν ένα ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο οδηγήσει όλα αυτά τα ιόντα προς μια δοσμένη σταγόνα, αυτή η σταγόνα επιλέγει σε κάθε περίπτωση ακριβώς το φορτίο που αντιστοιχεί στις συγκεκριμένες ακτίνες. Μια τέτοια υπόθεση δεν είναι μόνο πολύ περίεργη για σοβαρή εξέταση αλλά διαψεύδεται ευθέως από τα πειράματά μου» (Millikan, 1916, σελ. 617).

Σύμφωνα επίσης με το McComas (2008), το ιστορικό παράδειγμα της «μάχης για το ηλεκτρόνιο» είναι ιδιαίτερα κατάλληλο (χαρακτηριστικό) για να διδάξει κανείς στους μαθητές μία ακόμη αρχή της ΦιΕ, που είναι ότι *η επιστήμη έχει ένα υποκειμενικό περιεχόμενο*. Πιο συγκεκριμένα ότι οι ιδέες, οι παρατηρήσεις και οι ερμηνείες στις φυσικές επιστήμες είναι «καθοδηγούμενες από τη θεωρία». Οι δύο επιστήμονες χρησιμοποίησαν περίπου την ίδια πειραματική διάταξη και συνέλλεξαν παρόμοια πειραματικά δεδομένα, όμως εξαιτίας των διαφορετικών καθοδηγητικών τους υποθέσεων τα ερμήνευσαν εντελώς διαφορετικά. Σύμφωνα με το Holton (1978, σελ.58) φαίνεται ότι τα ίδια πειραματικά δεδομένα θα μπορούσαν να στηρίξουν την αληθοφάνεια και των δύο διαμετρικά αντίθετων καθοδηγητικών υποθέσεων, τις οποίες με μεγάλη πίστη υποστήριζαν οι δύο πρωταγωνιστές.

Ο μιν Millikan υποστήριξε ότι υπάρχει μια ελάχιστη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου που μεταφέρεται από ένα σωματίδιο, το ηλεκτρόνιο, και οποιαδήποτε άλλη ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο αυτής, ενώ ο Ehrenhaft ότι υπάρχουν κλασματικά ηλεκτρικά φορτία («υποηλεκτρόνια») και ότι το ηλεκτρικό φορτίο είναι συνεχές.

Ο Ehrenhaft χρησιμοποίησε όλα τα δεδομένα αφού έτσι επιβεβαιωνόταν η καθοδηγητική του υπόθεση, ενώ ο Millikan παρουσίασε έτσι τα δεδομένα του ώστε να επιβεβαιώνουν την αρχική του υπόθεση. Η «μάχη για το ηλεκτρόνιο» δείχνει ότι η ιδέα ότι το φορτίο είναι κβαντισμένο, δηλαδή ότι αποτελείται από αδιαίρετες μονάδες, δεν προέρχεται από τα εμπειρικά δεδομένα (αφού αυτά φαίνεται ότι μπορούσαν να υποστηρίξουν και τις δύο καθοδηγητικές υποθέσεις) και, επομένως, ότι οι επιστημονικές θεωρίες δεν προκύπτουν μέσω επαγωγής απευ-

θείας από τα εμπειρικά δεδομένα αλλά εφευρίσκονται, επινοούνται από τους επιστήμονες.

Ο Ehrenhaft ερμηνεύει τα πειραματικά του δεδομένα στη βάση της αρχικής του υπόθεσης, ότι δεν υπάρχει στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο. Όπως αναφέρεται και παραπάνω ο Ehrenhaft ήταν οπαδός της άποψης της συνέχειας για τη δομή της ύλης και όχι του ατομισμού. Αντίθετα ο Millikan προσπαθούσε να παράγει όσο το δυνατόν πιο ακριβή πειραματικά αποτελέσματα που θα επιβεβαίωναν την αρχική του υπόθεση περί ατομισμού για τη φύση του ηλεκτρισμού. Συνεπώς δεν υποστηρίζεται η ιδέα ότι μια υπόθεση απορρίπτεται αν δεν ταιριάζει με τα πειραματικά δεδομένα (Matthews, 1994). Αντίθετα, ο Millikan αντί να απορρίψει την αρχική του υπόθεση εξέταζε πιθανές πηγές σφαλμάτων στη μέθοδο του.

Επίσης η «μάχη για το ηλεκτρόνιο» δείχνει παραδειγματικά ότι οι καθοδηγητικές υποθέσεις οδηγούν το σχεδιασμό του πειράματος, καθορίζουν τη συλλογή των δεδομένων και τέλος την ερμηνεία αυτών. Ο Millikan στεκόταν περισσότερο κριτικά στα δεδομένα εκείνα που δεν ταιριάζαν με την αρχική του υπόθεση παρά σε εκείνα που ήταν αναμενόμενα με βάση αυτή. Επιπρόσθετα βλέπουμε πως οι παρατηρήσεις επιδρούν στην αποδοχή της μιας και μόνο μιας από τις θεωρίες. Έτσι, παραδείγματα από την ιστορία της επιστήμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν την σύνθετη αλληλεπίδραση θεωρίας και παρατήρησης. Ο Clough (2006) υποστηρίζει ότι θα έπρεπε να προσπαθούμε να δείξουμε στους μαθητές ότι «τα δεδομένα δεν λένε στους επιστήμονες τι να σκεφτούν. Αντί αυτού οι επιστήμονες πρέπει να αναπτύξουν ιδέες που θα εξηγήσουν τα δεδομένα» (σελ. 478).

Το τελευταίο κομμάτι έρχεται να υποστηρίξει μια άλλη αρχή της φύσης της επιστήμης με βάση το McComas (2008), ότι *η επιστήμη έχει ένα δημιουργικό περιεχόμενο*. Πράγματι, το συγκεκριμένο πείραμα του Millikan μπόρεσε να συμβάλει στην υπάρχουσα γνώση μας εξαιτίας της ύπαρξης της ηλεκτρονικής θεωρίας η οποία υπέθετε την ύπαρξη του στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου και υπέβαλε την αναγκαιότητα του πειραματικού του καθορισμού. Σύμφωνα με τον Nagel (1961) «είναι απίθανο ότι ο Millikan θα είχε επινοήσει το πείραμα της σταγόνας λαδιού εάν κάποια ατομική θεωρία του ηλεκτρισμού δεν είχε και' αρχήν υποστηρίζει ένα ζήτημα που φάνηκε σημαντικό για τη θεωρία και αν το πείραμα δεν στόχευε στην καθιέρωση αυτής» (σελ.90).

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι χρειάζεται η φαντασία και η δημιουργικότητα του επιστήμονα στη φάση της διατύπωσης των υποθέσεων, του σχεδιασμού ενός πειράματος όπως και στην ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων.

## **Η διδακτική παρέμβαση**

Έχουν επισημανθεί διάφοροι τρόποι εισαγωγής στοιχείων της ιστορίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία τους (Stinner, et al., 2003, Κολιόπουλος, κ.ά., 2005, Σιαμούλης, 2007). Ένας από αυτούς είναι η χρήση επιστημονικών διαμαχών.

Μια σε βάθος συζήτηση σχετική με επιστημονικές διαμάχες μέσα στην τάξη μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση των μαθητών για τις εσωτερικές διεργασίες της επιστήμης και συγκεκριμένα την εισαγωγή μιας νέας θεωρίας και τη σχέση της με το πείραμα (Κίρνης,

2001). Οι Clough & Olson (2004<sup>4</sup>) δημιούργησαν μικρές ιστορίες (short stories), μέσω των οποίων θα μπορούσε να παρουσιαστεί μια διαμάχη πάνω σε ένα επιστημονικό θέμα π.χ. για τον προσδιορισμό της δομής του DNA. Κάθε ιστορία είχε σαν στόχο να διδάξει επιστημονικό περιεχόμενο και να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα την προσωπική και επαγγελματική ζωή του επιστήμονα και το πώς αυτός 'κάνει αυθεντική' επιστήμη. Σύμφωνα με τους ερευνητές οι μαθητές εξετάζοντας τα στοιχεία και τα επιχειρήματα που εκφράζονται από τους επιστήμονες είναι περισσότερο πιθανό να καταλάβουν μια θεμελιώδη επιστημονική ιδέα και το πώς η επιστήμη 'δουλεύει'. Οι Stinner & Teichmann, (2003) έχουν χρησιμοποιήσει θεατρικές διασκευές για να παρουσιάσουν διαμάχες όπως 'Κοπέρνικος και Αριστοτελικό', 'ο Newton συζητά τη φύση του φωτός με τον Robert Hooke'. Αυτοί πιστεύουν ότι οι νέες επιστημονικές ιδέες γίνονται περισσότερο προσιτές μέσω ενός θεατρικού έργου.

Με βάση το διδακτικό μοντέλο που προτείνουν οι Monk & Osborne (1997), αποφασίσαμε να μετασχηματίσουμε τις βασικές ιδέες για τη σχέση του ιστορικού γεγονότος της διαμάχης Millikan-Ehrenhaft με την ανάδειξη χαρακτηριστικών της φύσης της επιστήμης σε μια διδακτική ακολουθία η οποία θα αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις.

*Πρώτη φάση:* Παρουσίαση από τον εκπαιδευτικό του επιστημονικού προβλήματος της κβάντωσης του ηλεκτρικού φορτίου με τρόπο που να ενδιαφέρει τους μαθητές και με στόχο να οικειοποιηθούν το πρόβλημα.

*Δεύτερη φάση:* Διατύπωση εκ μέρους των μαθητών υποθέσεων σχετικά με την επίλυση του προβλήματος και καταγραφή τους από τον εκπαιδευτικό. Έμφαση δίδεται στις επιστημονικές διαδικασίες στις οποίες αναφέρονται οι μαθητές όταν προσπαθούν να διατυπώσουν αντιλήψεις σχετικές με το εννοιολογικό πλαίσιο του προβλήματος.

*Τρίτη φάση:* Εισαγωγή από τον εκπαιδευτικό της ιστορικής διάστασης του επιστημονικού προβλήματος (προσέγγιση Millikan, προσέγγιση Ehrenhaft, πείραμα, περιγραφικά στοιχεία διαμάχης). Συζήτηση των διαφορών ανάμεσα στις διαδικασίες που πρότειναν οι μαθητές και οι ερευνητές. Διάφοροι ερευνητές (Holton, 1978, σελ. 28, Niaz, 1999) υποστηρίζουν ότι το πείραμα της σταγόνας λαδιού του Millikan είναι ακόμη και σήμερα ένα από τα δυσκολότερα πειράματα που γίνονται σε επίπεδο προπτυχιακών φοιτητών. Η δυσκολία του έγκειται στο ότι υπεισέρχονται πάρα πολλοί αστάθμητοι παράγοντες με αποτέλεσμα οι μετρήσεις που παίρνονται να μην είναι ακριβείς. Για τους παραπάνω λόγους οι μαθητές δεν θα πραγματοποιήσουν το πείραμα, αλλά θα γίνει σε αυτούς η παρουσίασή του.

*Τέταρτη φάση:* Επεξεργασία εκ μέρους ομάδων μαθητών πειραματικών δεδομένων που ελήφθησαν από τους δύο ερευνητές και ερμηνειών τους. Θα αναδειχθούν έτσι οι δύο διαφορετικοί τρόποι ανάγνωσης των δεδομένων αυτών και θα αναδειχθούν τα επιχειρήματα υπέρ της μιας ή της άλλης ανάγνωσης. Η μορφή της παρέμβασης για την ανάδειξη των επιχειρημάτων μπορεί να έχει τη μορφή ανταλλαγής επιχειρημάτων ανάμεσα σε ομάδες μαθητών, παιχνιδιού ρόλων ή μέσω μικρών ιστοριών (short stories) που θα ακολουθούνται από ερωτήσεις.

<sup>4</sup> Το κείμενο αυτό δημοσιεύεται στον παρόντα τόμο με τίτλο «Η φύση της επιστήμης: πάντοτε στον περίγυρο της επιστήμης».

*Πέμπτη φάση.* Συζήτηση σχετικά με τη φύση της διαμάχης Millikan – Ehrenhaft και την κατάληξή της (αποδοχή της άποψης Millikan). Η συζήτηση θα επικεντρωθεί κυρίως στις τρεις θέσεις για τη φύση της επιστήμης που επισημάνθηκαν στην προηγούμενη ενότητα:

- οι φυσικές επιστήμες αναζητούν, παράγουν και εξαρτώνται από εμπειρικά δεδομένα
- η επιστήμη έχει ένα υποκειμενικό περιεχόμενο
- η επιστήμη έχει ένα δημιουργικό περιεχόμενο

*Έκτη φάση.* Αξιολόγηση των μαθητών τόσο στο εννοιολογικό επίπεδο (σχετικό με το επιστημονικό πρόβλημα) όσο και για τις ιδέες τους σχετικά με τα χαρακτηριστικά της φύσης της επιστήμης.

Ο μετασχηματισμός των φάσεων αυτών σε λειτουργική ακολουθία διδακτικών εννοιών, η εφαρμογή της ακολουθίας αυτής σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και η αξιολόγηση της γνωστικής προόδου των μαθητών αποτελούν μέρος ευρύτερης έρευνας η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη.

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665-701.
- Clough, M.P. (2003). Explicit but insufficient: Additional considerations for successful NOS Instruction. Paper presented at the annual meeting of the Association for the Education of Teachers, St. Louis, MO.
- Clough, M.P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education* 15(5), 463-494.
- Clough, M.P., & Olson, J.K. (2004). The nature of science: always part of the science story. *The Science Teacher* 71(9), 28-31.
- Ehrenhaft, F. (1902). Kolloidale metalle. *Anzeiger Akad. Wiss. (Vienna)*, 18, 241-243.
- Holton, G. (1978). *The scientific imagination: case studies*, Cambridge University Press, Cambridge
- Irwin AR (2000) Historical case studies: teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26
- Kipnis, N. (2001). Scientific Controversies in Teaching Science: The Case of Volta. *Science & Education*, 10, 33-49
- Klopfer, L.E. (1969). The teaching of science and the history of science. *Journal of Research in Science teaching*, 6, 87-97
- Kolstø, S.D. (2008). Science education for democratic citizenship through the use of the history of science. *Science & Education*, υπό δημοσίευση.
- Κολιόπουλος, Δ., Δόσης, Σ. & Σταμούλης, Ε. (2005). Η χρήση κειμένων από την ιστορία των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία: εφαρμογές στα πλαίσια της “καινοτομικής” και της “εποικοδομητικής” αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα φυσικών

- επιστημών, στο Σκορδούλης, Κ., & Νικολαΐδης, Ε., (Επιμ.) *Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, πρακτικά 3<sup>ου</sup> Παν. Συνεδρίου, Αθήνα, 192-198.
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching, The role of history and philosophy of science*. Routledge, New York
- McComas, W.F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2).
- Millikan, R.A. (1910). A new modification of the cloud method of determining the elementary electrical charge and the most probable value of that charge. *Philosophical Magazine*, 19, 209-228.
- Millikan, R.A. (1911). The isolation of an ion, a precision measurement of its charge, and the correction of Stokes's law. *Physical Review*, 32(4), 349-397.
- Millikan, R.A. (1913). On the elementary electrical charge and the Avogadro constant. *Physical Review (ser. 2)*, 2, 109-143.
- Millikan, R.A. (1916). The existence of a subelectron? *Physical Review*, 8, 595-625.
- Millikan, R.A. (1947). *Electrons (+ and -), protons, photons, neutrons, mesotrons, and Cosmic rays (2<sup>nd</sup> ed.)*. Chicago: University of Chicago Press. (Original work published 1935).
- Millikan, R.A. (1950). *The autobiography of Robert A. Millikan*. Englewood Cliffs, NJ Prentice-Hall, Inc.
- Monk, M. & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development for pedagogy. *Science Education* 81(4), 405-424
- Nagel, E. (1961). *The structure of science*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Niaz, M. (2000). The oil Drop Experiment: A rational Reconstruction of the Millikan Ehrenhaft Controversy and Its Implications for Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science teaching*, 37(5), 480-508.
- Ryder, J., Leach, J., & Driver, R. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science teaching*, 36, 201-220.
- Shamos, M.H. (1987). *Great experiment in physics*. Dover Publications, Inc., New York.
- Stinner, A. & Teichmann, J. (2003). Lord Kelvin and the Age-of-the-Earth Debate: A Dramatization. *Science & Education*, 12, 213-228.
- Stinner, A., McMillan, B., Metz, D., Jilek, J. & Klassen, S. (2003). The Renewal of Case Studies in Science Education. *Science & Education*, 12(7), 617-643.
- Σταθοπούλου, Χ. Β. & Πατάπης Σ.Κ. (1998). Διδάσκοντας Φυσική και περί της Φυσικής μέσα από το σημειωματάριο του Millikan. Στο Π. Κουμαράς, Π. Καρυωτογλου, Β. Τσελέφης, & Δ. Ψύλλος, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο: Διδακτική των φυσικών επιστημών και των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Πρακτικά (σ. 447-455). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Επιστημονικών Βιβλίων Κ. Χριστοδουλίδη.
- Σταμούλης, Ε. (2007). Στρατηγικές για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με την εισαγωγή στοιχείων από την ιστορία και φιλοσοφία των φυσικών επιστημών, στο Κολιόπουλος, Δ. (Επιμ.) *Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, πρακτικά 4<sup>ου</sup> Παν. Συνεδρίου, Πάτρα, 265-278.

# Η Φύση της Επιστήμης: πάντοτε στον περίγυρο της επιστήμης

**Michael P. Clough & Joanne K. Olson**

*Iowa State University*

---

## Εισαγωγή

Η ακριβής περιγραφή της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ) - τι είναι η επιστήμη και πώς λειτουργεί - είναι συννηθισμένη στα περισσότερα κείμενα που αναφέρονται στα πρότυπα (standards) για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (McComas & Olson 1998), συμπεριλαμβανομένων των Εθνικών Προτύπων Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 1996) και του Φυσικές Επιστήμες για Όλους τους Αμερικανούς (AAAS, 1989). Η κατανόηση της λειτουργίας των φυσικών επιστημών είναι κρίσιμος τομέας του επιστημονικού αλφαριθμητισμού επειδή θέματα που αναφέρονται στο τι είναι επιστήμη, πώς η επιστημονική γνώση γίνεται αποδεκτή και τι η επιστήμη μπορεί ή δεν μπορεί να κάνει είναι στενά συνδεδεμένα με τις πολιτικές αποφάσεις. Εσφαλμένες ιδέες για τις επιστήμες πιθανόν να επηρεάσουν τη στάση των μαθητών απέναντι σε αυτές και τη μάθηση στα μαθήματα των φυσικών επιστημών.

Τα μαθήματα των φυσικών επιστημών στις Ηνωμένες Πολιτείες έχουν περιγραφεί σαν να έχουν «ένα μίλι πλάτος και μια ίντσα βάθος» (Schmidt et al. 1999). Έτσι η ΦτΕ ίσως απλά να αντιμετωπιστεί σαν ένα ακόμη γνωστικό αντικείμενο που προστίθεται σε ένα ήδη παραφορτωμένο πρόγραμμα σπουδών. Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί των επιστημών και τα προγράμματα διδάσκουν τους μαθητές για τη ΦτΕ είτε το επιθυμούν είτε όχι. Μερικοί από τους τρόπους με τους οποίους μεταφέρονται στους μαθητές εσφαλμένες αντιλήψεις για τη ΦτΕ, είναι:

- η γλώσσα που οι εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών χρησιμοποιούν, όταν διδάσκουν επιστημονικές έννοιες
- η δομή τύπου οδηγού μαγειρικής πολλών εργαστηριακών δραστηριοτήτων, που μεταφέρουν εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με τις διαδικασίες της επιστήμης

- βιβλία που παρουσιάζουν τα τελικά προϊόντα της επιστημονικής προσπάθειας χωρίς να αναφέρονται στην ανάπτυξη αυτής της γνώσης
- συνήθειες στρατηγικές αξιολόγησης που δίνουν έμφαση στο λεξιλόγιο και την τυπική μορφή των τελικών συμπερασμάτων της επιστήμης

Εφόσον μηνύματα σχετικά με τη ΦτΕ περιέχονται έμμεσα και άμεσα σε όλα τα μαθήματα φυσικών επιστημών, το ζήτημα δεν είναι κατά πόσον ένα μάθημα θα έπρεπε να περιέχει τη ΦτΕ, αλλά ποια εικόνα για την επιστήμη μεταφέρεται στους μαθητές. Ευτυχώς, πολλές στρατηγικές είναι διαθέσιμες στους εκπαιδευτικούς ώστε να μεταφέρουν μια ακριβή περιγραφή της ΦτΕ.

## Ειδικές στρατηγικές

### *Εισαγωγίας τη ΦτΕ*

Μια δραστηριότητα με ανταλλαγή καρτών, που εισάγει τους μαθητές στη ΦτΕ ενώ προσφέρει συγχρόνως στον εκπαιδευτικό σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο σκέψης των μαθητών, έχει προταθεί από τους Cobern & Loving (1998). Σε αυτή τη δραστηριότητα, στους μαθητές μοιράζονται κάρτες που περιγράφουν διαφορετικές απόψεις για τους επιστήμονες και τη λειτουργία της επιστήμης (π.χ., «η επιστημονική γνώση είναι πολύ πιο πολύτιμη από κάθε άλλου είδους γνώση» ή «η σωστή επιστήμη αρχίζει πάντα με παρατηρήσεις»), τις οποίες πρέπει να κατατάξουν και να ανταλλάξουν σε μια προσπάθεια να αποκτήσουν ένα σύνολο που θα αναπαριστά καλύτερα τις δικές τους απόψεις για τη ΦτΕ. Η δραστηριότητα αυτή όχι μόνον κάνει τους μαθητές να σκεφτούν για τις απόψεις τους σε αυτά τα ζητήματα, αλλά και ανοίγει στους εκπαιδευτικούς ένα παράθυρο στον τρόπο σκέψης των μαθητών τους. Γνωρίζοντας τις αντιλήψεις των μαθητών, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν δραστηριότητες που σχετίζονται με τις παρανοήσεις των μαθητών τους για τη ΦτΕ.

Οι δραστηριότητες επίλυσης γρίφων (Clough, 1997) – όπου οι εκπαιδευτικοί βάζουν τους μαθητές να επιλύουν σπαζοκεφαλιές και μετά μελετούν γιατί αυτή η επίλυση έχει αρκετά κοινά σημεία με τον τρόπο που λειτουργεί η επιστήμη – μπορούν να προκαλέσουν τους μαθητές να σκεφτούν και να τους προσφέρουν μια πιο ακριβή κατανόηση της λειτουργίας της επιστήμης. Άλλες δραστηριότητες περιέχουν ποικίλες παραλλαγές της συνηθισμένης δραστηριότητας του «μαύρου κουτιού», στην οποία οι μαθητές εξερευνούν ένα σύστημα (όπως ένα σφραγισμένο κουτί που περιέχει συνηθισμένα αντικείμενα, ή ένα σφραγισμένο σωλήνα με προεξέχοντα σχοινιά, δεξ Lederman & Abd-El Khalick, 1998) και προσπαθούν να ανακαλύψουν πώς λειτουργεί, χωρίς ποτέ να μπορούν να δουν το εσωτερικό.

Οι διαφορετικές εικόνες είναι ένας ελκυστικός τρόπος που βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν ότι οι παρατηρήσεις εξαρτώνται από την πρότερη γνώση και δεν είναι αντικειμενικές (Michaels & Bell, 2003). Παραδείγματα περιλαμβάνουν οι δημοφιλείς εικόνες γηραιάς/νέας κυρίας και λαγού/πάπιας, γεωμετρικές εικόνες που εξαπατούν το μυαλό και πολλά από τα σχέδια του M.C. Escher ([home.comcast.net/~davemc0/Escher](http://home.comcast.net/~davemc0/Escher)). Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν πώς μπορούν να οικοδομηθούν διαφορετικές ερμηνείες από τα ίδια δεδομένα. Δραστηριότητες που απαιτούν να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές περιο-



ρισμένο αριθμό δεδομένων και να εξαγουν συμπεράσματα (McComas, 2004) είναι εξαιρετικοί τρόποι για να αρχίσει κάποιος να περιγράφει με ακρίβεια τη ΦτΕ στους μαθητές.

#### *Η σπουδαιότητα της γλώσσας*

Καθώς διδάσκονται επιστημονικές έννοιες κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, η ακριβής περιγραφή της ΦτΕ μπορεί να επιτευχθεί με αρκετούς τρόπους (Clough 1997, 2004). Η διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών με ένα τρόπο συμβατό με τη ΦτΕ απαιτεί να χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί προσεκτικά τη γλώσσα όταν διδάσκουν φυσικές επιστήμες. Λέξεις όπως νόμος, θεωρία, απόδειξη και αλήθεια θα πρέπει να χρησιμοποιούνται προσεκτικά και οι μαθητές θα πρέπει να έχουν πλήρη επίγνωση της σπουδαιότητας του νοήματος αυτών των λέξεων. Δηλώσεις όπως «Τι μας λένε τα δεδομένα;» ή «τι δείχνουν τα δεδομένα;» περιγράφουν εσφαλμένα τη ΦτΕ επειδή τα δεδομένα δεν λένε στους επιστήμονες τι να σκεφτούν. Προσκομίζοντας στοιχεία για επιστημονικές ιδέες, η ΦτΕ μπορεί αθόρυβα να ενσωματωθεί επισημαίνοντας στους μαθητές ότι τα δεδομένα δεν λένε στους επιστήμονες τι να σκεφτούν. Αντί αυτού, οι επιστήμονες συνήθως ρωτούν, «Τι ιδέες μπορούν να προταθούν για να ερμηνεύσουν τα δεδομένα;» Αυτή η ανεπαίσθητη αλλά ενδιαφέρουσα αλλαγή στη γλώσσα δημιουργεί ευκαιρίες για να τεθούν γόνιμες ερωτήσεις όπως «Πώς η ανάγκη για την κατανόηση των δεδομένων ερμηνεύει τις διαφωνίες μεταξύ των επιστημόνων και τον δημιουργικό χαρακτήρα της επιστήμης;»

#### *Εργαστηριακές δραστηριότητες*

Αν και οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται τα εργαστήρια σαν ένα τρόπο να ζωντανέψουν την επιστήμη, πολλές εργαστηριακές δραστηριότητες διαστρεβλώνουν την ΦτΕ και ενισχύουν τις παρανοήσεις των μαθητών. Οι εργαστηριακές εμπειρίες τύπου οδηγού μαγειρικής αφήνουν να εννοηθεί ότι οι επιστήμονες είναι απόλυτα αντικειμενικοί, ότι ακολουθούν προδιαγεγραμμένα βήματα στην έρευνά τους και ότι τα συμπεράσματά τους προκύπτουν εμφανώς από τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί. Οι τυπικές εργαστηριακές οδηγίες δίνουν την εντύπωση μιας επιστημονικής μεθόδου με συγκεκριμένα βήματα η οποία δεν απαιτεί δημιουργικότητα. Τέτοιες εργαστηριακές δραστηριότητες διδάσκουν εσφαλμένα στους μαθητές ότι ακολουθώντας προσεκτικά κάποιες τυπικές διαδικασίες προκύπτει βέβαιη επιστημονική γνώση. Αντί για αυτό, η χρήση καλοσχεδιασμένων διερευνητικών εργαστηριακών δραστηριοτήτων τραβά ξεκάθαρα την προσοχή των μαθητών σε σημαντικά ζητήματα της ΦτΕ, καθώς αναλύουν πειραματικές διαδικασίες, ερμηνεύουν δεδομένα, δημιουργούν διαδικασίες και διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα. Κατά την διάρκεια τέτοιων δραστηριοτήτων, ρητά διατυπωμένες ερωτήσεις και ιδέες βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν τη δημιουργική πλευρά της επιστήμης, ότι τα δεδομένα δεν «μιλούν» από μόνα τους και ότι πρέπει να κατανοηθούν υπό το φως άλλων γνώσεων, ότι είναι αδύνατο η απόλυτη αντικειμενικότητα, ότι είναι ανέφικτη μια καθολική μέθοδος με συγκεκριμένα βήματα και άλλες σημαντικές ιδέες για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη.

#### *Διδακτικά βιβλία φυσικών επιστημών και ΦτΕ*

Τα διδακτικά βιβλία είναι γνωστό ότι υποβαθμίζουν τη συμβολή των επιστημόνων στην έρευνα, αποστειρώνοντας τις διαδικασίες που τελικά καταλήγουν στην επιστημονική

γνώση και περιγράφουν την επιστήμη απλά σαν ένα μακροσκελή κατάλογο συμπερασμάτων. Στα ελάχιστα σημεία που τα σχολικά βιβλία αναφέρουν επιστήμονες, η επιστημονική διαδικασία εμφανίζεται αποστειρωμένη με δηλώσεις του τύπου: «Το 1953 οι Watson, Crick, και Wilkins ανακάλυψαν την δομή του DNA και το 1962 τους απονεμήθηκε το Βραβείο Nobel.» Τέτοιες εκφράσεις διαστρεβλώνουν σοβαρά τη ΦτΕ :

- αγνοώντας τον κρίσιμο ρόλο της Rosalind Franklin και άλλων σε αυτό το κατόρθωμα
- αγνοώντας εναλλακτικές ιδέες που τους είχε δοθεί μεγάλη προσοχή (τριπλές έλικες και δεσμούς υδρογόνου μεταξύ ζευγών όμοιων αζωτούχων βάσεων) αλλά αργότερα εγκαταλειφθήκαν, και
- αφήνοντας να εννοηθεί με τη λέξη ανακάλυψαν ότι η δομή βρέθηκε παρά δημιουργήθηκε για να ερμηνεύσει τα δεδομένα που ήταν συχνά πολύ δύσκολο να ερμηνευθούν.

Μια πολύτιμη στρατηγική που μπορεί να εφαρμοστεί περιοδικά κατά την διάρκεια της σχολικής χρονιάς είναι η κριτική ανάλυση από τους μαθητές των σχολικών βιβλίων σχετικά με την περιγραφή της ΦτΕ. Οι μαθητές μπορούν να διακρίνουν, πώς το γραπτό υλικό διαστρεβλώνει ή αγνοεί:

- την έννοια των λέξεων όπως νόμος, υπόθεση, θεωρία και απόδειξη,
- την ανθρώπινη πλευρά της επιστήμης,
- τις υποθέσεις πάνω στις οποίες βασίζεται η επιστημονική γνώση,
- τις δυσκολίες στην έρευνα συμπεριλαμβάνοντας την κατανόηση των δεδομένων και
- τη δικαιολόγηση των συμπερασμάτων.

### *Αξιολόγηση*

Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να εξασφαλίσουν ότι οι επίσημες γραπτές δοκιμασίες, οι εργαστηριακές εκθέσεις και άλλες εργασίες δίνουν έμφαση στη ΦτΕ. Για παράδειγμα, σε ένα διαγώνισμα Χημείας οι μαθητές μπορούν να αναφερθούν σε μια προηγούμενη εργαστηριακή δραστηριότητα σχετικά με το είδος των ουσιών ή των προϊόντων που προκύπτουν όταν αντιδρούν το  $\text{NaHCO}_3$  (υ) και το  $\text{CaCl}_2$  (υ) (Clough & Clark, 1994) και να ερωτηθούν πώς η δραστηριότητα περιγράφει με ακρίβεια και χωρίς ακρίβεια τη ΦτΕ. Σε ένα διαγώνισμα Βιολογίας οι μαθητές πιθανόν να αναφερθούν στο πειραματικό έργο που έγινε στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα σχετικά με την ταυτοποίηση του DNA ως γενεϊκού υλικού, την αντίσταση που πρόβαλαν κάποιοι επιστήμονες στην αποδοχή αυτής της ερμηνείας και του τι δείχνει αυτό το γεγονός για την ΦτΕ. Το σημαντικό μήνυμα εδώ είναι ότι μια ακριβής ιστορική περιγραφή της ΦτΕ μπορεί να παρουσιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τις επιστημονικές έννοιες.

### *Οι διαδικασίες της επιστήμης*

Οι στρατηγικές, που μόλις αναφέραμε, είναι κρίσιμες σε σχέση με την διδασκαλία σημαντικών ιδεών της ΦτΕ. Ωστόσο, οι μαθητές μπορεί να παραμένουν προσκολλημένοι στις παρανοήσεις τους υποτιμώντας αυτές τις προσπάθειες, ισχυριζόμενοι πώς ότι έχει γίνει στην τάξη (π.χ. η δραστηριότητα του μαύρου κουτιού) δεν είναι αυτό που κάνουν οι αληθινοί επιστήμονες. Όπως χρησιμοποιούνται πολλές φορές από τους εκπαιδευτικούς πρακτικές δραστηριότητες

σαν αποδεικτικά στοιχεία για να πεισθούν οι μαθητές για τις επιστημονικές έννοιες, παρόμοια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ιστορικά και σύγχρονα επεισόδια της επιστήμης σαν αποδεικτικά στοιχεία ώστε να πεισθούν οι μαθητές και για πιο ακριβείς ιδέες της ΦτΕ.

Υπάρχουν πολλά αναγνώσματα που στοχεύουν ευθέως στην ακριβή περιγραφή της ΦτΕ. Για παράδειγμα, σε ένα κατάλληλο χρόνο κατά την διάρκεια του μαθήματος, οι μαθητές μπορούν να διαβάσουν κομμάτια του κειμένου του Peter Medawar (1963) «Είναι οι επιστημονικές δημοσιεύσεις μια απάτη;». Ο Medawar εξηγεί ότι ο συστηματικός τρόπος με τον οποίο παρουσιάζονται οι έρευνες στις εφημερίδες, διαστρεβλώνει τον τρόπο που η επιστημονική έρευνα διεξάγεται στην πραγματικότητα. Κατά την προβολή επιστημονικών ταινιών, οι εκπαιδευτικοί μπορούν με ερωτήσεις να τονίσουν εκείνα τα ζητήματα που τραβούν με σαφήνεια την προσοχή των μαθητών σε σημαντικά σημεία της ΦτΕ. Για παράδειγμα, προβάλλοντας μια βιντεοταινία για τη γενετική, τη γενετική μηχανική και τις συνέπειες για την κοινωνία, όπου ένας επιστήμονας παρομοιάζει την λειτουργία της επιστήμης με τη σύνθεση μουσικής, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να σταματήσουν την ταινία και να ρωτήσουν, «Πώς η επιστημονική δραστηριότητα μοιάζει με τη σύνθεση μουσικής;» και μπορούν να συνεχίσουν τη συζήτηση «Ποιες είναι οι διαφορές της επιστημονικής δραστηριότητας από τη σύνθεση μουσικής;».

Στοιχεία σχετικά με την λειτουργία της επιστήμης υπάρχουν διαθέσιμα σε ιστορικά και σύγχρονα παραδείγματα συνδεδεμένα με τις θεμελιώδεις επιστημονικές ιδέες που διδάσκονται στα διάφορα γνωστικά αντικείμενα. Τέτοια παραδείγματα (Abd-El-Khalick, 1999, Clough, 1997, 2004, Conant, 1957, Hagen, Allchin, & Singer, 1996, Klopfer & Cooley, 1963, Matthews, 1994) παρουσιάζουν τις σύνθετες καταστάσεις και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες κατασκευάζοντας ιδέες και προοδρίζοντας το πόσο καλά ταιριάζουν με τα εμπειρικά στοιχεία. Τμήματα των παρακάτω έργων ίσως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου και της λειτουργίας της επιστήμης από τους μαθητές: Η διπλή έλικα (Watson, 1968) στη διδασκαλία της γενετικής, Μια Επανάσταση στις Επιστήμες της Γης (Hallam, 1973) ερευνώντας την μετακίνηση των ηπείρων και των τεκτονικών πλακών, Ο Μεγάλος Παφλασμός (Frank, 1990) μελετώντας την προέλευση του νερού της Γης, Διακρίνοντας τα Άτομα (Trefil, 1990), Για Πρώτη Φορά Μπορείς να Δεις τα Άτομα (Hoffmann, 1993) μελετώντας την ατομική θεωρία και Καρφώνοντας την Βαρύτητα (Folger, 2003). Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται αποσπάσματα από μια σύντομη ιστορία που αναπτύξαμε για να δείξουμε με ποιον τρόπο οι λέξεις των επιστημόνων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως στοιχεία για σημαντικές ιδέες της ΦτΕ και πώς έχουν τοποθετηθεί ερωτήσεις σε στρατηγικά σημεία ώστε να τραβήξουν την προσοχή των μαθητών σε τέτοιες ιδέες. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να ενσωματώσουν αυτές τις ιστορίες παράλληλα με την εισαγωγή του επιστημονικού περιεχομένου ή να παρουσιάσουν τον τρόπο με τον οποίο τα διδακτικά βιβλία διαστρεβλώνουν την λειτουργία της επιστήμης. Η ενσωμάτωση των προσωπικών σκέψεων των επιστημόνων εξανθρωπίζει τις φυσικές επιστήμες και την αντίστοιχη εκπαίδευση, επειδή παρουσιάζει τους επιστήμονες σαν καθημερινούς ανθρώπους - με κίνητρα, προκαταλήψεις, χιούμορ και αμφιβολίες - μια άποψη που δεν τη συμμερίζονται πάντα οι μαθητές.

Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να παίξουν ένα ενεργό ρόλο θέτοντας ερωτήσεις σε στρατηγικά

σημεία για να τραβήξουν την προσοχή των μαθητών στις ιδέες για την ΦτΕ. Ακριβώς όπως οι μαθητές οπάνια αναπτύσσουν ακριβείς επιστημονικές ιδέες μόνο από πρακτικές δραστηριότητες, έτσι δεν θα μάθουν ακριβείς ιδέες για τη ΦτΕ κάνοντας απλά πρακτικές δραστηριότητες ή διαβάζοντας/ παρακολουθώντας ιστορικές και σύγχρονες παρουσιάσεις της επιστήμης σε δράση. Παρόλο που η ιστορία της επιστήμης και τα σύγχρονα παραδείγματα βοηθούν να δημιουργηθεί μια αξιόπιστη εικόνα για τις ιδέες της ΦτΕ, οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν τον απαιτούμενο χρόνο για να ψάξουν στη βιβλιογραφία και να δημιουργήσουν ακριβείς ιστορίες για τον τρόπο με τον οποίο οι θεμελιώδεις επιστημονικές ιδέες έγιναν αποδεκτές. Γι' αυτό το λόγο, εργαζόμαστε με ιστορικούς της επιστήμης, επιστήμονες και εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ώστε να αναπτύξουμε σύντομες ιστορίες σχετικά με ιστορικά και σύγχρονα επεισόδια συνδεδεμένα με θεμελιώδεις επιστημονικές ιδέες που διδάσκονται στη Βιολογία, στη Χημεία, στη Φυσική και στη Γεωλογία. Ένα παράδειγμα τέτοιων ιστοριών παρουσιάζεται στον πίνακα 1 που ακολουθεί. Οι εκπαιδευτικοί που ενδιαφέρονται να εφαρμόσουν τέτοιες πλήρεις σύντομες ιστορίες στις τάξεις τους και να παρέχουν ανατροφοδότηση προτιρόνται να έρθουν σε επαφή με τους συγγραφείς αυτού του κειμένου.

*Κατά τη δεκαετία του 1940 οι πιο πολλοί επιστήμονες πίστευαν πως το γενετικό υλικό θα ήταν φτιαγμένο από πρωτεΐνες. Αρκετές αποδείξεις ενίσχυαν αυτή την υπόθεση.... Παρόλα αυτά, η εργασία των Avery, MacLeod και McCarty το 1944 ερμηνεύτηκε από πολλούς επιστήμονες να δηλώνει ότι το δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA), και όχι οι πρωτεΐνες, ήταν το γενετικό υλικό... Όμως δεν συμφωνούσαν όλοι οι επιστήμονες με αυτήν την ερμηνεία των στοιχείων:*

*«Βεβαίως, υπήρχαν επιστήμονες που πίστευαν ότι τα στοιχεία υπέρ του DNA δεν ήταν οριστικά και προτιμούσαν να πιστεύουν ότι τα γονίδια ήταν μόρια πρωτεϊνών. Ο Francis (Crick) παρόλα αυτά δεν ανησυχούσε για αυτούς τους σκεπτικιστές. Πολλοί ήταν εριστικοί ανόητοι που διαρκώς πόνταραν σε λάθος άλογα. Κανείς δεν θα μπορούσε να είναι επιτυχημένος επιστήμονας εάν δεν συνειδητοποιούσε ότι, σε αντίθεση με τη κοινή αντίληψη που υποστηρίζονταν από τις εφημερίδες και τις μητέρες των επιστημόνων, ένας μεγάλος αριθμός επιστημόνων ήταν όχι μόνο στενόμυαλοι και πληκτικοί, αλλά και απλώς ανόητοι» (Watson 1968, σελ. 13).*

*Ωστόσο, ο Watson παραδέχτηκε πως χρειαζόταν περαιτέρω πειραματικό έργο για να δείχθει ότι όλα τα γονίδια αποτελούνταν από DNA. Επιπλέον στοιχεία για το γεγονός ότι το DNA ήταν το γενετικό υλικό ανακοινώθηκαν από τους Hershey και Chase το 1952... Παρόλα αυτά, ο Watson και ο Crick (και άλλοι επιστήμονες) είχαν ήδη εμπλακεί σε προσπάθειες να προσδιορίσουν τη δομή του DNA πριν την ανακοίνωση αυτής της εργασίας, έχοντας τη βεβαιότητα ότι αυτό ήταν το γενετικό υλικό.*

***Ερώτηση: Τι υποδηλώνει αυτή η διαφωνία μεταξύ των επιστημόνων για την ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων; Τι δείχνει για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί η επιστήμη;***

Ο Watson αφιέρωσε πολύ χρόνο προσπαθώντας να βρει μια λειτουργική δίκλωνη δομή του DNA όπου κάθε υπομονάδα συνδέονταν με μια όμοια της (π.χ. κυτοσίνη συνδεδεμένη με γουανίνη, γουανίνη συνδεδεμένη με γουανίνη, θυμίνη συνδεδεμένη με θυμίνη και αδενίνη συνδεδεμένη με αδενίνη). Ωστόσο, παραδέχτηκε πως η διαφορά μεγέθους ανάμεσα στις πυριμιδίνες και στις πουρίνες σήμαινε πως ο σκελετός των σακχάρων και των φωσφορικών οξέων θα είχε ασύμμετρο πλάτος. Ο Crick επίσης παρατήρησε πως η ιδέα του Watson για τη σύνδεση μεταξύ όμοιων υπομονάδων δεν ικανοποιούσε τον κανόνα του Chargaff (το ποσό της αδενίνης σε έναν οργανισμό ισούται με το ποσό της θυμίνης και το ποσό της κυτοσίνης ισούται με το ποσό της γουανίνης). Έχει ενδιαφέρον ότι ο Watson ισχυριζόταν ότι δεν είχε πολύ εμπιστοσύνη στην πειραματική δουλειά του Chargaff (Watson 1968, σελ. 112). Ενώ ο Watson συνέχισε τη δουλειά του με την ιδέα της σύνδεσης των όμοιων υπομονάδων, άρχισε τελικά να διερευνά και άλλες πιθανότητες.

**Ερώτηση:** Σημειώστε ότι ο Watson δεν απέρριψε εύκολα την αρχική του ιδέα παρά τα στοιχεία εναντίον της. Γιατί συνέβη αυτό με τον Watson, ή οποιονδήποτε άλλο επιστήμονα; Τι δείχνει για την αντικειμενικότητα του κάθε επιστήμονα;

Αργότερα, καθώς ο Watson δοκίμαζε διαφορετικούς συνδυασμούς από ζευγάρια πυριμιδινών και πουρινών, συνειδητοποίησε πως ένα ζευγάρι αδενίνης - θυμίνης ήταν πανομοιότυπο στο σχήμα με ένα ζευγάρι γουανίνης - κυτοσίνης. Ο ίδιος γράφει: «το ηθικό μου εκτοξεύτηκε γιατί υποψιάστηκα πως τώρα είχαμε την απάντηση στο αίνιγμα του γιατί ο αριθμός των πουρινικών καταλοίπων ήταν ακριβώς ίσος με τον αριθμό των πυριμιδινικών καταλοίπων. Ο κανόνας του Chargaff τότε αναδείχτηκε ξαφνικά ως συνέπεια της δομής της διπλής έλικας του DNA» (Watson 1968, σελ. 114).

**Ερώτηση:** Πρωτίτερα ο Watson μίλησε υποτιμητικά για τους επιστήμονες που δεν δέχονταν τα αποδεικτικά στοιχεία ότι το DNA ήταν το γενετικό υλικό. Ωστόσο, ο Watson δεν αποδεχόταν τα πειραματικά στοιχεία του Chargaff. Γιατί νομίζετε ότι ο Watson άλλαξε γνώμη για τη δουλειά του Chargaff; Πώς δείχνει αυτή η ιστορία ότι τα επιστημονικά δεδομένα δεν υποδεικνύουν στους επιστήμονες στο τι να σκεφτούν;

Πίνακας 1: Τρία αποσπάσματα από ένα σύντομο ιστορικό διήγημα.

## Εξιτορώντας την αληθινή ιστορία για την επιστήμη

Επειδή οι εικόνες της ΦτΕ είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το επιστημονικό περιεχόμενο και τον τρόπο με τον οποίο αυτό παρουσιάζεται στους μαθητές, όλοι οι εκπαιδευτικοί και όλα τα μαθήματα των φυσικών επιστημών μεταφέρουν μια ιστορία στους μαθητές σχετικά με το τι είναι επιστήμη, πώς λειτουργεί η επιστήμη καθώς και για άλλα σημαντικά ζητήματα της ΦτΕ. Οι εκπαιδευτικοί δεν διδάσκουν εσκεμμένα εσφαλμένες ιδέες για την ΦτΕ, αλλά επειδή δεν μπορούν να αποφύγουν να τη διδάξουν, είναι σημαντικό να δοθεί οικειοθελώς προσοχή στις στρατηγικές που προτείνονται εδώ. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να είναι σίγουροι ότι οι προσπάθειές τους να βελτιώσουν την κατανόηση της ΦτΕ από τους μαθητές θα είναι στο μέλλον επιτυχής.

### Σημείωση

Το κείμενο αυτό αποτελεί αναθεωρημένη μετάφραση του άρθρου: Clough, M.P. & Olson, J.K. (2004). *The nature of science: always part of the science story*. *The Science Teacher*, 71(9), 28-31.

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F. (1999). Teaching science with history. *The Science Teacher* 66(9): 18–22.
- American Association for the Advancement of Science (1989). Project 2061: Science for All Americans. Washington, DC.: AAAS.
- Clough, M.P. (1997). Strategies and activities for initiating and maintaining pressure on students' naive views concerning the nature of science. *Interchange* 28 (2–3): 191–204.
- Clough, M.P. (2004). The nature of science: Understanding how the “game” of science is played. In *The Game of Science Education*, ed. J. Weld, 198–227. Boston: Allyn and Bacon.
- Clough, M.P., & Clark R.L. (1994). Creative constructivism: challenge your students with an authentic science experience. *The Science Teacher* 61(7): 46–49.
- Cobern, W.W., & Loving C.C. (1998). The card exchange: Introducing the philosophy of science. In *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*, ed. W.F. McComas, 73–82. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Conant, J.B. (1957). *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Cambridge: Harvard University Press: Cambridge.
- Folger, T. (2003). Nailing down gravity: New ideas about the most mysterious power in the universe. *Discover* 24(10): 34–41.
- Frank, L.A. (1990). *The Big Splash*. New York: Birch Lane Press.
- Hagen, J., D. Allchin, & F. Singer. (1996). *Doing Biology*. New York: HarperCollins.

- Hallam, A. (1973). *A Revolution in the Earth Sciences: From Continental Drift to Plate Tectonics*. Oxford: Clarendon Press.
- Hoffmann, R. (1993). For the first time, you can see atoms. *American Scientist* January February:11–12.
- Klopfer, L.E., & Cooley, W.W. (1963). The history of science cases for high schools in the development of student understanding of science and scientists. *Journal of Research in Science Teaching* 1(1): 33–47.
- Lederman, N., & Abd-El-Khalick F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In *The Nature of Science in Science Education: Rationale and Strategies*, ed. W.F. McComas, 83–126. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Matthews, M. (1994). History and philosophy in the classroom: The case of pendulum motion. In *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, ed. M. Matthews, 109–135. New York: Routledge.
- McComas, W.F., & Olson, J.K. (1998). The nature of science in international standards documents. In *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*, ed. W.F. McComas, 41–52. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. (2004). Look before you leap: demonstrating the limits of induction. *The Science Teacher*, 71(9), 62-63.
- Medawar, P.B. (1963). Is the scientific paper a fraud? In *The Threat and the Glory: Reflections on Science and Scientists* (1990), ed. P.B. Medawar, 228–233. New York: HarperCollins.
- Michaels, E., & Bell, R. (2003). The nature of science and perceptual frameworks. *The Science Teacher* 70(8): 36–39.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC.: National Academy Press.
- Schmidt, W., McKnight, C. Cogan, L. Jakwerth, P.& Houang R. (1999). *Facing the Consequences: Using TIMSS for a Closer Look at U.S. Mathematics and Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Trefil, J. (1990). Seeing atoms. *Discover* June: 55–60.
- Watson, J.D. (1968). The double helix. In *The Double Helix – Norton Critical Edition*, ed. G.S. Stent, 1–135. New York: Norton.





# Η ανάπτυξη ενός προγράμματος διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης στο πλαίσιο της Βιοτεχνολογίας

Δημήτρης Νοταράς, Αλέξανδρος Αποστόλου,  
Σταύρος Γιαλούμης, Κώστας Καμπουράκης,  
Χρήστος Κουβάτσος & Χρήστος Τσαρτσαράκος

*Εκπαιδευτήρια Γείτονα*

---

## Εισαγωγή

Ένας από τους κεντρικούς στόχους της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι η συμβολή της στη δημιουργία “επιστημονικά εγγραμμάτων” πολιτών, δηλαδή πολιτών που κατανοούν επαρκώς ορισμένες από τις βασικές έννοιες και αρχές της επιστήμης, μπορούν να διατυπώσουν μια επιστημονική υπόθεση, ανιλαμβάνονται τον τρόπο με τον οποίο οι φυσικές επιστήμες, η τεχνολογία και τα μαθηματικά αλληλεπιδρούν, συνειδητοποιούν ότι αυτά αποτελούν ανθρώπινες δραστηριότητες και συνεπώς έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και μπορούν να χρησιμοποιήσουν την επιστημονική γνώση και σκέψη για προσωπικούς και κοινωνικούς σκοπούς (AAAS, 2002). Με βάση τα παραπάνω αλλά και τις δυνατές εννοιολογικές και μεθοδολογικές συγκροτίσεις που οι μαθητές της βαθμίδας του Λυκείου μπορούν να επιτύχουν, το μάθημα της Τεχνολογίας της Α΄ Λυκείου φαίνεται ότι μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη ορισμένων από τους στόχους του επιστημονικού αλφαριθμητισμού (*scientific literacy*). Για την προώθηση των στόχων αυτών σχεδιάστηκε ένα πρόγραμμα που εντάσσεται στο πλαίσιο της διδασκαλίας του μαθήματος της Τεχνολογίας και το οποίο διαρθρώνεται σε τρεις ενότητες.

## Δομή του προγράμματος

*1<sup>η</sup> Ενότητα: Η Φύση της Επιστήμης*

Η πρώτη ενότητα του προγράμματος αναφερόταν γενικά στη “Φύση της Επιστήμης” και συμπεριέλαβε δραστηριότητες που αφορούσαν την άμεση (explicit) διδασκαλία για τη

Φύση της Επιστήμης (McComas et al., 2000, McComas, 2008). Μία σειρά από κείμενα για εκπαιδευτικά προγράμματα, όπως το Project 2061 (AAAS, 1989) και το National Science Educational Standards (NRC, 1996), θεωρούν ότι η κατανόηση στοιχείων που σχετίζονται με τη «Φύση της Επιστήμης» από τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αποτελεί ένα από τα κλειδιά για να επιτευχθεί ο στόχος του επιστημονικού αλφαριθμητισμού. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και αντίστοιχες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί (π.χ. Lederman 1992, Βουβαουδέ 1995).

Οι δραστηριότητες (McComas et al. 2000, NAS 1998), στις οποίες συμμετείχαν οι μαθητές, είχαν ως κύριο στόχο να παρουσιάσουν σε αυτούς εναλλακτικές απόψεις για την επιστήμη αλλά και να εξηγήσουν ορισμένες κοινές παρανοήσεις. Ειδικότερα, στο τέλος της ενότητας οι μαθητές θα έπρεπε να μπορούν (Lederman et al., 2002):

- να αντιληφθούν ότι η επιστημονική γνώση έχει εμπειρική φύση και βασίζεται σε παρατηρήσεις στο φυσικό κόσμο
- να κατανοήσουν τη σημασία της ανθρώπινης δημιουργικότητας και φαντασίας για την επιστημονική διαδικασία η οποία απαιτεί την επινόηση εξηγήσεων και θεωριών
- να αντιληφθούν τη σημασία της κατάρτισης, της πρότερης γνώσης, της υποκειμενικότητας, των εμπειριών, των πεποιθήσεων αλλά και των προσδοκιών των ερευνητών κατά την παρατήρηση και την επιστημονική έρευνα γενικότερα
- να αναγνωρίσουν το ενδεχόμενο της ύπαρξης πολλών εναλλακτικών επιστημονικών προσεγγίσεων και μεθόδων
- να κατανοήσουν τα όρια της επιστήμης, τις κοινωνικές και πολιτιστικές επιδράσεις και επιπτώσεις της επιστημονικής γνώσης και ότι η επιστήμη είναι μια κοινωνική δραστηριότητα.

Με βάση τα παραπάνω, οι μαθητές συμμετείχαν, ανά ομάδες, σε μια σειρά δραστηριοτήτων οι οποίες στόχευαν να τους προβληματίσουν σχετικά με θέματα που αφορούν τη «Φύση της Επιστήμης»:

Αρχικά, παρουσιάστηκαν στους μαθητές ορισμένες «συνηθισμένες» απόψεις για την επιστήμη, οι οποίες ανήκαν σε δυο ομάδες: για τις απόψεις της πρώτης ομάδας, επιδιώκαμε στο τέλος των δραστηριοτήτων οι μαθητές να έχουν συγκεκριμένη θέση ενώ η δεύτερη ομάδα περιείχε απόψεις για τις οποίες θέλαμε απλά να δείξουμε στους μαθητές ότι υπάρχουν και άλλες, εναλλακτικές απόψεις. Προσέξαμε ιδιαίτερα ώστε η διδασκαλία για τη «Φύση της Επιστήμης» να μην πάρει χαρακτήρα «κατήχησης» σε συγκεκριμένες επιστημολογικές απόψεις. Έτσι, για τα θέματα που υπάρχει συναίνεση, επιδιώχθηκε οι μαθητές να κατανοήσουν τους λόγους για τους οποίους υπάρχει αυτή η συναίνεση. Αντίθετα, για τα θέματα στα οποία συναντάμε διαφορετικές απόψεις, επιδιώχθηκε να πληροφορηθούν για τις κυριότερες απόψεις, χωρίς να επιμεινουμε στην υπεράσπιση κάποιας από αυτές.

Η συζήτηση για τη «Φύση της Επιστήμης» ξεκίνησε από την περιγραφή ορισμένων σημαντικών χαρακτηριστικών της Επιστήμης. Αρχικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να προβληματιστούν σχετικά με το ποια είναι τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά της επιστήμης. Στη συνέχεια έγινε μια συνοπτική παρουσίαση ορισμένων χαρακτηριστικών, από τα οποία οι μαθητές επέλεξαν εκείνα που θεωρούσαν σημαντικότερα. Μετά τη διατύπωση των από-

ψεων και την αιτιολόγησή τους, έγινε μια αναλυτικότερη συζήτηση γύρω από την ιδιαίτερη σημασία κάθε χαρακτηριστικού. Βασικός στόχος της συγκεκριμένης δραστηριότητας ήταν να αντιληφθούν οι μαθητές ότι η επιστήμη μπορεί να μην είναι απλά μια οργανωμένη διαδικασία, αλλά μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που την προσδιορίζουν και τη διακρίνουν από τις υπόλοιπες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Για την κατανόηση της επίδρασης της υποκειμενικότητας κατά την παρατήρηση, παρουσιάστηκαν στους μαθητές διαφορετικές εικόνες, δηλαδή εικόνες οι οποίες παρουσίαζαν ταυτόχρονα περισσότερα του ενός πρότυπα τα οποία προσπάθησαν να περιγράψουν και να συγκρίνουν. Αυτό έγινε προκειμένου να αντιληφθούν τη σημαντική επίδραση που μπορεί να έχει η υποκειμενικότητα του ερευνητή στην εξαγωγή συμπερασμάτων και ότι τα ίδια δεδομένα ενδέχεται να ερμηνευθούν με διαφορετικό τρόπο από ανεξάρτητους ερευνητές και να οδηγήσουν σε τελείως διαφορετικά συμπεράσματα. Με άλλα λόγια, στόχος ήταν να κατανοήσουν οι μαθητές τη θέση κυρίως των συμφραστικών και οπτικοεπιστημολογικών ρευμάτων, ότι οι παρατηρήσεις είναι θεωρητικά φορτισμένες.

Η υποκειμενικότητα στη διατύπωση υποθέσεων, αποτέλεσε το θέμα της επόμενης δραστηριότητας. Με την παρατήρηση εικόνων από ίχνη οι μαθητές διατύπωσαν υποθέσεις για τα γεγονότα που μπορεί να έχουν δημιουργήσει την εικόνα που παρατηρούν. Έτσι, θα μπορούσαν να συνειδητοποιήσουν ότι κατ' αναλογία οι επιστήμονες είναι αναγκασμένοι να κάνουν εικασίες και να διατυπώνουν υποθέσεις για την ερμηνεία δεδομένων, χωρίς να έχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες. Επίσης, στόχος μας ήταν να κατανοήσουν ότι οι επιστημονικές διαδικασίες δεν είναι αλγοριθμικού τύπου και ότι στην επιστήμη παίζει σημαντικό ρόλο η έμπνευση και η φαντασία του ερευνητή.

Για την επισήμανση της οπυδαιότητας της πρότερης γνώσης και εμπειρίας για την επιστημονική έρευνα, παρουσιάστηκε στους μαθητές ένα αρχικά ακατανόητο κείμενο το οποίο απέκτησε νόημα αμέσως μόλις δηλώθηκε το αντικείμενο-πλαίσιο στο οποίο αναφερόταν. Ο στόχος ήταν να αντιληφθούν οι μαθητές με ποιον τρόπο η εμπειρία και η προϋπάρχουσα γνώση μπορούν να δώσουν νόημα στα επιστημονικά δεδομένα. Να αντιληφθούν ότι τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας δεν έχουν νόημα από μόνα τους αλλά μόνο όταν ενταχθούν σε ένα γενικότερο πλαίσιο.

Στην τελευταία δραστηριότητα, οι μαθητές κλήθηκαν να διερευνήσουν την παρανόηση ότι ο άνθρωπος προήλθε από τους πιθήκους μέσα από μορφολογικά και βιοχημικά δεδομένα και να επιχειρήσουν να τεκμηριώσουν επιστημονικά τη βιολογική καταγωγή του. Ο στόχος ήταν να κατανοήσουν ποια πτυχή του συγκεκριμένου θέματος μπορεί να αφορά την επιστήμη και ποια όχι.

## *2<sup>η</sup> Ενότητα: Εργαστηριακές τεχνικές*

Η δεύτερη ενότητα αναφερόταν στην παρουσίαση στους μαθητές όλων των εργαστηριακών τεχνικών (π.χ. τα εργαστηριακά όργανα και τα υλικά) που θα χρησιμοποιούσαν στη τρίτη ενότητα. Στη συνέχεια έγινε προσπάθεια μέσω δύο απλών εργαστηριακών ασκήσεων να οδηγήσουμε τους μαθητές πιο κοντά στην πραγματικότητα της επιστήμης, συμβάλλοντας και με αυτό τον τρόπο στην επίτευξη των προαναφερθέντων στόχων. Στην ενότητα αυτή έγιναν επίσης εισαγωγικά μαθήματα σχετικά με τις μεθόδους και τις δυνατότητες της Βιοτε-

χνολογίας, με παραπομπή στις αντίστοιχες ενότητες του σχολικού βιβλίου της Τεχνολογίας της Α΄ Λυκείου (Ηλιάδης & Βούτσινος, ΟΕΔΒ, 2000).

Στην πρώτη εργαστηριακή άσκηση οι μαθητές έπρεπε να πραγματοποιήσουν μερικές βασικές μετρήσεις σε αντικειμενοφόρες πλάκες που χρησιμοποιούνται στο μικροσκόπιο, με σκοπό να προσδιορίσουν την πυκνότητα του γυαλιού από το οποίο είναι φτιαγμένες. Αρχικά οι μαθητές πραγματοποίησαν μετρήσεις για να προσδιορίσουν το πάχος, το μήκος και το πλάτος μιας αντικειμενοφόρου πλάκας έχοντας στη διάθεσή τους ένα χάρακα και ένα παχύμετρο (βερνιέρος). Κατέγραψαν τις μετρήσεις τους και υπολόγισαν τον όγκο της αντικειμενοφόρου πλάκας. Στη συνέχεια δόθηκε στους μαθητές ένα πακέτο από ομοειδείς αντικειμενοφόρους πλάκες. Αφού μέτρησαν το πάχος του πακέτου αυτού, προσπάθησαν να υπολογίσουν τον αριθμό των αντικειμενοφόρων πλακών που περιέχονται στο πακέτο, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του προηγούμενου ερωτήματος. Στη τελευταία φάση της άσκησης οι μαθητές έχοντας στη διάθεσή τους ένα χάρακα, ένα σώμα μάζας 100g και ένα πρίσμα για υπομόχλιο, έπρεπε να επινοήσουν μια απλή διαδικασία μέσω της οποίας να υπολογίσουν τη μάζα των πλακών και αφού χρησιμοποιήσουν τα αποτελέσματα αυτά να υπολογίσουν την πυκνότητα του γυαλιού. Οι μαθητές δεν επιτρεπόταν να χρησιμοποιήσουν ζυγό.

Στη δεύτερη εργαστηριακή άσκηση, η οποία είχε ως σκοπό το προσδιορισμό της πυκνότητας της αιθανόλης και της γλυκερίνης με τη χρήση απλών εργαστηριακών συσκευών δόθηκαν στους μαθητές τρεις δοκιμαστικοί σωλήνες όπου ο ένας περιείχε νερό, ο δεύτερος αιθυλική αλκοόλη και ο τρίτος γλυκερίνη. Οι τρεις δοκιμαστικοί σωλήνες περιείχαν τον ίδιο όγκο υγρού. Δόθηκε επίσης και ένας τέταρτος άδειος δοκιμαστικός σωλήνας, ένας ζυγός ακριβείας και η πληροφορία ότι μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως δεδομένο την πυκνότητα του νερού,  $\rho_v = 1\text{g/cm}^3$ . Οι μαθητές έπρεπε να επινοήσουν μια διαδικασία για να βρουν την πυκνότητα της αιθανόλης και την πυκνότητα της γλυκερίνης. Στη συνέχεια έπρεπε να σχεδιάσουν τη γραφική παράσταση της πυκνότητας σε συνάρτηση με τη μάζα και για τα τρία υλικά (νερό, αιθανόλη και γλυκερίνη), να υπολογίσουν την κλίση της γραφικής παράστασης και να εξηγήσουν τη σημασία της.

Θεωρούμε ότι οι ασκήσεις αυτές συνέβαλλαν στο να αντιληφθούν οι μαθητές ότι η επιστημονική γνώση έχει εμπειρική φύση. Επίσης συνέβαλλαν στη κατανόηση του ρόλου της δημιουργικότητας και της φαντασίας κατά την επιστημονική διαδικασία, τη σημασία της κατάρτισης, της πρότερης γνώσης, της υποκειμενικότητας, των εμπειριών και των προσδοκιών των ερευνητών κατά την παρατήρηση και την επιστημονική έρευνα και γενικότερα αναγνώρισαν το ενδεχόμενο της ύπαρξης πολλών εναλλακτικών επιστημονικών προσεγγίσεων και μεθόδων.

### *3<sup>η</sup> Ενότητα: Βιοτεχνολογία*

Στην τρίτη ενότητα έγινε εφαρμογή του πλαισίου που περιγράψαμε στη Βιοτεχνολογία. Ο τομέας της Βιοτεχνολογίας επελέγη λόγω του ισχυρού διαθεματικού του χαρακτήρα, ο οποίος διαπερνά τους τομείς των Βιοεπιστημών, της Μηχανικής, του management, των Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών επιστημών (Grainger, 2000), αλλά και λόγω του επίκαιρου χαρακτήρα της. Η διδασκαλία της Βιοτεχνολογίας στη Μέση Εκπαίδευση θεωρούμε ότι μπορεί να συμπεριλάβει στοιχεία της “Φύσης της Επιστήμης” και κατ’ επέκταση να συμ-

βάλλει στην επίτευξη των στόχων του επιστημονικού αλφαριθμητισμού. Με τον τρόπο αυτό διευρύνεται η ικανότητα των σημερινών μαθητών και αυριανών πολιτών για την επίλυση διαφόρων προβλημάτων του σύγχρονου κόσμου που άπτονται της επιστήμης, ενώ την ίδια στιγμή αναδεικνύονται νέα ερωτήματα και προβλήματα ηθικού χαρακτήρα (Harms, 2002). Η ενότητα δομήθηκε γύρω από έξι δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες αφορούσαν αφενός τεχνικές που χρησιμοποιεί η Βιοτεχνολογία, όπως η μελέτη της δράσης του ενζύμου πικινάση, η απομόνωση DNA, η ανάλυση DNA αποτυπώματος (*DNA fingerprinting*), ο βακτηριακός μετασχηματισμός και αφετέρου δραστηριότητες που οδηγούν σε προβληματισμό γύρω από θέματα Βιοηθικής.

Η επιλογή των δραστηριοτήτων της τρίτης ενότητας έγινε με κριτήριο τη συμβολή τους στην επίτευξη του επιστημονικού αλφαριθμητισμού των μαθητών. Για ορισμένες από τις δραστηριότητες χρησιμοποιήθηκε ή ανασκευάστηκε υπάρχον εκπαιδευτικό υλικό (EIBE - *European Initiative for Biotechnology Education* - [www.eibe.org](http://www.eibe.org)), λαμβάνοντας υπόψη προηγούμενες ανάλογες μελέτες (Bayrhuber, 2000, Damen, 2000, Grainger, 2000, Harms, 2002). Η ένταξη θεμάτων και δραστηριοτήτων της Βιοτεχνολογίας στην έμμεση διδασκαλία για τη «Φύση της Επιστήμης» επιτρέπει στους μαθητές να γνωρίσουν ένα παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί η σύγχρονη επιστημονική έρευνα. Ταυτόχρονα, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να αντιληφθούν τη διαδικασία αλλά και τις δυσκολίες που συχνά ανακύπτουν και δυσχεραίνουν είτε την ίδια την έρευνα, είτε την εξαγωγή σαφών συμπερασμάτων. Τέλος, η συζήτηση για θέματα Βιοηθικής αναδεικνύει το γεγονός ότι η επιστήμη είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα που επηρεάζεται αλλά και επηρεάζει τα κοινωνικά δρώμενα.

Η πρώτη δραστηριότητα περιλάμβανε τη μελέτη της δράσης του ενζύμου πικινάση, που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή χυμού από τα μήλα. Μέσα από τη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με μια παλαιότερη τεχνική, η οποία δεν περιλαμβάνει κανέναν είδους επέμβαση στο γενετικό υλικό, χρησιμοποιείται σε βιομηχανική κλίμακα και δεν εγείρει σχεδόν κανένα ηθικό δίλημμα.

Η δεύτερη δραστηριότητα, της απομόνωσης DNA από φυτικούς ιστούς, είχε ως κύριο στόχο την εξοικείωση των μαθητών με την πιο βασική τεχνική της σύγχρονης Βιοτεχνολογίας, σε ένα υλικό (κρεμμύδι ή μπανάνα) που ήταν εύκολο να διαχειριστούν. Η απομόνωση του DNA, ως πρώτο βήμα για την τροποποίησή του, αποτελεί το εφαλτήριο για μια πλειάδα ανθρώπινων παρεμβάσεων στο φυσικό περιβάλλον, οι επιπτώσεις των οποίων δεν είναι πάντα ούτε προφανείς ούτε προβλέψιμες.

Η τρίτη δραστηριότητα ήταν εκείνη του βακτηριακού μετασχηματισμού, δηλαδή της μεταφοράς γονιδίων από ένα οργανισμό (μέδουσα) σε βακτήρια. Η δραστηριότητα αυτή απέβλεπε στην εξοικείωση των μαθητών με την πιο κοινή εφαρμογή της γενετικής τροποποίησης οργανισμών, η οποία πλέον χρησιμεύει στην παραγωγή σημαντικών φαρμακευτικών προϊόντων όπως η ινσουλίνη. Ταυτόχρονα, έγινε δυνατή η συμμετοχή των μαθητών σε μια πραγματική επιστημονική διαδικασία και η εξοικείωση τους με ορισμένα από τα βασικά της στάδια. Τέλος, καθώς η εφαρμογή αυτή απαιτεί συγκεκριμένη τεχνογνωσία και υλικά, αποτέλεσε για τους μαθητές ένα παράδειγμα της αλληλεπίδρασης και της αλληλεξάρτησης που υπάρχει στη σύγχρονη εποχή ανάμεσα στην επιστήμη και την τεχνολογία.

Η τέταρτη δραστηριότητα του DNA αποτυπώματος, αποσκοπούσε στην εξοικείωση των μαθητών με μια τεχνική της Βιοτεχνολογίας που έχει ως αντικείμενο τον ίδιο τον άνθρωπο, η οποία συχνά απασχολεί την επικαιρότητα. Η τεχνική αυτή έχει σημαντικές κοινωνικές επιπτώσεις καθώς τα αποτελέσματά της μπορούν να αποτελέσουν στοιχεία σε δικονομικές υποθέσεις που αφορούν εγκληματικές ενέργειες ή περιπτώσεις αμφισβήτησης της πατρότητας. Ο βασικός στόχος ήταν η κατανόηση από μέρους των μαθητών των επιπτώσεων αυτών και των πραγματικών πληροφοριών που παρέχει η συγκεκριμένη τεχνική, με την οποία δεν αποδεικνύεται η ενοχή ενός υπόπτου ή η πατρότητα αλλά αντίθετα μπορεί μόνο να αποκλειστεί ένα τέτοιο ενδεχόμενο. Ο στόχος ήταν να αντιληφθούν οι μαθητές ότι η επιστημονική γνώση και πρακτική ως ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν περιορισμούς, πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ταυτόχρονα, παρουσιάστηκε στους μαθητές ένας τρόπος με τον οποίο τα επιστημονικά συμπεράσματα και οι αντίστοιχες εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προσωπικούς ή κοινωνικούς σκοπούς.

Το παιχνίδι ρόλων, που ήταν η τελευταία δραστηριότητα του προγράμματος, επικεντρωνόταν κυρίως σε ζητήματα βιοηθικής. Με βάση το γνωστικό υπόβαθρο των προηγούμενων ενοτήτων, οι μαθητές κλήθηκαν να προβληματιστούν και να συμμετάσχουν στη λήψη αποφάσεων για τις επιπτώσεις των εφαρμογών της Βιοτεχνολογίας τόσο στη βίοσφαιρα όσο και στην ανθρώπινη κοινωνία, μέσω ενός παιχνιδιού ρόλων που αφορούσε την παραγωγή προϊόντων από γενετικά τροποποιημένους οργανισμούς σε μια μικρή αγροική πόλη. Τα θέματα που αφορούν τους διαγονιδιακούς οργανισμούς και τα μεταλλαγμένα (ή γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα) απασχολούν συχνά την επικαιρότητα ενώ εγείρουν σοβαρά ηθικά διλήμματα σχετικά με τα επιτρεπόμενα όρια της ανθρώπινης παρέμβασης στη φύση, χωρίς ωστόσο να αναδεικνύεται πάντα η πραγματική τους διάσταση. Πρωταρχικός στόχος της διαδικασίας ήταν ο γόνιμος προβληματισμός των μαθητών, η παρακίνηση να αναπτύξουν την κατάλληλη επιχειρηματολογία για την υποστήριξη της άποψης τους και η ένταξη τους σε ένα πλαίσιο δημοκρατικού διαλόγου (Simonpeaux, 2001).

## **Συμπεράσματα**

Παρουσιάστηκε ένα πλαίσιο και μια σειρά αντίστοιχων δραστηριοτήτων για την άμεση και έμμεση διδασκαλία για τη «Φύση της Επιστήμης». Θεωρούμε ότι μια παρέμβαση αυτού του τύπου σε μαθητές της Α΄ Λυκείου μπορεί να έχει σημαντικά αποτελέσματα (μια αναλυτική αξιολόγηση στοιχείων του προγράμματος που περιγράφηκε παρουσιάζεται στο Καμπουράκης, Νοταράς, Αποστόλου, Κουβάτσος, Γαλούμπης & και Πούλη, 2004). Φαίνεται ότι οι μαθητές μπορούν σε ένα βαθμό να κατανοήσουν τα όρια της επιστήμης, να αντιληφθούν ότι η επιστημονική γνώση έχει εμπειρική φύση, να κατανοήσουν τη σημασία της δημιουργικότητας, της κατάρτισης, της πρότερης γνώσης, της υποκειμενικότητας, των εμπειριών, των πεποιθήσεων αλλά και των προσδοκιών των ερευνητών κατά την παρατήρηση και την επιστημονική έρευνα γενικότερα. Επίσης φάνηκε ότι είναι δυνατόν να γίνει διδασκαλία για τη «Φύση της Επιστήμης» η οποία να φέρνει συγκεκριμένα αποτελέσματα χωρίς να εξαναγκάζει τους μαθητές να δεχτούν τη μια ή την άλλη φιλοσοφική άποψη.

Ένα βασικό συμπέρασμα από την εφαρμογή του προγράμματος είναι ότι οι μαθητές ανταποκρίθηκαν ικανοποιητικά σε όλες τις δραστηριότητες, δείχνοντας μεγάλο ενδιαφέρον για τις περισσότερες από αυτές και αναπτύσσοντας εύκολα και αποτελεσματικά τις απαιτούμενες εργαστηριακές και επικοινωνιακές δεξιότητες. Ένα επιπλέον σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι οι μαθητές επιθυμούν ουσιαστικότερη και αναλυτικότερη ενημέρωση για θέματα που αφορούν τη Βιοτεχνολογία και τη διαχείριση του γενετικού υλικού των οργανισμών. Οι έννοιες που αναφέρθηκαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος είχαν σε μεγάλο βαθμό απασχολήσει τους μαθητές ώστε να αναζητήσουν περαιτέρω πληροφόρηση ή να αφιερώσουν χρόνο σε κάποιο πληροφοριακό υλικό που έτυχε να υποπέσει στην αντίληψή τους. Το γεγονός αυτό συμβαδίζει με τα αποτελέσματα άλλης ανεξάρτητης έρευνας (Δημόπουλος και συν., 2002). Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις οι μαθητές είχαν διαστρεβλωμένη εικόνα και λανθασμένη εντύπωση για τα αντίστοιχα θέματα.

Συνεπώς, διαπιστώνεται ότι είναι αναγκαίο η σχετική γνώση να παρέχεται σε ένα προσεκτικά διαμορφωμένο παιδαγωγικό πλαίσιο ώστε να παρουσιάζεται στους μαθητές η πραγματική διάσταση των υπό συζήτηση θεμάτων αλλά και να ανατρέπονται προϋπάρχουσες φοβίες και προκαταλήψεις. Φαίνεται αναγκαίο κατά τη διδασκαλία να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στην αποσαφήνιση των ορίων των γνώσεών μας και της εφαρμογής κάθε έννοιας, για παράδειγμα να εξηγείται με σαφήνεια όχι μόνο ποια χαρακτηριστικά επηρεάζονται από τα γονίδια αλλά και ποια δεν επηρεάζονται. Νομίζουμε λοιπόν ότι είναι και εφικτό αλλά και αναγκαίο θέματα που σχετίζονται με τη Φύση της Επιστήμης, τη Βιοτεχνολογία και τη Γενετική, να ενταχθούν στο πρόγραμμα σπουδών του Ελληνικού σχολείου και για παιδιά μικρότερων ηλικιών. Θεωρούμε μάλιστα πιο ενδιαφέρον και πιο αποδοτικό τα θέματα αυτά να εισαχθούν ενοποιημένα υπό το πρίσμα ενός βασικού κοινού σκοπού, αυτού της ανάπτυξης του επιστημονικού αλφαριθμητικού.

## **Βιβλιογραφία**

- American Association for the Advancement of Science - AAAS (1989). Project 2061: Science for all Americans New York: Oxford Press
- American Association for the Advancement of Science - AAAS (2002). Project 2061 2001-2002 Update ([www.project2061.org](http://www.project2061.org))
- Bayrhuber, H. (2000). Ethical analysis in teaching biotechnology, in Bayrhuber, Garvin, Grainger (Eds), Teaching Biotechnology at School: A European perspective, Institut für die Pädagogic der Naturwissenschaften (IPN), Kiel, 101-110.
- Boujaoude, S. (1995). Demonstrating the nature of science: Three experiments that help students comprehend scientific principles. *The Science Teacher*, 62, 46-49.
- Damen, V.R.A., (2000). Problems of ethical reasoning in teaching biotechnology, in Bayrhuber, Garvin, Grainger (Eds), Teaching Biotechnology at School: A European perspective, Institut für die Pädagogic der Naturwissenschaften (IPN), Kiel, 111-115.
- Δημόπουλος, Κ., Αποστόλου, Α., Βλάχος, Α., Γεωργόπουλος, Γ., Καβασακάκης, Α.,

- Κουβάτσος, Χ., Νοταράς, Δ., Παρασκευοπούλου, Ε., Σιγούντου, Β. & Τσαρτοαράκος, Χ. (2002), "Η χρήση των εξωσχολικών πηγών ενημέρωσης για θέματα Επιστήμης και Τεχνολογίας", Πρακτικά 1<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου "Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην κοινωνία της πληροφορίας", Ε.ΔΙ.Φ.Ε, Αθήνα, 183-184.
- Grainger J. (2000). Some key issues in promoting the teaching of biotechnology in schools, in Bayrhuber, Garvin, Grainger (Eds), *Teaching Biotechnology at School: A European perspective*, Institut für die Pädagogic der Naturwissenschaften (IPN), Kiel, 11-14.
- Harms, U. (2002). Biotechnology Education in schools, *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol. 5, No 3
- Ηλιάδης Ν. & Βούτσιος Γ. (2000). *Τεχνολογία Α΄ Ενιαίου Λυκείου*, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Καμπουράκης, Κ., Νοταράς, Δ., Αποσιτόλου, Α., Κουβάτσος, Χ., Γαλιούμης, Σ., & Πούλη, Α. (2004). Άμεση και έμμεση διδασκαλία για τη Φύση της Επιστήμης: αποτελέσματα μιας εμπειρικής μελέτης στο πλαίσιο της Βιοτεχνολογίας. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών – Έρευνα και Πράξη*, 8-9, 60-68.
- Lederman, N.G. (1992). Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick F, Bell R.L. & Schwartz R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39, 497-521
- McComas, W., Clough, M. & Almazroa, H. (2000). The Role and Character of the Nature of Science. In W. McComas (ed.). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- McComas, W. F (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2).
- National Academy of Sciences (1998). *Teaching about evolution and the nature of science*. National Academy Press: Washington, DC.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC., National Academy Press.
- Simonneaux, L (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23, 9, 903- 927.



# Η συνειδητοποίηση, μέσα από ανοικτού τύπου διερευνητικές δραστηριότητες, του ρόλου της δημιουργικότητας στην επιστήμη

**Βασίλης Ζαμπετάκης**

*Εκπαιδευτήρια Γείτονα*

---

## Εισαγωγή

Συνήθως οι μαθητές σε ένα σχολικό περιβάλλον διδάσκονται το περιεχόμενο των επιστημών ή εκτελούν πειράματα κλειστού τύπου όπου ακολουθούν μια σειρά από προκαθορισμένα βήματα για να επιβεβαιώσουν ένα γνωστό φαινόμενο ή να μετρήσουν κάποια γνωστή φυσική σταθερά. Λίγες φορές τους δίνεται η δυνατότητα να προσεγγίσουν δημιουργικά ένα ερευνητικό ερώτημα ή να επινοήσουν κάποια πρωτότυπη επιστημονική ιδέα. Μπορούν άραγε οι μαθητές να εκτεθούν σε προβλήματα και δραστηριότητες που απαιτούν την ανάπτυξη και εκδήλωση της δημιουργικότητάς τους για να διερευνηθούν; Η προσπάθεια των μαθητών να προσεγγίσουν ένα ανοικτό ερευνητικό ερώτημα θα τους βοηθούσε να κατανοήσουν το ρόλο της δημιουργικότητας στην εξέλιξη των φυσικών επιστημών; Είναι η δημιουργικότητα κάποια ικανότητα που μπορεί να αναπτυχθεί σε ένα σχολικό περιβάλλον και που θα μπορούσε να συνοδεύει τους μαθητές σε όλη την υπόλοιπη ζωή τους; Μέσα από την παρέμβασή μου αυτή θα προσπαθήσω να μοιραστώ μαζί σας μια σειρά από σκέψεις και προβληματισμούς γύρω από τα ερωτήματα αυτά που θα παραμείνουν ωστόσο ανοικτά για περαιτέρω διερεύνηση.

## Η έννοια της δημιουργικότητας

Θα μπορούσαμε να ορίσουμε τη δημιουργικότητα σαν την ικανότητα να επινοήσουμε ιδέες ή να εμπνευστούμε δημιουργήματα που να είναι *νέα, απροσδόκητα και αξιολογα* (Boden, 2003).

Η δημιουργικότητα μπορεί να εμφανιστεί και να εκφραστεί σχεδόν σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα όπως π.χ. στις τέχνες, στις κατασκευές, στη λογοτεχνία, στις επιστήμες.

Από τον ορισμό φαίνεται ότι η δημιουργικότητα είναι συνυφασμένη με κάποια ιδέα που είναι νέα. Θα πρέπει ίσως να αναρωτηθούμε τι εννοούμε όταν λέμε ότι κάτι είναι νέο. Νέο για ποιόν; Μπορεί κάποια ιδέα να είναι νέα για ολόκληρη την ανθρωπότητα οπότε έχουμε μια Ιστορική δημιουργικότητα. Μπορεί όμως να είναι απλώς νέα για κάποιο άτομο το οποίο, χωρίς να έχει ακούσει κάτι σχετικό, να μπορέσει από μόνο του να διατυπώσει κάποια άποψη που όμως έχει διατυπωθεί από άλλους στο παρελθόν. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση έχουμε να κάνουμε με μία εκδήλωση μιας Προσωπικής δημιουργικότητας. Άραγε αν ποτέ βρισκόταν ένας μαθητής, ο οποίος μολονότι δεν θα είχε διδαχθεί Γεωμετρία ή Φυσική, θα διατύπωνε τα αξιώματα της Ευκλείδειας γεωμετρίας ή τους νόμους το Νεύτωνα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν δημιουργικός; Επίσημα έχουμε συνηθίσει να αναγνωρίζουμε την Ιστορική μόνο δημιουργικότητα ως σημαντική. Σαν εκπαιδευτικοί όμως πιστεύω πως έχουμε χρέος να αναγνωρίσουμε και να ενθαρρύνουμε την ανάπτυξη της Προσωπικής δημιουργικότητας των μαθητών μας. Είναι επιτακτική νομίζω ανάγκη σε παγκόσμιο επίπεδο να αναπτυχθούν και αναδειχθούν νέοι άνθρωποι που να έχουν αναπτύξει την ικανότητα της δημιουργικότητας ώστε να μπορέσουν να αντιμετωπίσουν τις μεγάλες ανοικτές προκλήσεις της εποχής μας.

Σύμφωνα με τον ορισμό της δημιουργικότητας φαίνεται ότι για να θεωρηθεί μια ιδέα δημιουργική εκτός από *νέα* θα πρέπει να είναι *απροσδόκητη* ή *απίθανη* να την σκεφτεί κάποιος. Μπορούμε να δώσουμε 3 διαφορετικές ερμηνείες που μπορεί να έχει η λέξη *απροσδόκητη* και αντίστοιχα να επιχειρήσουμε να κατατάξουμε τη δημιουργικότητα σε τρεις κατηγορίες (Boden, 2003).

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι ιδέες ή δημιουργίες που προκύπτουν από μία ασυνήθιστη σύνθεση άλλων γνωστών και συνηθισμένων ιδεών ή δημιουργιών όπως όταν ένας καλλιτέχνης κάνει ένα collage στη ζωγραφική καθοδηγούμενος κάποια φορά από αναλογίες που μπορεί να υπάρχουν σε τελείως διαφορετικές θέματα ή καταστάσεις. Ένας σκιτσογράφος π.χ. μπορεί να παραστήσει έναν πολιτικό με χαρακτηριστικά κάποιου ζώου ή ένας φυσικός να παρομοιάσει ένα άτομο με το ηλιακό σύστημα.

Για να περιγράψει κανείς τη δεύτερη και τρίτη κατηγορία χρειάζεται την έννοια των *εννοιολογικών χώρων* (conceptual spaces). Ένας εννοιολογικός χώρος περιγράφει το γενικότερο πλαίσιο μέσα στο οποίο δουλεύει ένας δημιουργός. Το πλαίσιο αυτό θα μπορούσε να είναι η γενικότερη τεχνολογία ή το καλλιτεχνικό ρεύμα που ακολουθεί ένας καλλιτέχνης ή η ευρύτερη θεωρία μέσα στην οποία κινείται ένας επιστήμονας π.χ. η Νευτώνεια ή η Σχετικιστική μηχανική.

Στη δεύτερη κατηγορία δημιουργικότητας μπορούμε να κατατάξουμε τις πρωτότυπες εκείνες ιδέες που δεν ξεφεύγουν από το πλαίσιο του εννοιολογικού χώρου μέσα στον οποίο κινείται ο δημιουργός.

Στην τρίτη κατηγορία ανήκουν οι ιδέες που αναιρούν και μετασχηματίζουν τον ευρύτερο εννοιολογικό χώρο.

Μετά τη συζήτηση για το τι σημαίνει *νέο* και *απροσδόκητο* στον ορισμό της δημιουργικότητας θα πρέπει να τονίσουμε ότι μια δημιουργική ιδέα, πρέπει να είναι αξιόλογη για να χαρακτηριστεί δημιουργική, διαφορετικά είναι ένας απλός νεωτερισμός. Ποιο είναι το σύστημα αξιών με βάση το οποίο μια ιδέα ή ένα δημιούργημα χαρακτηρίζεται ως αξιόλογο είναι ένα μεγάλο θέμα για να το αναλύσουμε εδώ. Πολλές φορές μάλιστα η αξία ενός δημιουργού αναγνωρίζεται μετά το θάνατό του. Ο Van Gogh π.χ. δεν μπορούσε να πουλήσει τα έργα του σε ολόκληρη τη ζωή του.

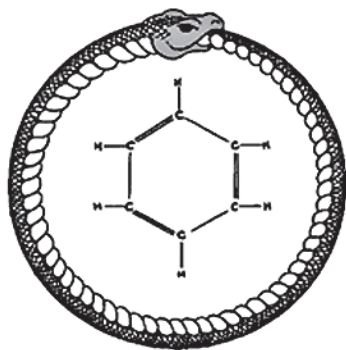
## Δημιουργικότητα και φύση της επιστήμης

Είναι ευρύτερα αποδεκτό (McComas, 2008) ότι ένα από τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη Φύση της επιστήμης είναι η δημιουργικότητα.

Συνήθως πίσω από κάθε φαινόμενο που έχει μελετηθεί, πίσω από τους επιστημονικούς νόμους και θεωρίες, κρύβεται ένα δημιουργικός επιστήμονας. Τα παραδείγματα είναι ανεξάντλητα γι' αυτό θα περιοριστώ σε μερικές σύντομες μόνο αναφορές.

Ο Αρχιμήδης πετάχτηκε από το μπάνιο του και έτρεχε στους δρόμους των Συρακουσών όταν κατάφερε να βρει τη λύση στο πρόβλημα που των απασχολούσε.

Ο Βέλγος επιστήμονας Friedrich von Kekulé κατάφερε να ανακαλύψει την εξαγωνική δομή του βενζολίου που για αρκετά χρόνια παρέμενε μυστηριώδης. Όπως ο ίδιος διηγήθηκε σε ένα δείπνο προς τιμήν της ανακάλυψής του πολλά χρόνια αργότερα, οδηγήθηκε στην ανακάλυψη αυτή από ένα όνειρο που είδε όταν λαγοκοιμήθηκε μια μέρα που καθόταν κοντά στη φωτιά. Στο όνειρό του αυτό είδε άτομα να χοροπηδούν σαν φιδιά και κάποια στιγμή είδε κάτι το παράξενο: ένα φίδι να δαγκώνει την ουρά του.



Σχήμα 1. Το όνειρο ενός φιδιού που δαγκώνει την ουρά του που έδωσε την εμπνευση στον Kekulé να προτείνει την εξαγωνική μορφή του βενζολίου

Ο Einstein, όπως ο ίδιος περιγράφει, καθόταν στην καρέκλα του στο γραφείο ευρεσιτεχνιών της Βέρνης όταν τελείως ξαφνικά του ήλθε μια ιδέα: Όταν ένας άνθρωπος πέφτει ελεύθερα δεν νοιώθει το βάρος του. Αυτή η απλή σκέψη του έκανε φοβερή εντύπωση και τον οδήγησε να διατυπώσει την αρχή της ισοδυναμίας που ήταν η αρχή μιας πορείας που είχε σαν κατάληξη τη γενική θεωρία της σχετικότητας.

## Ανοικτού τύπου δραστηριότητες και εκτεταμένη πραγματεία στο πρόγραμμα του Διεθνούς απολυτηρίου (IB)

Στις πειραματικές επιστήμες στο πρόγραμμα του IB είναι υποχρεωτικό οι μαθητές να έχουν πειραματική εμπειρία όχι μόνο από κλειστού τύπου πειράματα αλλά και από ανοικτού τύπου ερευνητικές δραστηριότητες. Στις δραστηριότητες αυτές όχι μόνο δεν δίνονται οδηγίες για τα πρακτικά βήματα που πρέπει να ακολουθήσουν αλλά ούτε και για το θεωρητικό υπόβαθρο που ενδεχομένως περιγράφει το θέμα με το οποίο θα ασχοληθούν. Συνήθως τους δίνεται ένα ευρύτερο θέμα όπως π.χ. να μελετήσουν ένα παράγοντα που επηρεάζει την απορρόφηση ενός ήχου όταν περνά μέσα από ένα τοίχωμα ή έναν παράγοντα που επηρεάζει τη συχνότητα των ταλαντώσεων μιας ράβδου. Υπάρχουν συγκεκριμένα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία αξιολογούνται που ως ένα βαθμό καθορίζουν και τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσουν όπως:

- Η διατύπωση με σαφήνεια ενός εστιασμένου ερευνητικού ερωτήματος που να σχετίζεται με το γενικότερο θέμα που τους έχει δοθεί.
- Η αναγνώριση των μεταβλητών που επηρεάζουν το φαινόμενο που θέλουν να μελετήσουν και η κατηγοριοποίηση των μεταβλητών σε ανεξάρτητες, εξαρτημένες και ελεγχόμενες μεταβλητές.
- Η διατύπωση και αιτιολόγηση μίας υπόθεσης για την σχέση που αναμένουν να υπάρχει ανάμεσα στην ανεξάρτητη και την εξαρτημένη μεταβλητή.

Μολονότι δεν υπάρχει κάποια προτεινόμενη χρονική διάρκεια εκτέλεσης για τα πειράματα ανοικτού τύπου η διάρκειά τους είναι συνήθως 2-4 διδακτικές ώρες. Δεν είναι απαραίτητο οι μαθητές να εκτελέσουν το πειραματικό μέρος και να καταλήξουν σε κάποια τελικά αποτελέσματα.

Μια πολύ πιο εκτενής, συγκροτημένη και ολοκληρωμένη ερευνητική προσπάθεια γίνεται στα πλαίσια της εκτεταμένης πραγματείας (extended essay), όπου ο κάθε μαθητής αναλαμβάνει να μελετήσει σε βάθος ένα ερευνητικό ερώτημα σε ένα μάθημα της επιλογής του.

Μολονότι έχω ασχοληθεί αρκετά χρόνια με σχεδιαστικά πειράματα και εκτεταμένες πραγματείες στη Φυσική, μόνο πρόσφατα αναρωτήθηκα για το πόσο τέτοιου είδους δραστηριότητες μπορούν να συμβάλουν στην ανάδειξη του ρόλου της δημιουργικότητας στην αντιμετώπιση επιστημονικών προβλημάτων. Θα αναφερθώ πρώτα εν συντομία στις εμπειρίες που απέκτησα από μία ανοικτού τύπου δραστηριότητα που ξεκίνησα πρόσφατα και στη συνέχεια σε κάποιες εμπειρίες που είχα αρκετά παλιότερα από μία εκτεταμένη πραγματεία.

Το ευρύτερο θέμα που έθεσα προς συζήτηση για μια ανοικτού τύπου ερευνητική δραστηριότητα σε ένα τμήμα από επτά παιδιά του IB1, ήταν να διατυπώσουν ένα ερευνητικό ερώτημα σχετικό με τη ροή ενός υλικού που να αποτελείται από κόκκους όπως η άμμος, το αλάτι, ή μια ορισμένη ποσότητα από μικρά μπαλάκια όπως τα σκάγια. Το να μπορέσει να διατυπώσει κανείς ένα ενδιαφέρον ερευνητικό ερώτημα που να είναι εφικτό να μελετηθεί είναι το πρώτο και κατά συνέπεια το πιο καθοριστικό βήμα σε δραστηριότητες ανοικτού τύπου και πολλές φορές μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια δημιουργική διαδικασία. Οι προτάσεις για πιθανά ερευνητικά ερωτήματα που έθεσε η συγκεκριμένη ομάδα παιδιών ήταν:

- Να μελετηθεί πόση ποσότητα κόκκων πρέπει να πέσει πάνω από ένα στερεό σώμα π.χ. ένα κύβο για να τον σκεπάσει.
- Να κατασκευαστεί ένα ρολόι που να χρησιμοποιεί τη ροή άμμου για να μετράει το χρόνο με ένα συνεχή ρυθμό.

Οι μεταβλητές που αναγνώρισαν ότι επηρεάζουν το πρώτο ερώτημα ήταν το σχήμα, το μέγεθος και η φύση της επιφάνειας του στερεού που θέλουμε να καλύψουμε καθώς και το μέγεθος, το σχήμα, η ταχύτητα και ο ρυθμός με τον οποίο πέφτουν οι κόκκοι.

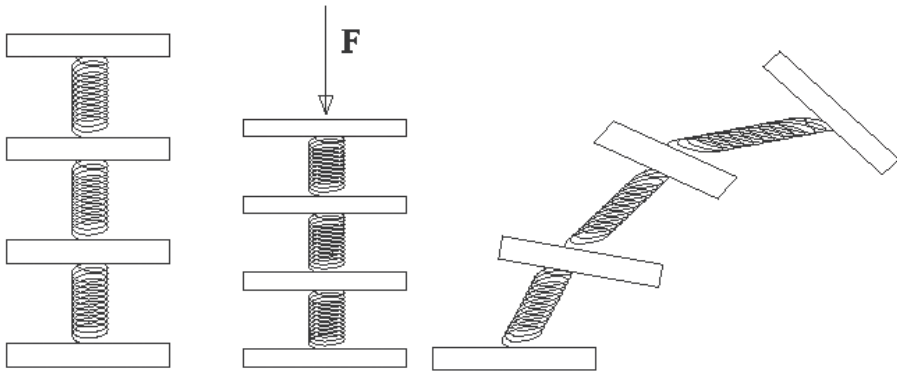
Στο δεύτερο ερώτημα υπήρχαν αρκετές προτάσεις για πιθανές κατασκευές που θα μπορούσαν να μετατρέψουν την ροή των κόκκων σε μία ποσοτική μέτρηση του χρόνου. Ένας μαθητής πρότεινε να πέφτουν οι κόκκοι σε ένα ογκομετρικό σωλήνα και να παρατηρούμε και να μετατρέπουμε την αύξηση της στάθμης του υλικού σε μέτρηση του χρονικού διαστήματος που πέρασε. Κάποιος άλλος εξέφρασε την ανησυχία του για το πόσο αξιόπιστη θα ήταν αυτή η διαδικασία και διατύπωσε το ερώτημα πόσα κενά δημιουργούνται όταν οι κόκκοι στοιβάζονται στο εσωτερικό ενός δοχείου. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα ο μαθητής που αρχικά πρότεινε τη μέθοδο της ογκομέτρησης έκανε τη βελτίωση να προστεθεί κάποιο υγρό μέσα στο σωλήνα ώστε τα κενά ανάμεσα στους κόκκους να μην επηρεάζουν τον συνολικό όγκο. Ένας άλλος πρότεινε να μετράμε με μια ζυγαριά τη μάζα των κόκκων αντί για τον όγκο τους. Υπήρχε τέλος και μία πρόταση να γίνει μια κατασκευή με κουταλάκια που θα κατέληγαν σε γρανάζια με δείκτες. Οι κόκκοι θα έπεφταν πάνω στα κουταλάκια και λόγω του βάρους και της ορμής τους θα έθεταν σε κίνηση τα γρανάζια και τους δείκτες. Από τη μελέτη της κίνησης των δεικτών θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε κατάλληλες κλίμακες που να μετατρέπουν την κίνηση των δεικτών σε μέτρηση του χρόνου. Πρότεινε μάλιστα και κάποιο πρόσθετο μηχανισμό με τον οποίο θα μπορούσαν οι κόκκοι να ανακυκλωθούν στη συσκευή.

Όταν τους ζήτησα να διατυπώσουν μια υπόθεση για την σχέση που ανέμεναν να υπάρχει ανάμεσα στο χρόνο και την ροή του υλικού μέσα από ένα κωνί, σχεδόν όλοι απάντησαν ότι περιμένουν μία συνεχή γραμμική σχέση. Υπήρξε όμως και ένας μαθητής που προέβλεψε ότι η ροή δεν θα είναι διαρκώς συνεχής αλλά θα υπάρχουν διαστήματα στα οποία η ροή θα είναι διακοπόμενη και γενικά άλλοτε θα υπάρχει περισσότερη και άλλοτε λιγότερη ροή. Πρότεινε μάλιστα ότι το όλο φαινόμενο θα έπρεπε να μελετηθεί χρησιμοποιώντας στατιστικά και πιθανότητες. Θεωρώ ότι αυτή ήταν μια αρκετά δημιουργική σκέψη, πολύ διαφορετική από το συνηθισμένο τρόπο προσέγγισης προβλημάτων μηχανικής στο σχολικό περιβάλλον.

Για να μελετηθούν κάποια από τα ερωτήματα αυτά σε βάθος, χρειάζεται να ξοδεύει κανείς αρκετό χρόνο. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να γίνει στο πλαίσιο μιας μελλοντικής εκτεταμένης πραγαματείας.

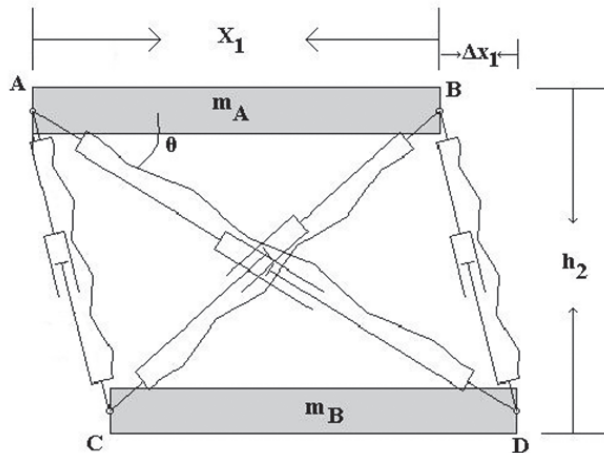
Το δεύτερο παράδειγμα που εν συντομία θα αναφέρω σχετίζεται με μία παλιότερη εκτεταμένη πραγματεία με θέμα την κάμψη και τις ταλαντώσεις μιας ελαστικής δοκού. Πρόκειται για ένα θέμα που για να μελετηθεί απαιτείται η χρήση διαφορικών εξισώσεων που να περιγράφουν την ελαστική συμπεριφορά των υλικών. Μια τέτοια όμως προσέγγιση δεν είναι κατάλληλη για το επίπεδο των μαθητών. Ο συγκεκριμένος μαθητής που είχε έφεση στους υπολογιστές και τον προγραμματισμό αποφάσισε να κάνει χρήση του Interactive Physics.

Στο Interactive Physics όμως δεν υπάρχει η δυνατότητα για προσομοίωση της ελαστικότητας ενός στερεού σώματος και έτσι ο μαθητής αποφάσισε να χρησιμοποιήσει ένα συνδυασμό διαδοχικών άκαμπτων μαζών με ελατήρια. Οι αρχικές απόπειρες μολονότι μπορούσαν να περιγράψουν κάποιες ιδιότητες όπως ο εφελκυσμός ή οι διατμητικές τάσεις, δεν οδηγούσαν σε μια συνολικά αποδεκτή συμπεριφορά.

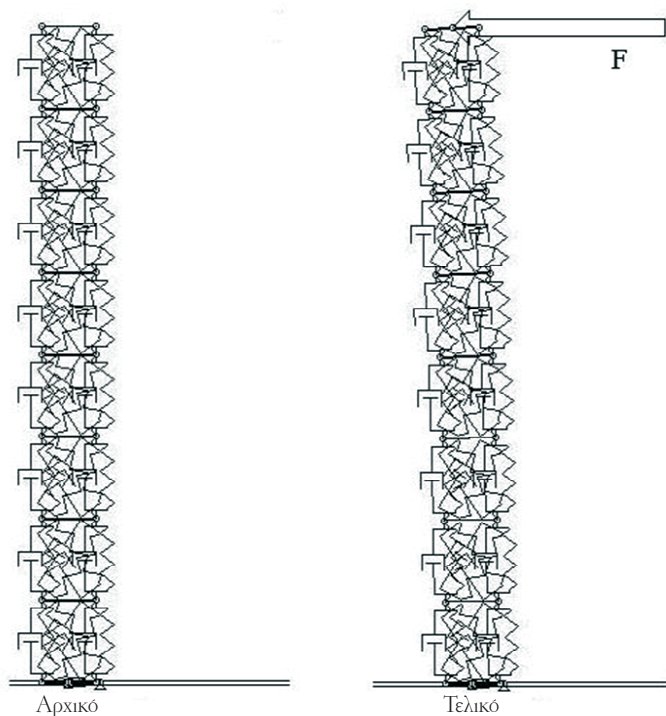


Σχήμα 2. Αρχικές αποτυχημένες απόπειρες με συνδυασμούς μαζών και ελατηρίων για την προσομοίωση της ελαστικής συμπεριφοράς μιας ελαστικής ράβδου

Μετά από πολλούς αποτυχημένους συνδυασμούς, ο μαθητής οδηγήθηκε σε μια επιτυχημένη σύνθεση μαζών και ελατηρίων (Σχήμα 3) που αν επαναληφθεί αρκετές φορές (Σχήμα 4) μπορεί να περιγράψει τις ελαστικές ιδιότητες της ράβδου με ικανοποιητικό τρόπο.



Σχήμα 3. Συνδυασμός μαζών με τέσσερα ελατήρια με απόσβεση για την προσομοίωση της ελαστικής συμπεριφοράς μιας ελαστικής ράβδου



Σχήμα 4. Με επανάληψη της δομής του σχήματος 3 παίρνουμε ένα αρκετά επιτυχημένο μοντέλο για την προσομοίωση της ελαστικής συμπεριφοράς μιας ελαστικής ράβδου

Κάποιες πρώτες παρατηρήσεις και σκέψεις που προκύπτουν από τις δραστηριότητες αυτές είναι:

- Αρκετοί μαθητές μπορούν να θέσουν ενδιαφέροντα ερωτήματα, να εκφράσουν γνώμες απόψεις και να προτείνουν πρωτότυπες διαδικασίες για να μελετήσουν ένα φαινόμενο όταν τους δοθεί η δυνατότητα να ασχοληθούν ενεργά με ένα ανοικτό ερευνητικό ερώτημα.
- Η δημιουργικότητα των μαθητών εκφράζεται πιο ξεκάθαρα σε κατασκευαστικά θέματα και λιγότερο σε θεωρητικά επιστημονικά προβλήματα. Ίσως αυτό να οφείλεται στο γεγονός ότι από μικρή ηλικία έχουν την ευκαιρία να παίξουν ελεύθερα με κατασκευές και επομένως έχουν αναπτύξει τη δημιουργικότητά τους σε αυτή την περιοχή. Στο χώρο όμως της επιστήμης έχουν συνηθίσει να διδάσκονται το περιεχόμενο μόνο των επιστημών κάτω από την καθοδήγηση του δασκάλου ή των βιβλίων χωρίς να τους δίνεται η δυνατότητα να αναρωτηθούν, να αμφισβητήσουν, να βιώσουν την επιστήμη σαν μια ζωντανή εξελισσόμενη ανθρώπινη δραστηριότητα. Είναι ίσως αναμενόμενο η δημιουργικότητά τους να έχει ατονήσει σε αυτό τον τομέα.
- Αρκετοί μαθητές είναι σε θέση να εκφράζουν πολλές νέες και γόνιμες ιδέες. Δεν έχουν όμως τη δυνατότητα να διακρίνουν το στοιχείο της αξίας που καθορίζει αν μια ιδέα είναι

δημιουργική ή απλώς νέα. Ο δάσκαλος - συντονιστής θα μπορούσε να υποβοηθήσει την αξιολόγηση των ιδεών και να καθοδηγήσει τους μαθητές στα πιο ενδιαφέροντα μονοπάτια της σκέψης τους.

- Η ύπαρξη συνεργασίας σε ένα ομαδικό περιβάλλον μπορεί να παίξει ένα θετικό ρόλο στην εμφάνιση μιας «ομαδικής δημιουργικότητας».
- Χρειάζεται αρκετή και συστηματική δουλειά από τη στιγμή που μια ιδέα διατυπώνεται μέχρι να καταλήξει σε μια ολοκληρωμένη εργασία - πρόταση.

Αναμφίβολα απαιτείται περαιτέρω συστηματική έρευνα πριν μπορέσει κανείς να επιβεβαιώσει τα συμπεράσματα αυτά και να καταθέσει συγκεκριμένες προτάσεις που θα ενισχύουν τη δημιουργικότητα στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης.

## **Βιβλιογραφία**

- Boden, M.A. (2003). *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*. Routledge, New York.
- McComas, W.F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17 (2).



# Διαβάζοντας το Φυσικής Απάνθισμα με μαθητές Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού

**Βίκυ Σιγούντου**

*Εκπαιδευτήρια Γείτονα*

---

## Εισαγωγή

Παρά το γεγονός ότι η πρώτη νύξη για την αναζήτηση της σχέσης ανάμεσα στην Ιστορία των Επιστημών και τη Διδασκαλία των Επιστημών (Mach, 1883) έχει γίνει πριν από 125 χρόνια, και επιπλέον, παρά το γεγονός ότι κανείς μπορεί να αναζητήσει σχεδιασμένες δράσεις σε αυτήν την κατεύθυνση σε Ευρώπη και Αμερική, στη χώρα μας τέτοια προγράμματα κατά κανόνα δεν έχουν αναπτυχθεί, εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων. Ωστόσο, η υποστήριξη, έστω κι αυτών των πιο ολοκληρωμένων παρεμβάσεων που κάποια περίοδο υπήρξαν, τόσο στο επίπεδο της εφαρμογής όσο και στο επίπεδο της ανάλυσης, ήταν τόσο μικρή, ώστε να μην μπορεί να δώσει μία συνεκτική και αξιοποιήσιμη εικόνα, χρήσιμη στο «μάχιμο» εκπαιδευτικό.

Το αποτέλεσμα είναι η οποιαδήποτε κριτική θεώρηση των θέσεων που αφορούν στη σχέση ανάμεσα στην Ιστορία των Επιστημών και τη Διδασκαλία των Επιστημών τουλάχιστον σε ό,τι αφορά στη χώρα μας συχνά να πραγματοποιείται «εν κενώ», χωρίς να φωτίζει αλλά και να φωτίζεται από την επεξεργασία της καθημερινής εκπαιδευτικής εμπειρίας.

Για άλλη μια φορά οι προτάσεις, οι προβληματισμοί ακόμα και οι αιτιάσεις των ερευνητών σχευικά με τη σχέση αυτή δεν μπήκαν στη σχολική πραγματικότητα μέσα από «κεντρικά» σχεδιασμένα προγράμματα, αλλά κυρίως μέσα από το ενδιαφέρον και τον προσωπικό μόχθο ενός «ανήσυχου» τμήματος των ίδιων των εκπαιδευτικών. Ωστόσο, νομίζω, πρέπει να συμφωνήσουμε ότι όσο απαραίτητη είναι η ύπαρξη αυτού του «ανήσυχου» τμήματος των εκπαι-

δευτικών, άλλο τόσο είναι αδιέξοδο να παραμείνουμε αποκλειστικά και μόνο στις δικές του πρωτοβουλίες.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μία διδακτική παρέμβαση που έχει σχεδιαστεί και πραγματοποιηθεί στα Εκπαιδευτήρια Γείτονα με τίτλο «Διαβάζοντας το Φυσικής Απάνθισμα με μαθητές Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού». Πρόκειται για την ενσωμάτωση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις τάξεις αυτές στοιχείων από το «Φυσικής Απάνθισμα» του Ρήγα Βελεσυνλή, το οποίο τυπώθηκε στη Βιέννη το 1790. Η παρέμβαση αυτή σκοπό είχε, όπως θα φανεί στη συνέχεια, να ανοίξει το δρόμο, ώστε οι μικροί μαθητές να προσεγγίσουν για πρώτη φορά ερωτήματα γύρω από το πώς η επιστήμη λειτουργεί και αλληλεπιδρά με την κοινωνία.

### **Το πλαίσιο της παρέμβασης - Η επιλογή του «Φυσικής Απάνθισμα»**

Η παρέμβαση «Διαβάζοντας το Φυσικής Απάνθισμα με μαθητές Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού» σχεδιάστηκε ως μέρος ενός συνολικότερου Διαθεματικού Προγράμματος Βιωματικής Μάθησης με τίτλο «Σελίδες της Ελληνικής Ιστορίας» και θέμα τη μελέτη της περιόδου γύρω από την Ελληνική Επανάσταση. Στο πρόγραμμα αυτό προσέφεραν από τη μεριά τους όλα τα γνωστικά αντικείμενα που διδάσκονται στις τάξεις αυτές.

Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε σε δύο φάσεις, η πρώτη μέσα στον καθημερινό διδακτικό χρόνο και η δεύτερη φάση, αυτή της «αυτοψίας», με επίσκεψη των παιδιών σε περιοχές όπου διαδραματίστηκαν σημαντικά γεγονότα της περιόδου που μελέτησαν. Το όλο πρόγραμμα, άρα και η συγκεκριμένη παρέμβαση, διδάχθηκε σε 350 μαθητές των δύο αυτών τάξεων, την περίοδο Φεβρουάριος - Μάρτιος 2006.

Το συνολικό Διαθεματικό Πρόγραμμα έθετε ως έναν από τους κεντρικούς του στόχους τη «δημιουργία πεδίου συνεργασίας ανάμεσα στους αυτοτελείς επιστημονικούς κλάδους και την αντιμετώπιση της γνώσης ως ενιαίας ολότητας».

Σε αυτό το πλαίσιο, η επιλογή του «Φυσικής Απάνθισμα» του Ρήγα Βελεσυνλή δεν ήταν καθόλου τυχαία. Και αυτό γιατί η ανάδειξη και μόνο του λόγου της συγγραφής του βιβλίου από το Ρήγα θέτει ευθέως το θέμα της θέσης και της συμβολής της επιστήμης στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού.

Ο Ρήγας δεν ήταν φυσικός, ούτε το «Απάνθισμα Φυσικής» που έγραψε ήταν ένα διδακτικό κείμενο προοριζόμενο για μαθητές. Ο σκοπός του, όπως ο ίδιος λέει στον πρόλογο του βιβλίου του, είναι «*να ωφελήσει το γένος*» εκθέτοντας «*με σαφήνειαν*» τις στοιχειώδεις έννοιες της φυσικής, «*απανθίζοντας τα ουσιωδέστερα της φυσικής ιστορίας*», τα οποία επιχειρεί να δώσει όσο το δυνατόν πιο εύληπτα ώστε να τα «*καιαλάβουν όλοι, και να αποκτήσουν μίαν παραμικράν ιδέαν της ακαταλήπτου φυσικής*» για «*να αναλάβη το πεπρωκός Ελληνικόν γένος*». Ο Ρήγας προσπαθεί να διαλύσει τις λανθασμένες αντιλήψεις μιας ολοκληρης εποχής, τις αντιλήψεις που εκφράζουν φόβο απέναντι στις άγνωστες αιτίες διαφόρων φυσικών φαινομένων, γιατί γνωρίζει καλά πως οι ιδέες της πολιτικής ελευθερίας και

της αποτίναξης του ζυγού της εθνικής τυραννίας θα βρουν απήχηση μόνο σ' ένα έθνος που έχει πρώτα αποινάξει το ζυγό της πνευματικής τυραννίας. Όπως αναφέρει ο καθηγητής Γ. Καράς, «οι πρωτοπόροι λόγιοι εκείνης της εποχής, όπως ο Ρήγας, οι οποίοι βρίσκονταν σε επαφή με την ευρωπαϊκή σκέψη, ήταν αυτοί που πρωτοστάτησαν στη διαμόρφωση μίας νέας αντίληψης για την παιδεία κι επιχειρήσαν να μεταφέρουν στον ελληνικό χώρο το πνεύμα του ευρωπαϊκού Διαφωτισμού, του ορθού λόγου, τις κατακτήσεις της επιστημονικής σκέψης, τον απαλλαγμένο από προλήψεις και δεισιδαιμονίες στοχασμό, μέσα σε μία γενικότερη προσπάθεια -την οποία στο Ρήγα θα μπορούσαμε να τη θεωρήσουμε ενουειδίτη- αναζήτησης της εθνικής ταυτότητας» (Καράς, 1990).

Επιπλέον, το «Φυσικής Απάνθισμα» αποτελεί κείμενο μίας περιόδου κατά την οποία συντελείται μία στροφή στην ελληνική παιδεία και την ελληνική σκέψη, χάρη στην επαφή με τις ιδέες του Ευρωπαϊκού Διαφωτισμού. Αυτό εκφράζεται από το γεγονός ότι ο Ρήγας με το βιβλίο του μετέφερε στον ελληνικό χώρο την επιστημονική γνώση, όπως καταγραφόταν στην Encyclopédie των Diderot και D'Alambert (Καραμπερόπουλος, 1996 & 2006). Κυρίως, όμως, εκφράζεται από το ότι τα ελληνικά κείμενα της φυσικής κατά το δεύτερο μισό του 18<sup>ου</sup> αιώνα περνούν από την καταγραφή - ερμηνεία στην ερμηνεία - μελέτη των φυσικών φαινομένων, με βάση την παρατήρηση και το πείραμα. Αυτή η προσπάθεια να αποκτήσει η φυσική την επιστημονική της αυτονομία συμβαδίζει με τη γενικότερη προσπάθεια της ελληνικής σκέψης της εποχής να αποκτήσει επιστημονική συνείδηση (Καράς, 1991).

## Η σχεδίαση

Κατά τη σχεδίαση της παρέμβασης έγινε προσπάθεια να διατυπωθούν με έμμεσο τρόπο και οι μικροί μαθητές, σε βαθμό ανάλογο της ηλικίας τους, να διαχειριστούν ερωτήματα όπως:

- Είναι η επιστημονική σκέψη ένας παράγοντας ιστορικής και κοινωνικής εξέλιξης ή λειτουργεί μόνο στο εσωτερικό της πεδίο;
- Είναι το σύνολο των επιστημονικών γνώσεων και ιδεών δεδομένο και στατικό ή εξελίσσεται και ανατρέπεται;
- Πώς προσδιορίζεται η θέση της επιστήμης στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού;
- Πώς αναδεικνύεται το ανθρώπινο πρόσωπο της επιστήμης μέσα από τις εφαρμογές της για την εξυπηρέτηση ανθρώπινων αναγκών;

Τα ερωτήματα αυτά αναδεικνύονται μέσα από τη σχεδίαση της παρέμβασης για το «Φυσικής Απάνθισμα», η οποία οργανώθηκε γύρω από τέσσερις άξονες.

*1<sup>ος</sup> άξονας: Παρουσίαση του συγγραφέα, του βιβλίου και του ιστορικού πλαισίου*

Στο φυλλάδιο των μαθητών «σπάνεται» μία φανταστική τάξη με μαθητές της ηλικίας τους στην οποία, με τη μορφή ερωταποκρίσεων μεταξύ τους και με το δάσκαλό τους, παρουσιάζονται θέματα, όπως ο ρόλος των φυσικών επιστημών στο Διαφωτισμό, το θέμα της γλώσσας που επιλέγει ο Ρήγας για τη συγγραφή του βιβλίου του, η διαλογική μορφή ανά-

πτυξης του βιβλίου και ο ρόλος του πειράματος σε αυτό, η διαφαινόμενη σχέση παιδαγωγού-μαθητή στο «Φυσικής Απάνθισμα».

Οι μαθητές εντάσσουν το γεγονός της συγγραφής του βιβλίου σε ένα γενικότερο ιστορικό πλαίσιο που χαρακτηρίζει την εποχή του Διαφωτισμού στην Ευρώπη. Εποχή κατά την οποία οι άνθρωποι ενστερνίζονται νέες επιστημονικές και φιλοσοφικές αντιλήψεις και οι φυσικές επιστήμες ερμηνεύουν τα φαινόμενα με τρόπο ορθολογικό και ανατρέπουν δογματικές αντιλήψεις, με αποτέλεσμα να επηρεάζουν κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα πέρα από τα όρια της ίδιας της επιστήμης και να γίνονται έτσι σύμβολο ελεύθερης σκέψης. Επιπλέον, οι μαθητές συνδέουν τον Ευρωπαϊκό Διαφωτισμό με την περίοδο κατά την οποία στον ελληνικό χώρο τα νέα αυτά ρεύματα συνδυάζονται με το αίτημα της εθνικής απελευθέρωσης, γεγονός που προσδιορίζει τον ιδιαίτερο χαρακτήρα της περιόδου αυτής που αποδίδεται σωστότερα ως περίοδος της Νεοελληνικής Αναγέννησης (Καράς, 2000). Στο σημείο αυτό, δίνεται η δυνατότητα να αναδειχθεί το γεγονός ότι οι έντονες ευρωπαϊκές πνευματικές επιδράσεις αυτής της περιόδου όχι μόνο δε μείωσαν, αλλά δυνάμωσαν τη συνοχή του ελληνισμού (Καράς, 2003).

Οι μαθητές συζητούν το γεγονός ότι ο Ρήγας γράφει το βιβλίο του στην απλή καθημιλούμενη γλώσσα της εποχής του, εξηγώντας ο ίδιος στην αρχή της Φυσικής του *«παιδιά όπου μετεχειρίσθην απλούν ύφος ήτον, διά να μιν προξενήσω με την γριφοπία του ελληνισμού εις τους άλλους, εκείνο όπου ο ίδιος έπαθα σπουδάζοντας, να αποφυγω και το του σοφού»* και ακόμα ότι το βιβλίο είναι γραμμένο στο μεγαλύτερο του μέρος σε μορφή ερωταποκρίσεων διδασκάλου-μαθητή συνδέοντάς τις αρμονικά με την περιγραφή 31 πειραμάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται είτε για την κατανόηση καινούργιων όρων και εννοιών, είτε για την απόδειξη ή επαλήθευση φυσικών φαινομένων, είτε για την απόκτηση καινούργιων γνώσεων. Επίσης, συζητείται το γεγονός ότι τόσο η παρουσίαση των πειραμάτων με τρόπο προτρεπτικό, ώστε ο πρωτόπαιρος αναγνώστης-μαθητής της εποχής του Ρήγα να τα εκτελέσει ο ίδιος με τη βοήθεια μέσων και υλικών του άμεσου περιβάλλοντός του, όσο και η σχέση δασκάλου - μαθητή και οι καινιότεμες για την εποχή παιδαγωγικές αντιλήψεις που διαφαίνονται στο «Φυσικής Απάνθισμα» είναι αυτά τα χαρακτηριστικά που καθιστούν το έργο, ιδιαίτερα για τη μεθοδολογική του δομή, αξιοπρόσεκτο εισαγωγικό βιβλίο φυσικής, ενταγμένο στη γενικότερη προσπάθεια της εποχής του για την καταπολέμηση της αμάθειας και του στείρου σχολαστικισμού (Ξενάκης, 1992).

Με άλλα λόγια, μέσα από την προσέγγιση του βιβλίου και του ιστορικού πλαισίου, η επιστημονική σκέψη αναδεικνύεται ως ένας παράγοντας ιστορικής και κοινωνικής εξέλιξης και επισημαίνεται η συμβολή της σε μία τόσο κρίσιμη περίοδο της ελληνικής ιστορίας.

### *2<sup>ος</sup> άξονας: Θερμότητα - θερμοκρασία και μαγνητισμός*

Στον άξονα αυτό γίνεται προσπάθεια να αναδειχθεί το ανθρώπινο πρόσωπο της επιστήμης μέσα από τις εφαρμογές της για την εξυπηρέτηση ανθρώπινων αναγκών.

Για το σκοπό αυτό, περιγράφεται ο εκχιονιστήρας που χρησιμοποίησε ο Ρήγας ως έπαρχος της Κραϊόβας, επίτευγμα που η βοήθεια από τη χρήση του και μάλιστα σε ώρα πολέμου

αποτυπώθηκε σε λαϊκό τρίστιχο της εποχής. Οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν την αντίστοιχη σύγχρονη πρακτική και να τη συγκρίνουν με τη μέθοδο του Ρήγα.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αποσπάσματα από το «Φυσικής Απάνθισμα» για το τι είναι μαγνήτης, την περιγραφή του μαγνητικού φάσματος, την αλληλεπίδραση των μαγνητικών πόλων και τον προσανατολισμό τους προς τους γεωγραφικούς πόλους. Ακολουθεί η περιγραφή του Ρήγα για το πώς γίνεται η κατασκευή μαγνητικής βελόνας για τις ναυτικές πυξίδες και ζητείται από τους μαθητές να εκτελέσουν οι ίδιοι αντίστοιχες δραστηριότητες.

*3<sup>ος</sup> άξονας: Η αστρονομία στο «Φυσικής Απάνθισμα».*

Με αφορμή τις πληροφορίες για το ηλιακό σύστημα, όπως παρουσιάζονται στο βιβλίο Γεωγραφίας της Στ΄ Δημοτικού, θα τεθεί στους μαθητές το ερώτημα αν οι επιστημονικές γνώσεις και ιδέες εξελίσσονται ή/και αλλάζουν, καθώς είναι γνωστό ότι ιδιαίτερα στην ηλικία αυτή τα παιδιά θεωρούν πως ό,τι γνωρίζουμε σήμερα ήταν γνωστό πάντα και ότι ακόμα οι επιστημονικές απόψεις δεν ανατρέπονται.

Οι μαθητές παρακολουθούν μία περιγραφή του Ρήγα για την ανατροπή του Πτολεμαϊκού συστήματος από τον Κοπέρνικο και για τις περιπέτειες του Γαλιλαίου με την Ιερά Εξέταση. Ο τρόπος που επιλέγει ο Ρήγας να πει αυτά που θέλει, με καυστικότητα αλλά και χιούμορ, είναι απολαυστικός: *«Τὸν παλαιὸν καιρὸν ἐνόμιζον πως ὁ ἥλιος καὶ οἱ πλανῆται να ἐγύριζαν τριγύρω εἰς τὴν γῆν. Αὐτὸ τὸ σύστημα ἦτον γνωστὸν πρὸ δυο χιλιάδων χρόνων καὶ συγγράφει περὶ αὐτοῦ ἓνας ἑλληνας Πτολεμαῖος ὀνόματι [...] Φαίνεται πως τὸ ἐδέχθησαν καὶ κάμποσα ἄλλα ἔθνη [...] Ὅλοι ἐκεῖνοι ὁποῦ θεωροῦν τὴν παλαιὰν γραφὴν ὡς βιβλίον νόμου, λέγουν πως ὁ ἥλιος κινεῖται περὶ τὴν γῆν. Πλὴν ἓνας Ἰταλός, Γαλιλαῖος ὀνόματι εἶδε τὰ ἀτοπα αὐτῆς τῆς διδασκαλίας, καὶ εἶπε πως στέκεται μὲν ὁ ἥλιος, τρέχουν δὲ οἱ πλανῆται τριγύρω του. Ἐπρεπε ὁμῶς νὰ φύγῃ, διὰ νὰ μὴν καταπίσῃ εἰς τὴν ἀγίαν ἰκκιζιζιόνε, ἀπὸ τὴν ὁποῖαν δὲν εἶναι ἐλπίς ἀφ' οὗ πέσῃ νὰ γλυτώσῃ τινάς, καθὼς μῦτε καὶ ἀπὸ τὴν φωτιά. Ὑστερον ἀπ' αὐτὸν ἐσηκώθη Νικόλαος ὁ κοπέρνικος, πρὸυσιάνος εἰς ἓναν τόπον, ὁποῦ βασιλεύει ἡ ἐλευθερία [...]. Αὐτός ὁ κοπέρνικος βλέπωντας πως δὲν εἶχε νὰ φοβηθῆ τὴν ἀγίαν ἰκκιζιζιόνε, ἢ τοὺς ἱερούς κεραυνούς τῶν ἀφορισμῶν τοῦ ἀγίου θρόνου τοῦ πάπα, ἔφερεν εἰς ἐκβασὶν τὴν ιδεάν τοῦ σοφοῦ Ἰταλοῦ. Ἄφησε τὸν ἥλιον νὰ πουχάσῃ κομμάτι ὑστερον ἀπὸ ἓναν τόσον πολυχρόνιον κόπον, καὶ ἔκαμε τὴν γῆν καὶ τοὺς πλανῆτας νὰ τρέχουν τριγύρω του».*

Αξίζει να σημειώσουμε εδώ ότι ο Ρήγας, ένθερμος υποστηρικτής του κοπερνίκειου συστήματος, ακριβώς σε αυτό το κομμάτι του βιβλίου του με τις απόψεις που παρουσιάζει όχι μόνο για τις κινήσεις των πλανητών, αλλά και για τα άλλα άστρα-ήλιους ή για την οίκηση των πλανητών από παρόμοια με τον άνθρωπο όντα, μαρτυρά και το βαθμό διείδουσης στην ελληνική διανόηση των επιστημονικών αντιλήψεων που κυριαρχούν στην Ευρώπη την εποχή εκείνη (Καράς, 1990).

Τόσο κατά την παρουσίαση των αποσπασμάτων για τα παραπάνω θέματα, όσο και στις ερωτήσεις που ακολουθούν στο φυλλάδιο των μαθητών, γίνεται προσπάθεια να συνδέσουν οι μαθητές τις επιστημονικές γνώσεις με το ιστορικό γίνεσθαι και να αντιληφθούν την επιστημονική και κοινωνική εξέλιξη ως ενιαίο όλον.

4<sup>ος</sup> άξονας: *Ηλεκτροστατικές μηχανές και εμφάνιση ηλεκτρικού φορτίου.*

Στον άξονα αυτό περιγράφεται η εποχή των πρώτων ανακαλύψεων σχετικά με τα ηλεκτρικά φαινόμενα και εξηγείται ότι κατά την περίοδο εκείνη δεν ήταν γνωστή η φύση του ηλεκτρισμού, «*η ουσία της ηλεκτρικής ύλης δεν είναι ακόμη καλά γνωστή, δια τούτο δεν μπορούμε να δώσωμεν τον ορισμόν της αλλέως παρά εκ των πρώτων αποτελεσμάτων της*».

Να σημειώσουμε παρενθετικά στο σημείο αυτό ότι, λόγω της μικρής ηλικίας των μαθητών που απευθυνόμαστε, έγινε η επιλογή να μην παρουσιαστούν εκείνα τα αποσπάσματα από το «Φυσικής Απάνθισμα» που δεν είναι σύστοιχα με τις σημερινές επιστημονικές απόψεις, όπως για παράδειγμα η θεωρία περί ηλεκτρικού ρευστού κ.ά.

Ο Ρήγας είχε προφανώς παρακολουθήσει στο Βουκουρέστι τα πειράματα του Μανασσή Ηλιάδη, όταν βρισκόταν εκεί ως μαθητής στην ομώνυμη σχολή και αργότερα τα είχε ο ίδιος εκτελέσει ως καθηγητής. Έτσι είχε ιδίαν αντίληψη, ωστόσο στο βιβλίο του με πολύ παραστατικό τρόπο προσπαθεί να τα εξηγήσει στους αναγνώστες του οι οποίοι δεν είχαν την ίδια δυνατότητα. Κεντρικό πειραματικό όργανο αυτών των επιδείξεων ήταν η ηλεκτρική μηχανή, για την οποία μιλά αναλυτικά. Τα αντίστοιχα αποσπάσματα από το «Φυσικής Απάνθισμα» παρουσιάζονται στους μαθητές και με τη βοήθεια και εικόνων περιγράφονται οι δυο ηλεκτροστατικές μηχανές της εποχής, η Otto von Guericke και η Ramsden (ιδιαίτερα για τη δεύτερη εξ αυτών, η φωτογραφία εικονίζει τη Ramsden που χρησιμοποιούνταν στα πειράματα φυσικής στην, υπό τη διεύθυνση του Γρ. Κωνσταντά, Σχολή των Μηλεών Πηλίου). Επίσης, περιγράφεται και παρουσιάζεται στους μαθητές και η σύγχρονη ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst που χρησιμοποιείται στα σχολικά εργαστήρια.

Στο σημείο αυτό επιχειρείται να οδηγηθούν οι μαθητές μέσα από την παρουσίαση των αποσπασμάτων και με τη βοήθεια διαδοχικών πειραματικών δραστηριοτήτων στην οικοδόμηση νέων γνώσεων γύρω από έννοιες του στατικού ηλεκτρισμού. Για το σκοπό αυτό, ζητείται από τους μαθητές να προσδιορίσουν το ρόλο και τη λειτουργία των ηλεκτροστατικών μηχανών που περιγράφηκαν και να διαπιστώσουν τους τρόπους ηλεκτρίσις των σωμάτων. Στη συνέχεια, με τις αντίστοιχες πειραματικές διαδικασίες να συμπεράνουν την ύπαρξη δύο ειδών ηλεκτρικού φορτίου και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Τέλος, χρησιμοποιώντας τις γνώσεις αλλά και τη φαντασία τους να συγκρίνουν τη σύγχρονη ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst με τις παλαιότερες Otto von Guericke και Ramsden.

Ιδιαίτερα τα τελευταία βήματα των παραπάνω δραστηριοτήτων που ζητούνται από τους μαθητές έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε τα ίδια τα παιδιά να ανακαλύπτουν, μέσα από τη σύγκριση των ηλεκτροστατικών μηχανών και την εξέλιξη των επιστημονικών πειραματικών οργάνων, την ίδια την εξέλιξη των επιστημονικών γνώσεων, θέτοντας τους εαυτούς τους με έναν βίωματικό, θα λέγαμε, τρόπο σε ένα μικρό ταξίδι στο χρόνο και την ιστορία της επιστήμης.

## Η εφαρμογή

Η διαμόρφωση ευνοϊκών όρων για την εισαγωγή τέτοιων προγραμμάτων εκπαίδευσης φαίνεται να παίζει κεντρικό ρόλο στην αποτελεσματικότητά τους (Matthews, 1994). Η επιμόρ-

φωση των εκπαιδευτικών που θα εφαρμόσουν τέτοια προγράμματα αποκτά ξεχωριστή σημασία. Έχει άλλωστε επισημανθεί, μιλώντας για την ελληνική πραγματικότητα, ότι η έλλειψη σχετικής βιβλιογραφίας και ιδιαίτερα στην ελληνική γλώσσα ή η έλλειψη επαρκούς συνοδευτικού εκπαιδευτικού υλικού αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα (Σκορδούλης, 2003).

Επίσης, όπως έχει αποδειχθεί και σε άλλα προγράμματα π.χ. άτυπης εκπαίδευσης, η αλλαγή στάσης των εκπαιδευτικών προϋποθέτει τη συμμετοχή τους σε πιλοτικές εφαρμογές τέτοιων προγραμμάτων και επιπλέον η αλλαγή αυτή ενισχύεται από την ανατροφοδότηση μέσω των συμπερασμάτων από την εφαρμογή τους (Καριώτογλου, 2003).

Κατά την εφαρμογή του συγκεκριμένου προγράμματος προηγήθηκαν συσκέψεις, όπου συμμετείχαν τόσο οι εκπαιδευτικοί που σχεδίασαν τις δράσεις του συνολικού προγράμματος όσο και οι εκπαιδευτικοί που θα το εφαρμόζαν. Εκτός από τις γενικές αυτές συναντήσεις, πραγματοποιήθηκαν για το «Φυσικής Απάνθισμα» δύο επιπλέον συσκέψεις με τη συμμετοχή των δασκάλων Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού για τις διδακτικές λεπτομέρειες της εφαρμογής του. Στους μαθητές δόθηκε σχετικό φυλλάδιο, σχεδιασμένο κατάλληλα (χρήση εικόνων, διαλόγων, εργαστηριακό μέρος κλπ) και επιπλέον, ήταν εξαρχής διαθέσιμη για τους εκπαιδευτικούς μία αρκετά εκτενής ελληνική βιβλιογραφία.

Παρά το γεγονός ότι, στο βαθμό των δυνάμεών μας, λάβαμε τα απαραίτητα μέτρα για τη διαμόρφωση ενός ευνοϊκού πλαισίου εισαγωγής της παρέμβασης, δεν ήταν ξένες και σε εμάς οι δυσκολίες συστράτευσης όλων των εκπαιδευτικών στους στόχους της παρέμβασης και η απρόσκοπτη ενσωμάτωσή της στην εκπαιδευτική καθημερινότητα.

## Συμπεράσματα

Η εισαγωγή του «Φυσικής Απάνθισμα» στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις τάξεις Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού αποτέλεσε ένα απαιτητικό όσο και εξαιρετικά ενδιαφέρον εγχείρημα. Παρά το γεγονός ότι είχαμε προηγούμενη εμπειρία στην προσέγγιση του συγκεκριμένου βιβλίου από παρόμοια ηλικία (Καραπάνου, 1997), η απαιτούμενη διδακτική αναπλαισίωση του περιεχομένου, ώστε να εξυπηρετηθούν οι διδακτικοί στόχοι που τέθηκαν, απαίτησε σημαντική εργασία. Η διδασκαλία του «Φυσικής Απάνθισμα» μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τη λειτουργία της επιστήμης μέσα στο πλαίσιο της κοινωνικής και ιστορικής εξέλιξης και να εκτιμήσουν τη συμβολή της στην ιστορία του ανθρώπινου πολιτισμού. Σε κάθε περίπτωση ενισχύει τη θετική στάση τους για το μάθημα και καλλιεργεί τη φιλοδοξία τους να κατανοήσουν τα επιτεύγματα των πρωτοπόρων της γνώσης (Κιντή, 2003). Ως εκπαιδευτικοί θα μας αρκούσε η ελπίδα να καταγραφεί στη σκέψη των μαθητών μας το απόφθεγμα που υπάρχει στο «Φυσικής Απάνθισμα»: *Οποιοι ελεύθερα συλλογάζαι, συλλογάζαι καλά.*

### *Σημείωση*

*Το κείμενο αυτό βασίζεται σε μια εργασία που παρουσιάστηκε στο Συμπόσιο "Η Φυσική & οι Φυσικοί" της Ε.Ε.Φ. που πραγματοποιήθηκε στη Λάρισα τον Απρίλιο του 2006.*

## Βιβλιογραφία

- Βελεστινλής Ρήγας (1790). Φυσικής Απάνθισμα, Φωτοτυπική αντιγραφή του ιστορικού αντιτύπου, έκδοση Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, πρόλογος Μ. Αναστασιάδη, 1971, Αθήνα
- Καραμπερόπουλος Δ. (1996). Ρήγας Βελεστινλής και Encyclopedie: πότε έγραψε το 'Φυσικής Απάνθισμα'. Θεσσαλικό Ημερολόγιο, τόμος 29, Λάρισα
- Καραμπερόπουλος Δ., (2006). Η Γαλλική Encyclopedie - ένα πρότυπο του έργου του Ρήγα 'Φυσικής Απάνθισμα'. Εισαγωγή στη δ' επανέκδοση του 'Φυσικής Απάνθισμα', Έκδοση Επιστημονικής Εταιρείας Μελέτης Φερών-Βελεστίνου-Ρήγα, Αθήνα.
- Καραπάνου Β. (1997). Μελέτη του βιβλίου του Ρήγα Φεραίου Φυσικής Απάνθισμα, Επίβλεψη εργασίας Β. Σιγούντου, Εκπαιδευτήρια Γείτονα, 1996-1997
- Καράς Γ. (1990). Φυσικής Απάνθισμα: ένα σημαντικό έργο του ελληνικού «Διαφωτισμού», Διαβάζω, τεύχος 235
- Καράς Γ. (1991). Οι θετικές επιστήμες στον ελληνικό χώρο (15<sup>ος</sup>-19<sup>ος</sup> αιώνας). Εκδόσεις Δαιδαλος-Ζαχαρόπουλος, Αθήνα
- Καράς Γ. (2000). Νεοελληνικός Διαφωτισμός ή Νεοελληνική Αναγέννηση;, Τα νέα του Κ.Ε.Ν.Ε.Φ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων - Τομέας Φιλοσοφίας - Κέντρο Ερευνών Νεοελληνικής Φιλοσοφίας, τεύχος 5, Ιωάννινα.
- Καράς Γ. (2003). Η ελληνική σύνθεση κατά την περίοδο της Νεοελληνικής Αναγέννησης - διαπιστώσεις, σκέψεις, προβληματισμοί, Πρακτικά 2<sup>ου</sup> πανελληνίου συνεδρίου: Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Μάιος 2003, Αθήνα
- Καριώτογλου Π. (2003). Οργάνωση Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων σε Επιστημονικά και Τεχνολογικά Μουσεία: Βιβλιογραφική επισκόπηση και πρόταση οργάνωσης, Θέματα στην Εκπαίδευση, τόμος 4, τεύχος 2-3, Leader Books
- Κιντή Β. (2003). Πρέπει η διδασκαλία των φυσικών επιστημών να περιλαμβάνει την ιστορία της επιστήμης; Αξιολόγηση της πρότασης του T.S. Kuhn, Πρακτικά 2<sup>ου</sup> πανελληνίου συνεδρίου: Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Μάιος 2003, Αθήνα
- Matthews M, (1994). Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science, Routledge, New York.
- Mach, E. (1883). Science of Mechanics. Open Court Publishing.
- Ξενάκης Χρ., (1992). Το πείραμα στα βιβλία φυσικής του 18<sup>ου</sup> αιώνα. Η περίπτωση του Απανθίσματος Φυσικής του Ρήγα, Υπέρεια, τόμος 2, Αθήνα.
- Σκορδούλης Κ. (2003). Ιστορία Φιλοσοφία της Επιστήμης και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο ΠΤΔΕ του Παν/μιου Αθηνών, Πρακτικά 2<sup>ου</sup> πανελληνίου συνεδρίου: Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Μάιος 2003, Αθήνα



# Διαστημικές ιστορίες γύρω από τη φωτιά: εναλλακτικές αναγνώσεις του βιβλίου της φύσης και αφηγηματική αιτιολόγηση στα παιδικά βιβλία επιστημονικής φαντασίας

Πόλυ Χατζημανωλάκη<sup>1</sup>

*Εκπαιδευτήρια Γέιτονα*

---

## Εισαγωγή

*Ο «κόσμος» των βιβλίων επιστημονικής φαντασίας*

Τα βιβλία επιστημονικής φαντασίας έχουν το προνόμιο να δημιουργούν εξ ολοκλήρου καινούργιους κόσμους. Για το σκοπό αυτό, στοιχεία και υλικά από το εργαστήρι της επιστήμης και της φαντασίας ενσωματώνονται σε ιστορίες με πλοκή. Παρά το ότι αντιμετωπίστηκαν αρχικά από τους κριτικούς σαν παραλογοτεχνία, ορισμένα κατάφεραν σταδιακά να κατοχυρώσουν μια λογοτεχνική ποιότητα, αξιοσημείωτη φήμη και ένα φαναικό κοινό<sup>2</sup>. Σε ένα κόσμο με αβέβαιο μέλλον λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας, της καταστροφής του περιβάλλοντος, της ανισότητας στην κατανομή του πλούτου και της εξακολούθησης της εκμετάλλευσης ανθρώπου από άνθρωπο και όπου συνεχίζονται κηρυγμένοι και ακήρυχοι πόλεμοι για τον έλεγχο των ενεργειακών πηγών και την πολεμική υπεροχή, μπορεί κανείς να συναντήσει γλαφυρές περιγραφές μιας μελλοντικής κοινωνίας, όπου περίπου ό,τι μας απειλεί έχει ήδη συμβεί. Μπορεί να διαβάσει κανείς ιστορίες για το τι συνέβη στη γη μετά από μια φυσική καταστροφή που έγινε στο μέλλον, για τις υπόγειες στοές όπου κατέφυγαν

---

<sup>1</sup> Διδάκτωρ Φυσικής ULB, Υπεύθυνη Πανελληνίου Διαγωνισμού «ΒΙΒΛΙΟΔΡΟΜΙΕΣ», Εκπαιδευτήρια Γέιτονα

<sup>2</sup> Το 1970 ιδρύθηκε η Science Fiction Foundation υπό την αιγίδα των Arthur C. Clarke και Ursula K. Le Guin με στόχο τη συνεργασία συγγραφέων, αναγνωστών, πανεπιστημιακών, λογοτεχνικών κριτικών και άλλων που ενδιαφέρονται ενεργά για την επιστημονική φαντασία και την προώθηση της αρχαικής διάσωσης των έργων. Το περιοδικό που εκδίδουν λέγεται Foundation.

οι άνθρωποι, ή ακόμη για ανθρώπινες αποικίες στο διάστημα. Στόχος των συγγραφέων των βιβλίων επιστημονικής φαντασίας (Dyson, 1998) δεν είναι απαραίτητα η πρόβλεψη, αλλά ο πειραματισμός με το τι θα μπορούσε να συμβεί και, κυρίως, η κοινωνική κριτική<sup>3</sup>. Οι επιστημονικές και τεχνολογικές εφαρμογές του αύριο επενδύονται με κοινωνικές, ψυχολογικές και ανθρωπολογικές συνιστώσες που επιτρέπουν στα κείμενα αυτά την κατασκευή μιας άλλης πραγματικότητας σε μια απόσταση ασφαλείας από το παρόν. Με αυτό τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα σε κάποιον να στοχαστεί και να αξιολογήσει το ενδεχόμενο και τις συνέπειες μιας κατάστασης στην οποία, εννοείται, δεν θα συμμετέχει (Nussbaum, 1995)

Αυτή λοιπόν η προγραμματική, θα λέγαμε, κοινωνική λειτουργία της επιστημονικής φαντασίας στα βιβλία του είδους που έχουν γραφτεί για παιδιά μετασχηματίζεται σε «παιδαγωγική αξία» (Παπαντωνάκης, 2005). Σε αυτούς τους ιδιόμορφους και εξωτικούς κόσμους με τοπία και όντα φτιαγμένα από το «υλικό των ονείρων» και όπου τα ταξίδια γίνονται με διαστημόπλοια και οι επικοινωνίες με υπερσύγχρονα δίκτυα υπολογιστών, υπάρχουν κοινωνίες, υπάρχουν θεσμοί και οπωσδήποτε πρόκειται για συλλήψεις όπου ξαναβρίσκουμε τους χαρακτηριστικούς ανθρωπολογικούς δείκτες<sup>4</sup>: διατροφή, πολιτικοί θεσμοί, εκπαίδευση, δίκαιο... Η γνωριμία των παιδιών, για παράδειγμα, με την Αγορά (συνέλευση) των λυχναρίων στον Ικαρομένιππο του Λουκιανού ή με τις μεταλλικές μπριζόλες στον πλανήτη των Χριστουγεννιάτικων δέντρων του Ροντάρι ή τα δέντρα από ζαχαρωτά στο αστέρι του Εέ του εξωγήινου, ή με τη μεταβολή του ημερολόγιου στον γαλάζιο πλανήτη των παιδιών όταν καρφώνουν στη θέση του τον ήλιο, συντελεί στην καλύτερη οργάνωση των παραστάσεων και της εμπειρίας από τον πραγματικό κόσμο και στο χειρισμό και την επεξεργασία «αλλότριων» κόσμων, είτε αυτοί υπήρξαν στο παρελθόν, είτε αυτοί υφίστανται μόνο στη φαντασία.

### *Η επιστημονική φαντασία και η διδασκαλία της φυσικής*

Εκτός όμως από το προφανές του ανθρωπολογικού ενδιαφέροντος για έναν «άλλο κόσμο» (Σταύρου, 2006), αυτό που διακρίνει τα κείμενα της επιστημονικής φαντασίας από άλλα αντίστοιχα κείμενα ουτοπιών ή ταξιδιωτικών περιηγήσεων - ο Ικαρομένιππος του Λουκιανού άλλωστε γράφτηκε το 2ο αιώνα μ.Χ. για να παρωδήσει τα ταξιδιωτικά κείμενα της εποχής του (Παπαντωνάκης, 2005) - είναι η επιστημονική τους διάσταση. Είναι ο υλικός χαρακτήρας αυτού του «κόσμου». Επιστημονικά όργανα, όπως τηλεσκοπία, φασματοσκόπια, υπολογιστές, εξελιγμένα διαστημικά οχήματα, σεληνιακοί ουρανοξύστες, πλανήτες με ιδιόμορφο ανάγλυφο, ατμόσφαιρα και κλιματολογικές συνθήκες, ψαράνθρωποι που ζουν στη θάλασσα, περίεργα όντα της κρυπτοζωολογίας, cyborgs, δίνουν μια νέα διάσταση στις δυνατότητες και στο ρόλο της επιστήμης. Επενδυμένη με το μύθο αυτών των θαυμαστών δυνατοτήτων η επιστημονική γνώση είναι δυνατόν να κινήσει το ενδιαφέρον και να διευρύνει τη

<sup>3</sup> Όπως για παράδειγμα το δημοφιλές μυθιστόρημα του G.H.Wells *Η Μηχανή του χρόνου*, σε μετάφραση Βούλας Μάστορη, Εκδ. Ψυχογιός, 1993

<sup>4</sup> Αυτό αναδεικνύεται σημαντικό από εκπαιδευτική άποψη ιδιαίτερα σήμερα που τα νέα αναλυτικά προγράμματα (ΔΕΠΣ) ενθαρρύνουν αυτή την προσέγγιση ιδιαίτερα στα μαθήματα της Μελέτης Περιβάλλοντος και της Ιστορίας φέρνοντας τα παιδιά σε επαφή με την καθημερινή ζωή είτε σε άλλους τόπους είτε σε άλλες εποχές

σκέψη των μαθητών σχετικά με την ίδια την επιστήμη, τις μεθόδους της και την επίδρασή της στην κοινωνία (Wilson & Bowen, 2001). Είναι γεγονός ότι αυτό που πεζά θα ονομάζαμε «αξιοποίηση» των κειμένων επιστημονικής φαντασίας για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι πια μια διακριτή αντίληψη στο χώρο της έρευνας για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Ξεκινώντας από τη βασική διαπίστωση ότι η τέχνη της αφήγησης μπορεί να είναι χρήσιμη και στη διδασκαλία της φυσικής (Stannard, 2001) γίνονται προσπάθειες απαλλαγής της διδασκαλίας από την στεγνή ρητορική των ορισμών και των συμπερασμάτων και επιδιώκεται η αναζωογόνηση της διδασκαλίας με τη χρήση της αφήγησης. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με ανθολόγηση κειμένων (Σταύρου, Σκορδουλής & Χαλκιά, 2004) ή με τη συγγραφή κειμένων που γράφονται απευθείας για τη διδασκαλία (Gertz et al, 1996). Οι μαθητές καλούνται είτε κάνοντας διασυνδέσεις με τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις τους να αναγνωρίσουν το επιστημονικό πλαίσιο στα κειμενικά στοιχεία ή μέσω κατάλληλων σεναρίων και σχεδίων μαθημάτων να εισαχθούν σε νέες έννοιες ή εφαρμογές της φυσικής. Το ενδιαφέρον για τα κείμενα αυτού του είδους έχει αυξηθεί μια και χρησιμοποιούνται σαν μέσο διεύρυνσης του παιδαγωγικού υλικού για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Έτσι εξηγείται και ο συγγραφικός αναβρασμός για κείμενα που απευθύνονται σε παιδιά και επιχειρούν να παρουσιάσουν ιστορίες για το νερό και για το φως<sup>5</sup>. Πλήθος ταινιών, εκπομπών και ντοκιμαντέρ που προσπαθούν να διδάξουν τα παιδιά αλλά και το ευρύτερο κοινό διάφορα επιστημονικά θέματα, έννοιες και εφαρμογές με έλκυστικό τρόπο, αξιοποιούν και αναδεικνύουν την πολιτισμική συνιστώσα της επιστήμης. Το αναμενόμενο από αυτή την «επικοινωνιακή» πολιτική της επιστήμης μέσω των κειμένων της επιστημονικής φαντασίας είναι, μια και η πλοκή στα κείμενα επιστημονικής φαντασίας δομείται πάντα στα πλαίσια των επιστημονικών θεωριών ή των μελλοντικών τους επιτευγμάτων, να έρθουν οι αναγνώστες σε επαφή με τις θεωρίες αυτές, να εξαφθεί η φαντασία τους και να κινητοποιηθούν ώστε να ασχοληθούν πιο ενεργά αργότερα με τις ίδιες τις έννοιες του επιστημονικού πλαισίου στο οποίο αναφέρονται τα κείμενα αυτά.

### *Μαθαίνοντας με τις ιστορίες - Ο ρόλος της φαντασίας*

Τα τελευταία χρόνια διακρίνεται και στο χώρο της έρευνας για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών η επίδραση της αφηγηματολογίας. Από τη σύζευξη της αφηγηματολογίας και της εκπαιδευτικής διερεύνησης (Gough, 1993) προκύπτουν νέες προκλήσεις<sup>6</sup> και πειραματισμοί για το ρόλο της αφήγησης στη μάθηση (Knoespel, 1991) χωρίς να παραγνωρίζεται και ο ρόλος των ιδεών από το χώρο της αφηγηματικής ψυχολογίας (Bruner, 1962, 1991).

<sup>5</sup> *Να μην ξεχνάμε και τα κλασικά του είδους όπως ο Μάκης ο Ενζυμάκης της Α. Ραζέλιαν (εκδ. Ψυχογίος) και τις διάφορες μάχες που έχει δώσει στο σόμα ή στο στομάχι καθώς και το Μαγικό Σχολικό της Τζ. Κόουλ (εκδ. Κέδρος) και τα ταξίδια του στο βυθό του ωκεανού, στο ανθρώπινο σώμα, στο διάστημα και αλλού*

<sup>6</sup> *Σε αυτή την κατεύθυνση είναι και η δράση στην Ελλάδα της ομάδας Θαλής και Φίλοι: «η συναισθηματική διασύνδεση με τις περιπέτειες των ηρώων στη μαθηματική λογοτεχνία», γράφει ο Απόστολος Δοξιάδης στο κείμενο Μαθηματικά και Αφήγηση «διαλύει τον πρωταρχικό φόβο των αναγνωστών για τα μαθηματικά» και δίνει την ευκαιρία στους πολλούς, στους νέους ανθρώπους και στους μαθητές «να εξερευνηθούν νέους δρόμους [...] και να αποκτήσουν την εμπειρία μιας τέχνης σοφής που μέχρι τώρα εκρυβε πεισματικά τα μυστικά της».*

Αυτό που προκύπτει από τις προσεγγίσεις αυτές είναι ότι η ανάγνωση, η απαγγελία αλλά και η ακρόαση καλά κατασκευασμένων αφηγήσεων δεν είναι απλά μια δραστηριότητα αναψυχής ή ένα μέσο επικοινωνίας. Αντίθετα, υπάρχουν ενδιαφέροντα επιστημολογικά οφέλη (Worth, 2005) από αυτή τη διαδικασία καθώς αναπτύσσονται δεξιότητες όπως αυτή της αφηγηματικής αιτιολόγησης (narrative reasoning) και' αναλογία με αυτή της επιχειρηματολογικής αιτιολόγησης (discursive reasoning). Κάτι ανάλογο είχε διακρίνει ο Ροντάρι (Rodari, 1993) όταν υποστήριζε ότι «*το παραμύθι εν αγνοία του είναι μια άσκηση λογικής Και είναι δύσκολο να χαράξουμε ένα όριο ανάμεσα στις επιχειρήσεις της φανταστικής λογικής και σε εκείνη τη λογική χωρίς επιθετικούς προσδιορισμούς*». Ακόμα και σε παραμύθια που το κοτοπουλάκι για παράδειγμα αναζητά τη μαμά του και στην αρχή νομίζει ότι τη βρήκε στη μορφή μιας γάτας, μετά σε μια αγελάδα, μετά σε ένα τρακτέρ «*τα παιδιά εξασκούνται να ταξινόμουν πιθανά σύνολα, να αποκλείουν απίθανα σύνολα από ζωή και ανικείμενα. Φαντασία και σκέψη, καθώς ακούνε γίνονται ένα...*» (Rodari, 1993)

Ο ρόλος της φαντασίας λοιπόν είναι καθοριστικός στην ανάπτυξη της «αφηγηματικής λογικής» και της αφηγηματικής κατασκευής νοήματος και για αυτό οι ειδικοί υποστηρίζουν ότι πρέπει να αναπτύσσεται από τις μικρές ηλικίες. Η φαντασία βοηθά στην ανάπτυξη των αιτιακών συλλογισμών για το «πώς τα πράγματα μπορούσαν να εξελιχθούν διαφορετικά» (Worth, 2005). Αυτό είναι το αντίστοιχο των νοητικών πειραμάτων που συχνά χρησιμοποιούν οι φυσικοί. Είναι σαν οι ιστορικοί να κάνουν κάτι αντίστοιχο διατυπώνοντας εναλλακτικά σενάρια για την ιστορία. Σύμφωνα με τον ψυχολόγο Paul Harris<sup>7</sup> η δημιουργία ενός απόλυτα νοητού - φανταστικού περιβάλλοντος βοηθά στην ανάπτυξη της αναλυτικής στάσης στη σκέψη. Έτσι αντίθετα με την κοινή πεποίθηση ότι η αφήγηση, η λογοτεχνία και το φανταστικό γενικά, περιορίζουν μάλλον παρά ενισχύουν τις επιστημολογικές επιδόσεις, αποδεικνύεται ότι ακόμα και σε κόσμους όπου τα ψάρια ζουν σε δέντρα, ή όπου υπάρχει μια ντουλάπα που πίσω της βρίσκεται ένας άλλος κόσμος, ή ακόμα όταν φορώντας ένα δακτυλίδι γίνεσαι αόρατος, η αναλυτική σκέψη συνεχίζει να αναπτύσσεται, παρά το ότι η πραγματικότητα του νοητού κόσμου ορισμένες φορές φαίνεται να παραβιάζει τη συνθήκη της εμπειρικής αντίληψης της πραγματικότητας.

Σύμφωνα δε με τη Worth (2005), η ανάπτυξη της αναλυτικής σκέψης, γίνεται αποτελεσματικότερη μέσω της αφηγηματικής αιτιολόγησης παρά με την επιχειρηματολογική αιτιολόγηση. Μέσω της φαντασίας και της αφήγησης το παιδί οδηγείται στην κατασκευή μιας άλλης αφήγησης μιας άλλης πραγματικότητας και εν τέλει τη δημιουργία νοήματος. Από την πληροφορία δηλαδή που αντλεί κάποιος από μια αφήγηση, πρέπει να μπορέσει να συνθέσει μια

<sup>7</sup> Σε ένα πείραμα που έκανε ο Harris με παιδιά 4 και 6 ετών, επιβλήθηκε στα παιδιά, αντίθετα με αυτά που ήδη ήξεραν, ότι τα ψάρια ζουν στα δέντρα. Κατόπιν τους ανακοινώθηκε ότι «ο Τοι είναι ψάρι». Στο ερώτημα «Ζει ο Τοι στο νερό;» τα παιδιά απάντησαν «ναι», που είναι εμπειρική γνώση, παρά το ότι στην αναλυτική προσέγγιση, αν δεχτούμε την αρχική πρόταση ότι «τα ψάρια ζουν στα δέντρα» τα παιδιά θα έπρεπε να απαντήσουν «όχι». Σε μια άλλη ομάδα όμως επιβλήθηκε: «Ας πούμε ότι ζούμε σε έναν άλλο πλανήτη». Στη συνέχεια, μετά την πρόταση «τα ψάρια ζουν στα δέντρα» και το ο «Τοι είναι ψάρι» τα παιδιά ήταν σε θέση να σκεφτούν με την αναλυτική προσέγγιση και να απαντήσουν αρνητικά στην ερώτηση «ο Τοι ζει στο νερό;» Αναφέρεται στο "Who needs imagination? An Interview with Professor Paul Harris", Harvard Graduate School of Education, March 1, 2002

ιστορία, τη δική του αφήγηση. Όσο καλύτερα κατασκευάζει κάποιος ιστορίες, τόσο πιο έξυπνος μπορεί να γίνει, αν υποθέσουμε ότι η εξυπνάδα είναι η ικανότητα κάποιου να αντλεί πληροφορίες και να βρίσκει συνοχή εκεί που δεν ήταν εμφανής προηγουμένως (Rodari, 1993).

## Η περίπτωση των παιδικών βιβλίων επιστημονικής φαντασίας: “Ο Εέ από τ’ άστρα”, “Ο πλανήτης των χριστουγεννιάτικων δέντρων” και “Ο γαλάζιος πλανήτης των παιδιών”

### *Τρεις διαφορετικοί κόσμοι*

Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με τον εντοπισμό των κοινών αλλά και των διαφορετικών στοιχείων των επινοημένων κόσμων σε τρία παιδικά βιβλία επιστημονικής φαντασίας με σκοπό την ανάδειξη των χαρακτηριστικών της αφηγηματικής αιτιολόγησης σε ιστορίες που διαθέτουν «ασθενές» αλλά διακριτό επιστημονικό υπόβαθρο, που θα μπορούσαμε δηλαδή να τις χαρακτηρίσουμε ως “μη ρεαλιστικές”,<sup>8</sup> αφού παραβιάζουν τη συνθήκη της εμπειρικής αντίληψης της πραγματικότητας. Πρόκειται για τον “Πλανήτη των χριστουγεννιάτικων δέντρων” του Τζιάνι Ροντάρι που γράφτηκε στα 1962, τον “Εέ από τ’ άστρα” που έγραψε ο Έλληνας Μάνος Κοντολέων το 1981 και “Τα παιδιά του γαλάζιου πλανήτη” του Αντρί Σνερ Μάγκνασον που γράφτηκε στα 1999. Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον ότι και τα τρία βιβλία μπορεί να θεωρηθούν ότι έχουν σαν στόχο τον προβληματισμό των μικρών αναγνωστών σε θέματα της παγκόσμιας ειρήνης (Πλανήτης των χριστουγεννιάτικων δέντρων που είναι παλαιότερο) ή σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και σωτηρίας της γης (Εέ από τα άστρα και στα Παιδιά του γαλάζιου πλανήτη). Σε κάθε περίπτωση όμως, η φαντασιακή ατμόσφαιρα που δημιουργούν και η πλοκή των ιστοριών τους, εκτός από την τέρψη των μικρών αναγνωστών, δημιουργούν και μια συναισθηματική εμπλοκή με τη φύση.

Πρωθείται δηλαδή μια «επαναμάγευση» της φύσης. Επιχειρείται η προίποση στη θεώρησή της όχι σαν ένα κόσμο που οφείλουμε να αντιμετωπίσουμε χρησιμοθηρικά και να αξιοποιούμε καταναλωτικά, αλλά σαν ένα κόσμο θαυμαστών φαινομένων που αξίζει το σεβασμό και την αγάπη μας, και μας καλεί να τον παρατηρούμε με αυθεντικό ενδιαφέρον ώστε να τον γνωρίσουμε και να τον κατανοήσουμε.

<sup>8</sup> Ο χαρακτηρισμός δύο από τα κείμενα αυτά, «Ο Εέ από τ’ άστρα» και «Ο πλανήτης των Χριστουγεννιάτικων δέντρων» σαν «υπερρεαλιστικά» ίσως θεωρηθεί πολύ ισχυρός και ίσως απλοϊκός. Ενδεχομένως αρκεί το «κείμενα επιστημονικής φαντασίας για παιδιά» στο βαθμό που τα παιδικά βιβλία χαρακτηρίζονται γενικώς από «μαγική και φαντασιακή ατμόσφαιρα» (πρβλ. Miles Mc Dowell Fiction for Children and adult: some essential differences, *Children’s Literature in Education* 10 (March 1973) που αναφέρεται στις σημειώσεις του μαθήματος «Εισαγωγή στην Παιδική Λογοτεχνία. Θεωρία και Πράξη, του Γιώργου Παπαντωνάκη, στο [http://www.prc.acgean.gr/personel/papanotonakis/Υποσελίδες\\_σημειώσεις\\_Λογοτεχνία\\_και\\_Παιδική\\_Λογοτεχνία\\_Επιλογής\\_Νέο\\_Σύστημα.pdf](http://www.prc.acgean.gr/personel/papanotonakis/Υποσελίδες_σημειώσεις_Λογοτεχνία_και_Παιδική_Λογοτεχνία_Επιλογής_Νέο_Σύστημα.pdf) Παρά ταύτα, αυτά τα δύο βιβλία, εκτός από το ότι χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα από τη μη οπτική και ναιουραλιστική περιγραφή του κόσμου, περιέχουν μεταμορφώσεις και ονειρικές περιγραφές που ανακαλούν αναπόφευκτα τη θεωρία του Φρόνιτ για τα όνειρα (δες Γ. Γαιρομανωλάκη για τον «Εισαγωγικά για τον Υπερρεαλισμό» στο αφιέρωμα του ΕΚΕΒΙ για τον Αντρέα Εμπειρικό <http://www.cmbiricos2001.gr/ypcr2.htm>)

Η περίπτωση του Εέ από τ' άστρο<sup>9</sup> που επισκέπτεται δύο παιδιά που ζουν στην Αθήνα θυμίζει αρκετά το «Μικρό Πρίγκιπα» του Σαιντ Εξυπερύ. Τούτο, όχι μόνο επειδή του μοιάζει στην εμφάνιση -ξανθά μαλλιά, ντύσιμο, ηλικία, συμπεριφορά -, αλλά και γιατί με τη δράση του ανατρέπει την καθημερινή λογική αναδεικνύοντας πολλαπλές δυνατότητες στη δυναμική της πραγματικότητας. Η προαναγγελία της άφιξής του από ένα αστέρι που λάμπει με «ασυνήθιστο φως» - τα παιδιά αναρωπιούνται «λες να είναι κανένας δορυφόρος;» δείχνοντας μια σχετική εξοικείωση με τη διαστημική τεχνολογία - τον καθιστά απαραίτητως εξωγήινο. Το αστέρι αποτελεί το πλαίσιο του εξωτικού κόσμου του Εέ. Είναι εξωγήινος, διαστημικός. Αυτό το πλαίσιο θα επιτρέψει στην ιστορία να αναπτυχθεί και στη συμβατική λογική να ανατραπεί - από δω και πέρα τα πράγματα θα αρχίσουν να συμβαίνουν «αλλιώς».

Σε πλανήτη των χριστουγεννιάτικων δέντρων θα μπορούσε να μετατραπεί τελικά η γη, αν ο Μάρκος, ο ήρωας της ιστορίας του Ροντάρι, κατάφερνε να φυτέψει ένα κλαδάκι από ένα χριστουγεννιάτικο δέντρο του πλανήτη Γαλήνη, εκεί όπου κάποιοι τον απήγαγαν προσωρινά χρησιμοποιώντας για διαστημόπλοιο ένα ξύλινο αλογάκι. Να σημειώσουμε ότι το διαστημόπλοιο του Εέ είναι ένα κονσερβοκούτι. Στον πλανήτη Γαλήνη ο Μάρκος συναντά μια κοινωνία, όπου η πρόοδος της τεχνολογίας έχει απαλλάξει τους ανθρώπους από την εργασία, όπου τα ρομπότ έχουν αναλάβει όλες τις δουλειές, όπου τα πάντα είναι δωρεάν, τα πάντα τρώγονται, κάθε μέρα είναι Χριστούγεννα και κυριαρχεί αιώνια άνοιξη χάρη σε κάποιες μηχανές. «Ο Μάρκο δεν τις είδε γιατί δούλευαν κάτω από το έδαφος ή σε μακρινούς διαστημικούς σταθμούς. Διατηρούσαν το κλίμα, εξουσίαζαν τους ανέμους και τις καταιγίδες και τα άλλα ατμοσφαιρικά φαινόμενα, σύμφωνα με ένα τεχνητό ημερολόγιο, στο οποίο η φύση δεν είχε πια το δικαίωμα να κώνει τη μύτη της».

Η διατάραξη του ημερολογίου γίνεται αισθητή και στο γαλάζιο πλανήτη, που κατοικείται από ευτυχισμένα αλλά ανικανοποίητα παιδιά. Τα παιδιά ζουν σε συνθήκες πρωτόγονης και ημιγύριας ευτυχίας, επιβιώνοντας με το κυνήγι των ζώων και όχι τρώγοντας τα ζαχαρωτά απ' ευθείας από τα δέντρα όπως στο άστρο του Εέ ή θεωρώντας φαγώσιμο οποιοδήποτε υλικό βρίσκεται στον πλανήτη τους. Οι ρυθμοί και οι ισορροπίες της φύσης καθορίζονται από την «περιστροφή» του ήλιου κάθε μέρα και το περιστροφικό πέταγμα των πεταλούδων γύρω από τον πλανήτη μια φορά το χρόνο όταν ενεργοποιούνται από τις ακτίδες του ήλιου. Τα παιδιά παρασύρονται από τις υποσχέσεις του εξωτικού επισκέπτη Γκλαμ - από το Glamour - που καταφτάνει με ένα διαστημόπλοιο και τα κάνει ικανά να πετάξουν όταν φωτίζονται όπως οι πεταλούδες, ψεκάζοντάς τα με πεταλούδοκορη. Δέχονται να καρφώσει τον ήλιο πάνω από το νησί τους ώστε να έχουν αιώνια μέρα. Οι συνέπειες όμως από αυτή την αλλαγή είναι πολύ σοβαρές όχι μόνο για αυτούς που έχουν μέρα αλλά και για αυτούς που ζουν στους αντίποδες και από δω και μπρος θα έχουν νύχτα. Φυσικά υπάρχει τίμημα που πρέπει να πληρώσουν και τα παιδιά γιατί ο Γκλαμ δεν τους είχε βοηθήσει χωρίς αντάλλαγμα<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Μάνος Κοντολέων, «Ο Εέ από τ' άστρο», Εκδ. Καστανιώτη, Αθήνα 1981

<sup>10</sup> Είναι φανερό η επηρροή του κλασικού παι βιβλίου του Μίχαελ Έντε, *Μόμο*, όπου περιγράφεται μια ανάλογη δραστηριότητα αποθήκευσης και ανταλλαγής του χρόνου.

### Με το βλέμμα του Εέ

Η επίσκεψη του εξωγήινου, του διαφορετικού, του άλλου - Εέ όπως ΕΤ<sup>11</sup> - που παρά όλες του τις διαφορές, βρίσκεται στην πόρτα ενός σπιτιού και ζητά τη συντροφιά<sup>12</sup> των παιδιών, είναι το έναυσμα για να αρχίσει η ιστορία, το κάλεσμα για μια άλλη οπτική. Αυτό που είναι ενδιαφέρον εδώ είναι η εστίαση στην όραση στο βλέμμα και στην ανατρεπτική του δύναμη.

Οι μεγάλοι αποκλείονται από το μαγικό κόσμο της άλλης οπτικής. Η όρασή τους είναι ανίσχυρη μπροστά της: Καταρχήν δεν μπορούν να δουν τον Εέ. Είναι αόρατος για αυτούς. Μόνο τα παιδιά μπορούν και τον βλέπουν.

Το βλέμμα του Εέ έχει και άλλες ιδιότητες: *«Ίσια στα μάτια, λες και τρυπούσε το μέτωπο»* έχει τη δύναμη να επιβάλει τη θέλησή του σε όσους από τους μεγάλους του αντιστέκονται.

Η ιστορία του Εέ κατά το διάστημα της παραμονής του στη γη είναι μια επίσκεψη του αναγνώστη σε ένα κόσμο θαυμάτων, για την ακρίβεια η μεταμόρφωση του κόσμου των παιδιών σε ένα κόσμο θαυμάτων, όπου συμβαίνουν διάφορα εξωφρενικά γεγονότα. Τα παιδιά διατρέχουν όλες τις πλευρές και τις ποιότητες της πραγματικότητας: τα μεγέθη, τα βάρη, τις κινήσεις, την ανάπτυξη, τη θρέψη, τον ύπνο, τη σκέψη...Σε αυτή τη διαδρομή όμως υπάρχουν εκπλήξεις. Ο Εέ μπορεί και κάνει τα πράγματα να συμβαίνουν διαφορετικά από ότι συνήθως.

Η μαγεία της ανατροπής των φυσικών νόμων. Ο αιφνιδιασμός απέναντι στο τι θα συμβεί κάθε φορά και η αναγνώριση της εκδοχής του θαυμαστού, του απροσδόκητου, του απίθανου σε σχέση με το αναμενόμενο, είναι μια άψογα λυμένη άσκηση στη «Γραμματική της φαντασίας» του Ροντάρι.

Δεν είναι όμως μόνο αυτό: Επιχειρείται η κατασκευή ενός φανταστικού πανοράματος του γήινου κόσμου, μέσα από το πανίσχυρο βλέμμα του αόρατου Εέ. Τα μάτια του Εέ και κατ'επέκταση των παιδιών (που προς το τέλος του βιβλίου αρχίζουν να μοιράζονται τις ιδιότητες του, αλλά όχι πλήρως), είναι στραμμένα διαρκώς προς το γήινο κόσμο. Όσα συμβαίνουν μέσα από τα μάτια του είναι τα αντικείμενα της παρατήρησης - του πρωταρχικού σταδίου της μελέτης των φυσικών επιστημών - και μετά της επινοημένης ανατροπής της φυσικής κατάστασης. Η ιστορία του στη γη είναι το πανηγύρι της ανατροπής:

Ο Εέ μπορεί να αλλάξει οχήμα μια και περνάει μέσα από κλειδαρότυπες, μπορεί να αλλάξει μέγεθος και να γίνεται «μακρύς όσο το πλοίο» ή μικρός όσο μια μπάλα.

Μπορεί να παραβιάζει το αδιαχώρητο της ύλης αφού περνάει μέσα από τοίχους αλλά και να αραιωθεί κατά βούληση:

<sup>11</sup> Η ταινία με τον εξωγήινο ΕΤ γυρίστηκε ένα χρόνο μετά, δηλαδή το 1982.

<sup>12</sup> Η συντροφιά είναι προϋπόθεση για την ύπαρξή του - « Αν δεν έχω βρει συντροφιά μέχρι το πρωί θα διαλυθώ». Είναι λοιπόν διαφορετικός αλλά όχι έξω από τις σχέσεις με τον άλλο. Η εξωικότητα του έγκειται στην εμφάνιση - «μάτια λίγο οχισιά στις άκρες και αυτιά τριγωνικά προς τα πάνω» - μοιάζει δηλαδή με ξανθό καλικάντζαρο, με ζωικό.

«έγινε ψηλός, πλατύς, λεπτός σαν καπνός σα γαλάζιο σύννεφο - απλώθηκε στο σαλόνι και ηρέμησαν οι ταξιδιώτες, κολύμπησε στην τρύπα του πλοίου και την έκλεισε, κάθισε πάνω στη θάλασσα και τα κύματα ηρέμησαν - το καράβι έπλεε πάνω στο κορμί του»

Δεν ήταν δυνατόν να μην παραβεί και το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα και να επαναφέρει την τάξη στο χάος όταν φυσάει τα έγγραφα και εκείνα πρώτα μπερδεύονται και μετά χωρίζονται και ταξινομούνται αυθόρμητα σε σωστές δεσμίδες.

### Ο χαμένος παράδεισος

Το αστέρι του Εέ κατοικείται από εξωγήινους - παιδιά που έχουν ονόματα από διπλά φωνήεντα - σε μια κατάσταση διαρκούς ευφορίας, γέλιου και γαστριμαργικών απολαύσεων, με στόχο φυσικά την απόλαυση των νεαρών αναγνώστων. Ένας κόσμος που κατοικείται από παιδιά είναι και ο γαλάζιος πλανήτης του Αντρί Μάγκνασον<sup>13</sup> ή που για το μέλλον του αποφασίζουν παιδιά είναι ο Πλανήτης Γαλήνη<sup>14</sup> του Ροντάρι.

Πώς όμως είναι δυνατόν να κατοικηθούν αυτοί οι κόσμοι αν οι συγγραφείς δεν προνοήσουν για αυτό, αν δεν επινοηθούν δηλαδή οι συνθήκες και το επιστημονικό υπόβαθρο αυτής της «ανεστραμμένης πραγματικότητας» που αποτελεί τη σκηνή στην οποία εκτυλίσσονται οι ιστορίες; Πώς γεννιούνται εκεί τα παιδιά; Οι κάτοικοι ζουν αιώνια ή υφίστανται όπως εμείς το θάνατο και τη φθορά; Υπάρχουν ζώα; Τι τρώνε οι κάτοικοι;

Αυτά είναι μερικά από τα ερωτήματα που τροφοδοτούν τη φαντασία του μικρού αναγνώστη στην αναπαράσταση κάθε φορά ενός χαμένου παράδεισου, μακριά από τη γη - στο διάστημα. Στη συνέχεια παρατίθεται ένας κατάλογος από τέτοια θέματα, που αποτελούν το υλικό υπόβαθρο, τις «σκαλωσιές» αυτών των κόσμων και γίνεται μια απόπειρα εντοπισμού ομοιοτήτων, αναλογιών ή διαφορών σε αυτές τις κατασκευές. Από αυτή την καταγραφή έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσει κανείς όχι φυσικά τους απαραίτητους ανθρωπολογικούς δείκτες αλλά κυρίως τις ποιότητες στις οποίες οι συγγραφείς ανατρέχουν για να συνθέσουν αυτούς τους κόσμους. Η αναπαραγωγή, η θρέψη, ο χρόνος, η μέτρηση του χρόνου, η κίνηση, η διατήρηση της ύλης, η συνοχή της, η κλωρίδα και η πανίδα είναι τα απαραίτητα στοιχεία που - έστω και αν δεν συμφωνούν με τη δική μας εμπειρική πραγματικότητα - πρέπει να έχει ακόμα και ένας φανταστικός κόσμος για να έχει υπόσταση. Παρακολουθώντας την αυτοσυνέπεια και σε μια τέτοια συνθήκη, αναδεικνύεται χωρίς αμφιβολία η αφηγηματική αιτιολόγηση.

Ι. Αναπαραγωγή: Ο αποκλεισμός των ενήλικων, η κοινωνία των παιδιών, είναι σίγουρα ένας χαμένος παράδεισος, ένα όνειρο όπου οι μικροί ανήλικοι θα μπορούσαν να ζουν χωρίς περιορισμούς. Πώς θα αναπαράγονται όμως αν δεν υπάρχουν ενήλικες;

Στο αστέρι του Εέ η απάντηση είναι απλή: Δεν υπάρχουν γονείς και οι κάτοικοι γεννιούνται μέσα σε ένα λουλούδι.

<sup>13</sup> Αντρί Σνερ Μάγκνασον, «Τα παιδιά του γαλάζιου πλανήτη», μετάφραση Φίλιππος Μανδηλαράς, Εκδ. Πατάκι, 2004.

<sup>14</sup> Γιάννη Ροντάρι, «Ο πλανήτης των Χριστουγεννιάτικων δέντρων», μετάφραση Χαρά Αρβανιτάκη - Γαλιτεία Γρηγοριάδου - Σουρέλη, Εκδ. Πατάκι, 1991.



Στο γαλάζιο πλανήτη, ο συγγραφέας προλαβαίνει αυτό το ερώτημα με την καταστατική θέση: Για αυτό δεν υπάρχει απάντηση.

**II. Φθορά και θάνατος:** Στο αστέρι του Εέ οι κάτοικοι δεν αρρωσταίνουν και δεν πεθαίνουν ποτέ αλλά μπορούν κατά βούληση να μετατρέπονται σε ένα λουλούδι ή ζώο. Έχουν μάλιστα θεραπευτικές ιδιότητες: ο Εέ μπορεί να θεραπεύσει και να ξανακολλήσει ένα σπασμένο κλαράκι.

Στο γαλάζιο πλανήτη, τα παιδιά έχουν μέσα τους ανεξάντλητα (!) αποθέματα νεότητας αλλά όταν αρχίζουν να τη χρησιμοποιούν σαν αντάλλαγμα για τις υπηρεσίες του εκμαυλιστή Γκλαμ, στο τέλος τα μαλλιά τους θα ασπρίσουν, το δέρμα τους θα ζαρώσει και στις αρθρώσεις τους θα αρχίσουν να νιώθουν την κούραση. Όλα αυτά φυσικά αναστρέφονται όταν η νεότητα τους επιστρέφεται σε μορφή υγρού που με μερικές κουταλιές θα αρχίσει να κυλά πάλι στις φλέβες τους: το δέρμα τεντώνεται ξανά, τα πόδια τους ξαναβρίσκουν τη δύναμή τους και τα μαλλιά τους αποκτούν ξανά το πρώτο τους χρώμα.

**III. Τα ζώα και η διατροφή:** Τα ήμερα ζώα, είναι ακόμα ένα χαρακτηριστικό του χαμένου παράδεισου και πράγματι και το αστέρι του Εέ και ο πλανήτης Γαλήνη είναι τεράστιοι κήποι της Εδέμ, όπου τα ζώα ζουν σε αρμονία με τους κατοίκους μια και δεν χρησιμεύουν για τροφή. Και στις δύο περιπτώσεις, οι κάτοικοι τρέφονται με καρπούς από τα δέντρα του πλανήτη, δέντρα με φύλλα από σοκολάτα, καρπούς από ζαχαρωτά. Εκεί τα σύννεφα είναι από σανιγί και η βροχή από βυσοσινάδα ή σιρόπι φράουλας. Μπορούν όμως να ελέγχουν κατά βούληση τα βιολογικά τους όρια, τρώγοντας απίθανες ποσότητες κατά βούληση και μη τρώγοντας όταν δεν θέλουν. Στον πλανήτη Γαλήνη αντίστοιχα μπορείς να φας τα πάντα: σίδηρο, κάρβουνο, τούβλα, τοιμμένο γυαλιά ξύλο. «Χωνεύουμε τα πάντα και δεν απομένουν σπίτι μας ούτε τα τηλεφωνικά καλώδια». Στη λογική δε ερώτηση του επισκέπτη: «*Γιατί δεν τρώτε τις πόρτες και τα παράθυρα;*» οι κάτοικοι θα απαντήσουν: «*Θα έπρεπε να κοιμηθούμε στα πιάτα και στις κατσαρόλες και να δεχόμαστε τους φίλους μας σε μια σουπιέρα*», που δεν αφήνει καμιά αμφιβολία για το ότι πράγματι μέσα στο πλαίσιο της αφήγησης, δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις επιχειρήσεις της φανταστικής λογικής και ο' αυτές της εμπειρικής λογικής.

Στο γαλάζιο πλανήτη αντίθετα, τα παιδιά/κάτοικοι έχουν αφήσει πίσω τους το στάδιο του τροφοσυλλέκτη και ζουν από το κυνήγι. Σκοτώνουν τα θηράματά τους «με μια ροπαλιά» ή διατρέχουν κινδύνους αναζητώντας την τροφή τους. Με τον ίδιο τρόπο, κινδυνεύουν να γίνουν τα ίδια τροφή για τα άγρια ζώα, ιδιαίτερος όταν έχουν βρεθεί κατά λάθος στη μονίμως σκοτεινή πλευρά του πλανήτη.

**IV. Οι κατοικίες:** Στις κατοικίες του άστρου του Εέ και του Γαλήνη με τα σπίτια σαν μανιτάρια, τους ουρανοξύστες με τα 1001 πατώματα, αναγνωρίζει κανείς φυσικά τα σπιτάκια των Χόμπι και της Χώρας των Θαυμάτων, καθώς και το ζαχαρόσπιτο από το παραμύθι Χάσελ και Γκρέιελ χωρίς όμως την απειλή της κακής μάγισσας.

**V. Βιβλία και η γνώση:** Στο αστέρι του Εέ τα βιβλία είναι φτιαγμένα από γίαιομα και τριαντάφυλλα και βιολέτες και μυρίζουν υπέροχα και οι κάτοικοι που επικοινωνούν τηλεπαθητικά μπορούν να τα διαβάζουν και όταν κοιμούνται και έτσι συγκεντρώνουν τη γνώση που τους χρειάζεται. Στο Γαλήνη τα βιβλία τρώγονται, αλλά οι άνθρωποι αγαπούν τη γνώση, επικοινωνούν με ηλεκτρονικούς μεταφραστές και προτιμούν να λύνουν μαθηματικά προ-

βλήματα από το να αναζητούν την εξουσία

VI. Δρόμοι και οι μετακινήσεις: Στο αστέρι του Εέ οι δρόμοι είναι από τεντωμένο δίχτυ και τα πεζοδρόμια σαν παπλώματα και οι κάτοικοι μπορούν να πηδούν κατά βούληση στο ύψος που επιθυμούν. Στον πλανήτη Γαλήνη τα πεζοδρόμια κινούνται, έχουν μάλιστα παγκάκια για να κάθονται οι γέροι και να μετακινούνται χωρίς να κουράζονται. Το πρόβλημα της κίνησης στο γαλάζιο πλανήτη είναι πιο συμβατό με ένα κόσμο σαν το δικό μας. Μπορεί τα παιδιά να πετούν αλλά χρειάζονται πεταλούδοσκοπη και φως γι' αυτό και όταν βρίσκονται στη σκοτεινή πλευρά χάνουν τη δυνατότητα αυτή και «πηδούν σε ζαλισμένες μύγες». Όταν όμως ανέβουν φωτιά, το φως της τους ξαναδίνει και πάλι τη δυνατότητα της πτήσης.

VII. Διατήρηση της ύλης: Ο Εέ μπορεί να τρώει ένα κάστανο και αυτό «να μη σώνεται», ενδεχομένως μια αρχέγονη επιθυμία του ανθρώπου για αναγέννηση της ύλης, ιδιαίτερα όταν συνδέεται με την τροφή του. Με παρόμοιο τρόπο, στον πλανήτη Γαλήνη αυτό συμβαίνει επίσης με το «άξυστρο», το αντίστροφο της ζύστρας όπου μπορείς να βάλεις ένα τελειωμένο μολύβι και να το βγάλεις ολόκληρο και καινούργιο.

VIII. Η ροή του χρόνου: Ο Εέ μπορεί να επέμβει στη ροή του χρόνου επειδή μπορεί και κατεβάζει κάτω τις βαλίτσες σε ελάχιστο χρόνο. Μπορεί να αγγίζει έναν κισσό και αυτός να βλασταίνει γρήγορα. Αυτό που στον Εέ αποτελεί μαγικό περιπίου χάρισμα, στο γαλάζιο πλανήτη είναι φυσική συνέπεια των παρεμβάσεων στη φύση. Όταν ο ήλιος καρφώνεται στη θέση του «τα λουλούδια άνοιξαν ...Τα λεμόνια κιτρίνισαν, Τα μήλα κοκκίνισαν. Τα δέντρα πρασίνισαν κι άρχισαν να αναπτύσσονται με εκπληκτική ταχύτητα. Το χορτάρι μεγάλωνε κι αυτό τόσο γρήγορα, που άκουγες το θόρυβο που έκανε από μακριά.»

Είναι ενδιαφέρον ότι και στους αντίποδες, όπου υπάρχει πια αιώνιο σκοτάδι, συμβαίνουν παρόμοιες μεταβολές. Οι αράχνες που όταν έπεφτε η νύχτα ύφαιναν τον ιστό τους και τη μέρα παραδοκούσαν τα θύματά τους, «*τώρα που έχει συνεχώς νύχτα μπορούν να υφαινούν τεράστιους ιστούς και να πιάνουν πουλιά ολόκληρα, σκίουρους, ακόμα και μαιμούδες*»

IX. Μέτρηση του χρόνου: Στον πλανήτη Γαλήνη, ο χρόνος ρέει με ένα περιεργό τρόπο αφού κάθε μέρα είναι Χριστούγεννα και η εποχή μονίμως άνοιξη και αυτά όλα έχουν επιτευχθεί με τη βοήθεια της τεχνολογίας. Για αυτούς που το επιθυμούν όμως, υπάρχουν νησίδες από τις άλλες εποχές, το φθινόπωρο, το καλοκαίρι και φυσικά ο χειμώνας. Στο γαλάζιο πλανήτη, από τη στιγμή που ο ήλιος καρφώνεται στη θέση του, δεν μπορούν πια να μετρήσουν το χρόνο. Προσπάθησαν τότε να μετρήσουν το χρόνο με τους χτύπους της καρδιάς τους, παραδοσιακός τρόπος μέτρησης χρησιμοποιώντας ένα περιοδικό φαινόμενο, «*αλλά δεν ήξεραν να μετράνε πάνω από 100. Έτσι αφού μέτρησαν εκατό φορές μέχρι το εκατό σταμάτησαν*»

X. Λύση της συνοχής της ύλης: Ο Εέ μπορεί να αντιμετωπίσει ριζικά αυτό το πρόβλημα αφού μπορεί να κολλήσει μια οπασμένη γλάστρα. Αντίθετα, στον πλανήτη Γαλήνη, οι άνθρωποι ασχολούνται συστηματικά με το να θρυμματίζουν αντικείμενα. Οι οικονομολόγοι του πλανήτη έκριναν ότι βάσει στοιχείων, η κατεδάφιση των κυρίων απέφερε περισσότερα από ότι η επισκευή έχοντας δώσει επί πλέον την ευκαιρία στους κατοίκους να εκτονωθούν. Για να μη χαλάσουν όμως τα παπούτσια τους, όταν θέλουν να εκτονωθούν δίνουν κλωτσιές σε ένα κουτί από λάστιχο.

### *Η αφηγηματική αιτιολόγηση και το μαγικό υλικό TEFLON®*

Αυτή η λογική της φαντασίας όπως την ονομάζει ο Ροντάρι ή αφηγηματική αιτιολόγηση είναι το συνεκτικό υλικό όλων των ιστοριών ακόμα και όταν ο συγγραφέας μέσα στο φανταστικό πλαίσιο που έχει δημιουργήσει δεν μπορεί να βρει μια «λογική» εξήγηση σε κάτι. Τότε ζητά από τους αναγνώστες να δεχτούν αυτό το κάτι σαν αξιωματική παραδοχή του φανταστικού συμβάντος, όπως για παράδειγμα το θέμα της αναπαραγωγής στο γαλάζιο πλανήτη. Ωστόσο αξίζει να αναφερθεί μια περίπτωση όπου η αρχή της αιτιότητας παραβιάζεται από τη φαντασία αλλά όχι για να δημιουργηθεί ένα χάος αλλά μια νέα αιτιότητα που τηρείται με την αυστηρότητα φυσικού νόμου. Αυτό συμβαίνει στο γαλάζιο πλανήτη, όταν ο εκμαυλιστής Γκλαμ ετοιμάζει για τα παιδιά ένα παρασκεύασμα, το μαγικό υλικό TEFLON® φτιαγμένο από το ουράνιο τόξο, το θόρυβο του καταρράχτη, και τις ψυχάλες του νερού, το οποίο κάνει να γλιστράει από πάνω τους η βρωμιά και να φαίνονται ωραία και μωσοχυρισιά.

Να πως παρασκευάζεται το TEFLON® :

«Άρχισε να χτυπά το ουράνιο τόξο και από τις δύο άκρες του, μέχρι που το έκανε μια σταλιά. Το πήρε στα χέρια του, το ζύμωσε και το έκανε μια τσοπδά μπαλίτσα. Έπειτα ανακάτεψε τις ψυχάλες του καταρράχτη με το θόρυβο που έκανε κι έφτιαξε ένα καφετί ποτλό που τον έβαλε σε ένα ψεκαστήρα μαζί με την μπαλίτσα από το ουράνιο τόξο. Δίχως όμως το ουράνιο τόξο, δίχως το θόρυβο και τις ψυχάλες το νερό έπεφτε αδύναμα στη λίμνη, σαν να έσταζε από αγωγό.»

Εκτός φυσικά από την μαγική μηχανική επέμβαση στο ουράνιο τόξο, έχουμε αντιστροφή αιτίου - αποτελέσματος. Στο φανταστικό πλαίσιο της αφήγησης, δεν είναι η ορμητική ροή του καταρράχτη που προκαλεί το θόρυβο και τις ψυχάλες, αλλά ο θόρυβος και οι ψυχάλες είναι που κάνουν το νερό του καταρράχτη να τρέχει ορμητικά και το να τις αφαιρέσει κανείς κάνει τον καταρράχτη να εξασθενήσει. Η επόμενη συνέπεια του μαγικού υλικού TEFLON® είναι ότι η βρωμιά γλιστράει από πάνω τους αλλά γλιστρά και ουδέν άλλο, δεν μπορούν δηλαδή να πιαστούν χέρι - χέρι ούτε να αγκαλιαστούν.

Για να δούμε τώρα τι θα συμβεί αν αντιστρέψουμε αυτή τη διαδικασία, όταν δηλαδή δυο από τα παιδιά αφαιρούν το TEFLON® :

« τα παιδιά τράβηξαν την επιστροφή του μαγικού TEFLON® από το δέρμα τους και την πέταξαν στο νερό.

Μετά

- α) πιάστηκαν χέρι - χέρι και αγκαλιάστηκαν
- β) τότε άκουσαν ελαφρύ θόρυβο να έρχεται από τον καταρράχτη κι είδαν να σχηματίζεται
- γ) ένα μικροσκοπικό ουράνιο τόξο, χίλιες φορές μικρότερο από αυτό που ήταν εκεί».

Όταν δε όλα τα παιδιά αφαίρεσαν το TEFLON®

«όσο περισσότερο από αυτό πετούσαν τόσο δυνάμωνα ο ήχος του καταρράχτη, μέχρι που έγινε θόρυβος όμοιος με αυτόν που ακουγότανε παλιά. Ο θόρυβος έγινε εκκωφαντικός. Μετά δημιουργήθηκε ένα τεράστιο ουράνιο τόξο»

Η πρώτη συνέπεια δηλαδή που αίρεται είναι η έλλειψη τριβής, έπαψαν να γλιστράνε και πιάστηκαν χέρι-χέρι και μετά ένα-ένα τα υλικά του TEFLON® έπαιζαν το ρόλο τους ως αίτια - αποτελέσματα στη δημιουργία του καταρράχτη.

*Η απομάγευση - «ίσως δεν είναι τόσο φοβερό να γυρίζεις σπίτι σου»*

Ακόμα και στην περίπτωση του γαλάζιου πλανήτη, όπου έχει διαταραχθεί ο ρυθμός του κόσμου δημιουργώντας ένα πλαστό παράδεισο, οι ήρωες όλων των ιστοριών, έχοντας γευτεί τους καρπούς του παραδείσου, δεν επιθυμούν να γυρίσουν πίσω στη γη. Η επιστροφή όμως είναι αναπόφευκτη και η παλιά ζωή, αναβαπτισμένη από την εμπειρία της προηγούμενης περιπέτειας, έχει νέο νόημα και προοπτική για τους ήρωες. Στην περίπτωση του Εέ, είναι ενδιαφέρον ότι μετά την επιστροφή τους στη γη, μετά το νοερό τους ταξίδι στο αστέρι του, ο Εέ προσπαθεί να μεταδώσει κάποιες από τις «υπερφυσικές» ιδιότητές του στα παιδιά. Αυτό όμως δεν γίνεται ολοκληρωμένα. Για παράδειγμα, τα παιδιά γίνονται αόρατα, χωρίς όμως να μοιράζονται και τις άλλες ιδιότητες, όπως τη δυνατότητα παραβίασης του αδιαχώρητου και της μεταβολής του σχήματος. Οι ήρωες λοιπόν μαθαίνουν να βιώνουν μια ιδιότητα υπό περιορισμούς. Η αντιμετώπιση των περιορισμών αυτών αναδεικνύεται σε μια συναρπαστική εφαρμογή της αφηγηματικής αιτιολόγησης. Τα παιδιά προσαρμόζονται στο να μην τα βλέπουν οι άλλοι αλλά να μπορούν να τα ακούν. Συνηθίζουν ακόμα να κινούνται αόρατα έχοντας σταθερό σχήμα και όγκο και χωρίς να μπορούν να περάσουν από τις κλειδαρόφυτες.

Η αναγγελία της επιστροφής στην πραγματικότητα γίνεται μετά την επιστροφή τους από τις διακοπές όπου παρά την απογοήτευση ομολογούν ότι «ίσως δεν είναι τόσο φοβερό να γυρίζεις σπίτι σου». Αυτό είναι το σύνθημα για να αρχίσει η απομάγευση που θα ολοκληρωθεί όταν θα μείνουν πια μόνο τους να αντιμετώπισουν τον πραγματικό κόσμο, όταν ο Εέ επιστρέφει στο αστέρι του.

## Εχθρός της σκέψης είναι η πλήξη

Έρχεται επομένως ο καιρός που τα παιδιά θα αρχίσουν μόνο τους να γράφουν τη δική τους ιστορία, μετά το τέλος του βιβλίου. Την ιστορία που εκτυλίσσεται μετά την αναχώρηση του Εέ, μετά τη επιστροφή του Μάρκο στη γη - τον πλανήτη των χριστουγεννιάτικων δέντρων, μετά την αφαίρεση του τεράστιου καρφιού από τον ήλιο στο γαλάζιο πλανήτη. Έχουν ακόμα πολλά να μάθουν από το βιβλίο της Φύσης, αλλά έχουν διδαχθεί το πιο σημαντικό - να φαντάζονται το πιθανό και το απίθανο και να παρατηρούν με καθαρό βλέμμα τι είναι αυτό που συμβαίνει πραγματικά.

Αυτό ελπίζουμε να συμβεί και στους μικρούς αναγνώστες μετά την απελευθερωτική επαφή της σκέψης τους με τον Εέ και το φανταστικό πλανήτη του, το νοερό ταξίδι στον πλανήτη Γαλίνη του Ροντάρι και τη γνωριμία τους με τα παιδιά του γαλάζιου πλανήτη. Εκεί μάλιστα το βιβλίο τελειώνει με μια νέα διήγηση, όπου τα παιδιά κάθονται γύρω από τη φωτιά και διηγούνται ιστορίες για διαστημικά τέρατα.

Γιατί όμως έχουμε ανάγκη για να φτιάξουμε τις ιστορίες μας κάνοντας τόσο μακρινά ταξίδια; Το «μακρινό», το ανοίκειο, δημιουργεί προϋποθέσεις όπως έχει ήδη αναφερθεί στην εισαγωγή (Nussbaum, 1995) για στοχασμό στα ενδεχόμενα καταστάσεων όπου κάποιος δεν συμμετέχει. Ιδιαίτερα όμως για τα παιδιά, όπου επιδιώκεται εκτός των άλλων η ανάπτυξη της αναλυτικής σκέψης μέσω της αφηγηματικής αιτιολόγησης, θα τολμήσουμε να χρησιμοποιήσουμε από το χώρο της παιδαγωγικής ψυχολογίας την παρακάτω ρήση του Ντιούι στο «Πώς σκεφτόμαστε»<sup>15</sup>, σαν μια απολογία του φανταστικού στην παιδική λογοτεχνία:

«Η οκέψη πρέπει να κρατηθεί για το ασταθές το καινούργιο, το προβληματικό. Από εδώ πηγάζει η αίσθηση του πνευματικού εξαναγκασμού και της απώλειας χρόνου που νιώθουν τα παιδιά όταν τους ζητάμε να συλλογιστούν για πράγματα οικεία».

## Βιβλιογραφία

- Bruner, J. (1962). *Essays of the left hand, On Knowing*, Harvard University Press, Cambridge
- Bruner, J. (1991). *The narrative construction of reality*, *Critical Inquiry* 18, University of Chicago
- Dyson, F. (1998). *Imagined Worlds (The Jerusalem Harvard Lectures)*, USA: First Harvard University Press Paperback Edition.
- Gertz, S.E., Portman D.J., & Sarquis, M. (1996). *Teaching Physical Science through Children's Literature*, Learning Triangle Press/McGraw Hill, Harrisburg, Pennsylvania.
- Gough, N. (1993). *Narrative theory and educational inquiry: qualitative research as metafictional storytelling*, Paper presented at the Annual Conference of the Australian Association for Research in Education, Fremantle, Western Australia.
- Knoespel, K. J. (1991). *The emplotment of chaos: Instability and narrative order*. In N.K. Hayles (Ed.) *Chaos and order: Complex dynamics in literature and science* (pp100-122). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Nussbaum, M. (1995). *Poetic Justice* Boston: Beacon Press.
- Παπαντωνάκης, Γ. (2005). *Ο παιδαγωγικός χαρακτήρας των βιβλίων επιστημονικής φαντασίας. Σκέψεις με αφορμή αναγνώσεις ελληνικών παιδικών κειμένων επιστημονικής φαντασίας*, ΚΕΙΜΕΝΑ, τεύχος 3.
- Rodari, G. (1993). *Grammatica de la fantasia, Introduzione all' arte di inventare storie*, Editioni EL, S.r.l, Trieste (1993) κυκλοφορεί στα Ελληνικά: Ροντάρι, Τζ. (2003). *Η Γραμματική της φαντασίας* μετάφραση Γιώργος Κασαπίδης, Εκδ. Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Stannard, R. (2001). *Communicating Physics through Story*. *Physics Education*, v36 n1 p30-34.
- Σταύρου, Ι. (2006). *Εμείς και οι άλλοι: η Ετερότητα στα κείμενα Επιστημονικής Φαντασίας*, *Κριτική*, 4:21-33.
- Σταύρου, Ι., Σκορδούλης, Κ., Χαλκιά, Κ. (2004). *Ανυλήψεις των παιδιών για την ύπαρξη εξωγήινης νοήμονος ζωής και διδασκαλία μέσω της ανάγνωσης κειμένων επιστημονικής φαντασίας*. Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Φυσικής: «Εξελίξεις, Τάσεις, Επιτεύγματα και Διδακτική της Φυσικής», Συμπόσιο: «Μορφές Επικοινωνίας στις Φυσικές Επιστήμες».
- Wilson, D & Bowen Z. (2001). *Science and Literature: Bridging the Two Cultures*, University Press, Florida.
- Worth, S. (2005). *Narrative knowledge: Knowing through Storytelling στο Media in Transition*, MIT4: *The work of stories*, School of Humanities, Art and Social Sciences, MIT Writing Programme.

<sup>15</sup> Αναφέρεται στο βιβλίο του Τζιάννι Ροντάρι *Η Γραμματική της φαντασίας*.



# Ο Δαρβινισμός στο ιστορικό, κοινωνικό και πολιτιστικό πλαίσιο της Βικτωριανής Αγγλίας: ένα πρόγραμμα για τη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης

Χρήστος Γρηπιώτης & Κώστας Καμπουράκης

*Εκπαιδευτήρια Γείτονα*

---

## Εισαγωγή

Οι ανακαλύψεις του Κοπέρνικου, του Κέπλερ, του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα τον 16ο και 17ο αιώνα έφεραν τα φαινόμενα του σύμπαντος στο πεδίο της επιστήμης, υποδεικνύοντας ότι ήταν δυνατόν να εξηγηθούν επιστημονικά. Έτσι, βρέθηκε ότι η Γη δεν είναι το κέντρο του κόσμου αλλά ένας μικρός πλανήτης σε τροχιά γύρω από ένα μεσαίου μεγέθους άστρο και ότι οι κινήσεις των άλλων πλανητών μπορούν να ερμηνευτούν με τους ίδιους απλούς νόμους που διέπουν τις κινήσεις των φυσικών σωμάτων επάνω στη Γη. Αυτή ήταν μια επαναστατική αλλαγή στη διανοητική ιστορία της ανθρωπότητας που άλλαξε ριζικά την αντίληψη μας για τον κόσμο. Έως τα μέσα του 19ου αιώνα η προέλευση των οργανισμών και οι θαυμαστές προσαρμογές τους είτε παρέμεναν ανεξήγητες είτε αποδίδονταν σε θείο σχεδιασμό.

Στην Αγγλία, η επικρατέστερη προσέγγιση στην εξήγηση του φαινομενικού σχεδιασμού της φύσης ήταν η Φυσική Θεολογία, σύμφωνα με την οποία όλοι οι οργανισμοί ήταν δημιουργήματα ενός καλοπροαίρετου σοφού Δημιουργού. Οπουδήποτε υπήρχε σχέδιο, θα έπρεπε να υπάρχει και ένας σχεδιαστής, όπως η ύπαρξη ενός ρολογιού προϋπέθετε την ύπαρξη ενός ωρολογοποιού. Η δημοσίευση της Προέλευσης των Ειδών (στο εξής *Προέλευση*) (Darwin, 1859) από τον Κάρολο Δαρβίνο (1809-1882) επέφερε μια δεύτερη επαναστατική αλλαγή στην πνευματική μας ιστορία που μετέβαλε ριζικά την αντίληψη μας για τη θέση του ανθρώπου στον κόσμο. Ο Δαρβίνος, αν και δεν ήταν ο πρώτος που συνέλαβε την ιδέα αυτή, συγκέντρωσε τεκμήρια τα οποία κατέδειξαν ότι οι οργανισμοί είχαν εξελιχθεί από κοινούς προγόνους και πρότεινε ένα μηχανισμό για την εξελικτική διαδικασία: τη Φυσική

Επιλογή. Οι προσαρμογές και η ποικιλότητα των οργανισμών, η προέλευση νέων και πιο πολύπλοκων μορφών ακόμα και η προέλευση της ίδιας της ανθρωπότητας θα μπορούσαν να εξηγηθούν με μια απόλυτα φυσική διαδικασία αλλαγής.

Ο σκοπός του προγράμματος που παρουσιάζεται στην εργασία αυτή ήταν να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τη Φύση της Επιστήμης μέσα από μια καλά τεκμηριωμένη ιστορική περίπτωση: της ανάπτυξης της δαρβινικής θεωρίας. Η ρητή, ισχυρά πλαισιωμένη διδασκαλία θεωρείται μια σημαντική μέθοδος για την αποτελεσματική κατανόηση της φύσης της επιστήμης (Clough, 2006). Μέσα από τη μελέτη του συγκεκριμένου πολιτιστικού, πολιτικού, κοινωνικού, θρησκευτικού και επιστημονικού περιβάλλοντος οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν μια από τις κεντρικές ιδέες της Φύσης της Επιστήμης: ότι «οι επιστημονικές ιδέες επηρεάζονται από το κοινωνικό και ιστορικό πλαίσιο» (McComas, Almazroa & Clough, 1998) ή ότι «υπάρχουν ιστορικές, πολιτιστικές και κοινωνικές επιδράσεις στην πρακτική και στις κατευθύνσεις της επιστήμης» (McComas, 2008). Το πρόγραμμα αυτό βασίζεται στη ζωή και την εποχή του Δαρβίνου για την ανάπτυξη μιας αυθεντικής μαθησιακής εμπειρίας για τη φύση της επιστήμης. Το επιστημονικό του έργο καθώς και η ανάπτυξη, η υποδοχή και ο αντίκτυπος της θεωρίας της δαρβινικής θεωρίας στη Βικτωριανή Αγγλία του 19<sup>ου</sup> αιώνα αποτελούν μια σημαντική μελέτη-περίπτωσης της αλληλεπίδρασης επιστήμης και κοινωνίας.

## Σύνοψη του προγράμματος

Το πρόγραμμα περιλάμβανε πέντε διαλέξεις για τις α) ιστορικές, β) κοινωνικές και γ) πολιτιστικές αλληλεπιδράσεις σχετικά με τη θεωρία αυτή. Αρχικά οι μαθητές παρακολούθησαν μια εισαγωγική παρουσίαση της Βικτωριανής κοινωνίας, όπως αυτή περιγράφεται σε λογοτεχνικά κείμενα του πρώτου μισού του 19<sup>ου</sup> αιώνα (διάλεξη 1). Στη συνέχεια έγινε παρουσίαση των ιστορικών επιρροών που συμπεριέλαβε απόψεις επιστημόνων οι οποίες είχαν καταλυτική επίδραση στη σκέψη του Δαρβίνου (διάλεξη 2). Η παρουσίαση των κοινωνικών επιρροών αφορούσε διάφορες πτυχές της προσωπικής και κοινωνικής ζωής του Δαρβίνου οι οποίες καθυστέρησαν ή επιτάχυναν την δημοσίευση της *Προέλευσης*, όπως ο φόβος του Δαρβίνου και την αντίδραση της κοινής γνώμης στις αιρετικές για την εποχή απόψεις του, η αποδυνάμωση της θρησκευτικής του πίστης εξαιτίας της απώλειας της αγαπημένης κόρης του και ο φόβος της απώλειας των πρωτείων στη διατύπωση της θεωρίας της φυσικής επιλογής (διάλεξη 3). Έπειτα, η μελέτη των πολιτιστικών επιρροών εστίασε στη σχέση μεταξύ επιστήμης και θρησκείας. Ειδικότερα, δόθηκε έμφαση στην ιστορική ανάλυση της ανυπαράθεσης Huxley-Wilberforce, σε μια προσπάθεια να δείχθει ότι αυτή δεν αποτελούσε ένα περιστατικό μιας γενικότερης διαμάχης μεταξύ επιστήμης και θρησκείας (διάλεξη 4). Τέλος, έγινε μια συνοπτική περιγραφή της επίδρασης της θεωρίας του Δαρβίνου στη λογοτεχνία με στόχο να αναδειχθεί αυτή η ενδιαφέρουσα σχέση (διάλεξη 5). Λέξει να αναφερθεί ότι, λόγω της σειράς των διαλέξεων, οι μαθητές είχαν ταυτόχρονα την ευκαιρία να παρακολουθήσουν μια σύντομη αναδρομή στα βασικότερα



ιστορικά γεγονότα που σχετίζονται με τη Δαρβινική θεωρία.

Μια ομάδα μαθητών της Β' τάξης Λυκείου, με επαρκή γνώση της αγγλικής γλώσσας που θα τους επέτρεπε να μελετήσουν τα πρωτότυπα κείμενα, παρακολούθησαν τις διαλέξεις στο αμφιθέατρο των Εκπαιδευτηρίων Γείτονα. Στους μαθητές δόθηκε ένα ειδικό τεύχος το οποίο περιείχε βιογραφικά στοιχεία και αποσπάσματα από τα κείμενα πολλών σημαντικών προσωπικοτήτων της Βικτωριανής Αγγλίας. Το τεύχος αυτό ήταν κυρίως μια συλλογή κειμένων από διάφορες πηγές, κυρίως βιβλία και ανθολογίες, η οποία έγινε με ιδιαίτερη προσοχή προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιστημονική και η ιστορική εγκυρότητα και να απομυθοποιηθούν γεγονότα και καταστάσεις. Ωστόσο, πολλά από αυτά τα κείμενα μπορούν να βρεθούν και στο διαδίκτυο, αν και πολλές φορές παρουσιάζουν αλλαγές από την αρχική τους μορφή (βλ. Παράρτημα). Στους μαθητές επίσης προτάθηκε ως συμπληρωματικό ανάγνωσμα το βιβλίο της Janet Browne *Darwin's Origin of Species: A Biography* (2006). Σημειώνεται ότι το βιβλίο αυτό έχει μεταφραστεί και στα ελληνικά (Browne, 2007).

## **Σκέψεις και προβληματισμοί πριν από την *Προέλευση***

Η διάλεξη 1, με τίτλο *Σκέψεις και Προβληματισμοί στη Βικτωριανή Εποχή*, ήταν μια σύντομη εισαγωγή στα κοινωνικά χαρακτηριστικά του Λονδίνου εκείνης της περιόδου. Μια σύντομη αναφορά έγινε στον Βασιλιά Ερρίκο τον 8<sup>ο</sup>, αν και ανήκει στην εποχή των Τυδώρ, καθώς ήταν διάσημος για την αποστροφή του προς την καθαριότητα την οποία θεωρούσε περιττή πολυτέλεια. Η παρουσίαση διανθίστηκε με πολλά άλλα γεγονότα από τα οποία ορισμένα αναφέρονται ενδεικτικά. Το πόσιμο νερό την εποχή εκείνη προερχόταν από τα πηγάδια των οικισμών όπου κατέληγε από υπόγεια ύδατα τα οποία συνήθως ήταν μολυσμένα από τα λύματα και τα απόβλητα των γειτονικών πόλεων. Η ζάχαρη ήταν πολύ ακριβή και γνωστή για το σάπισμα των δοντιών, με αποτέλεσμα τα σάπια δόντια να αποτελούν ένδειξη πλούτου. Έτσι, οι γυναίκες που δεν μπορούσαν να αγοράσουν ζάχαρη για οικονομικούς λόγους μαύριζαν τα δόντια τους για να φαίνονται πλουσιότερες από ό,τι ήταν στην πραγματικότητα. Οι αριστοκράτες που ζούσαν σε ευρύχωρα σπίτια με ξεχωριστές κρεβατοκάμαρες είχαν την συνήθεια να κρεμούν τα ρούχα τους πάνω από τρύπες οκαμμένες στο χώμα που χρησιμοποιούνταν ως αποχωρητήρια με σκοπό να απαλλάξουν τα ρούχα τους από ψείρες και κοριούς με τη βοήθεια της οσμής των ούρων. Τα κρεβάτια με ουρανό δημιουργήθηκαν από ανάγκη γιατί οι άνθρωποι στα χωριά έπρεπε να βρουν έναν τρόπο να συνεχίζουν ανένδοχο τον ύπνο τους το βράδυ καθώς συχνά έπεφταν από τη σκεπή ζωύφια, αρουραίοι ή ακόμα και σκύλοι. Οι φτωχοί άνθρωποι ανάγκαζαν τα παιδιά τους να εργάζονται σε ορυχεία ή εργοστάσια καθώς είχαν ανάγκη από χρήματα, παρά το γεγονός ότι αυτό είχε ως συνέπεια ένα προσδόκιμο ζωής της τάξης των 25 ετών.

Στο τέλος της διάλεξης προέκυψε μια πολύ ενδιαφέρουσα συζήτηση σχετικά με την άγνοια των ανθρώπων της Βικτωριανής Αγγλίας για ζητήματα σχετικά με την επιστήμη αλλά και σχετικά με το πόσο λίγο είχαν αντιληφθεί τη σημασία της καθαριότητας. Οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να διαβάσουν αποσπάσματα και να εντοπίσουν ιδέες σχετικές με την

εξέλιξη στην εισαγωγή του *Frankenstein* της Mary Shelley (1797-1851), στο *Sartor Resartus* του Thomas Carlyle (1795-1881) και στο *In Memoriam* του Alfred Tennyson (1809-1892). Επίσης, είχαν την ευκαιρία να διαβάσουν περιγραφές της σκληρής καθημερινότητας της Βικτωριανής Αγγλίας στο *The Cry of Children* της Elizabeth Barrett Browning (1806-1861) και στο *Hard Times* του Charles Dickens (1812-1870). Βεβαίως αυτά αποτελούν μερικά παραδείγματα, καθώς πολλά περισσότερα μπορούν να βρεθούν σε ανθολογίες (Greenblatt 2005, Ford, 1999, Ousby, 1996). Από τους 85 μαθητές που παρακολούθησαν τη διάλεξη αυτή, 50 δήλωσαν ότι επιθυμούσαν να παρακολουθήσουν τη συνέχεια του προγράμματος. Το πιο ενδιαφέρον σχόλιο που έγινε από πολλούς μαθητές ήταν ότι πριν τη διάλεξη είχαν μια εσφαλμένη εικόνα της Βικτωριανής κοινωνίας, καθώς θεωρούσαν ως αντιπροσωπευτική τη ζωή των αριστοκρατών όπως παρουσιάζεται στις ταινίες και όχι εκείνη των κατώτερων τάξεων.

## Ιστορικές επιρροές

Η διάλεξη 2, με τίτλο *Το Πνευματικό Περιβάλλον του Δαρβίνου*, ήταν μια ανάλυση κειμένων από σημαντικούς διανοητές της εποχής που επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τον Δαρβίνο. Το κεντρικό θέμα της διάλεξης ήταν ότι η ανάπτυξη μιας επιστημονικής θεωρίας δεν είναι προϊόν της εργασίας ενός μόνο ανθρώπου, καθώς η μελέτη παλαιότερων κειμένων αναπόφευκτα επηρεάζει κάθε μεταγενέστερη θεώρηση. Αυτό δεν σημαίνει μόνο ότι κάποιος θα υιοθετήσει παλαιότερες ιδέες και θα τις αναπτύξει περαιτέρω. Ένας επιστήμονας μπορεί να επηρεαστεί θετικά από παλαιότερες εσφαλμένες ιδέες και να καταλήξει σε σωστά συμπεράσματα.

Ο Κάρολος Δαρβίνος ήταν εγγονός του Έρασμου Δαρβίνου (1731-1802), ενός δυναμικού και αντι-συμβατικού ανθρώπου. Ο Έρασμος πέθανε το 1802 και έτσι ο Κάρολος, που γεννήθηκε το 1809, δεν τον γνώρισε και τουλάχιστον κατά την αρχή της καριέρας του δεν φαίνεται να είχε επηρεαστεί ιδιαίτερα από τα γραπτά του παππού του ο οποίος ήταν οπαδός της εξέλιξης (Darwin, 1995, σελ.166). Οι ιδέες του Έρασμου για την εξέλιξη παρουσιάστηκαν σε δυο σημαντικά έργα: τη *Zoonomia* (1794-1796) και το *The Temple of Nature* (1802) και διαμορφώθηκαν σε μια περίοδο που πολλοί σημαντικοί φιλόσοφοι είχαν αρχίσει να αμφισβητούν την αυθεντία της θρησκείας και την ικανότητα της να δώσει απαντήσεις σε συγκεκριμένα ερωτήματα. Ίσως ο πιο αποτελεσματικός από αυτούς ήταν ο David Hume (1711-1776), ένας εμπειριστής φιλόσοφος ο οποίος είχε εκφράσει σκεπτικισμό για την ύπαρξη Θεού, αν και δεν θεωρούσε τον εαυτό του άθεο (Hume, 1993/1779). Η άποψη αυτή ήταν εντελώς ασύμβατη με τη Φυσική Θεολογία που ήταν μια διαδεδομένη προσέγγιση στη μελέτη της φύσης στην Αγγλία των αρχών του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Ωστόσο, φαίνεται ότι ούτε οι απόψεις του Hume επηρέασαν αρχικά τη σκέψη του Δαρβίνου. Παρά το γεγονός ότι ο Δαρβίνος είχε διαβάσει τα έργα του Hume, δεν φαίνεται να είχε επηρεαστεί τόσο ώστε να αμφισβητήσει τη θεολογία και της μεθόδους της (Huntley, 1972) και φαίνεται να έλαβε σοβαρά υπόψη τις ιδέες του Hume σε αρκετά μεγαλύτερη ηλικία (Keynes,

2001, σελ.335-338). Αντίθετα, ενώ ήταν φοιτητής στο Cambridge, ο Δαρβίνος ασπάστηκε τις απόψεις του William Paley (1743-1805), του βασικού εκπροσώπου της Φυσικής Θεολογίας, για τη σχέση μεταξύ της προσαρμογής και της χρησιμότητας. Ο Paley υποστήριζε ότι τα μέρη του σώματος ήταν κατάλληλα διαμορφωμένα προκειμένου να είναι χρήσιμα στους οργανισμούς που τα έφεραν και ότι είχαν σχεδιαστεί κατάλληλα από το Θεό για το σκοπό αυτό, γεγονός που υποδείκνυε τη σοφία Του (Paley, 2006/1802, σελ. 8). Ο Δαρβίνος τελικά αντέστρεψε τη δομή αυτού του επιχειρήματος, μετατρέποντας την προσαρμογή από μια σταθερή κατάσταση σε μια διαδικασία κατά την οποία τα είδη ανταποκρίνονταν στις περιβαλλοντικές αλλαγές (Bowler, 2003, σελ.149).

Η συζήτηση για την προέλευση των ειδών που προηγήθηκε της δημοσίευσης της θεωρίας του Δαρβίνου επηρεάστηκε σημαντικά από την εξελικτική θεωρία του Jean Lamarck (1744-1829), ο οποίος είχε προτείνει ότι οι περιβαλλοντικές αλλαγές δημιουργούσαν στους οργανισμούς ανάγκες οι οποίες προκαλούσαν προσαρμοστική ποικιλότητα. Η ιδέα αυτή διατυπώθηκε στους δυο νόμους του, της χρήσης και αχρησίας και της κληρονομικότητας των επίκτητων χαρακτηριστικών (Bowler, 2003, σελ. 92). Αν και ο Δαρβίνος δεν αποδεχόταν τη διαδικασία αυτή (παρά το γεγονός ότι πίστευε σε ένα μηχανισμό κληρονομικότητας παρόμοιο με αυτόν που είχε προτείνει ο Lamarck), η ιδέα της μικρού εύρους αλλαγής που προοδίδει πλεονέκτημα στους οργανισμούς διαμορφώθηκε κατάλληλα και αποτέλεσε το πλαίσιο για το μηχανισμό της εξέλιξης του Δαρβίνου (Gould, 2002, σελ.175). Ο Δαρβίνος επηρεάστηκε επίσης από σημαντικούς επιστήμονες οι οποίοι αν και γενικά διαφωνούσαν μεταξύ τους είχαν απορρίψει τη θεωρία του Lamarck: τον Charles Lyell (1797-1875) και τον Georges Cuvier (1769-1832). Ο Lyell αρχικά απέρριπτε την εξέλιξη διότι πίστευε ότι κάθε είδος είχε τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και δεν μπορούσε να εξελιχθεί. Όμως, το γεγονός ότι ανέλυσε την έννοια του είδους και την παρουσίασε ως θεμελιώδη έννοια για τη μελέτη της φύσης επηρέασε σημαντικά τον Δαρβίνου (Mayr, 1982, σελ.404-405, Lyell, 1832, σελ. 64-65). Από την άλλη ο Cuvier επίσης απέρριπτε την εξέλιξη, ιδιαίτερα τη θεωρία του Lamarck για τη διαδοχή των ειδών, ως το προϊόν μιας ξεπερασμένης υλιστικής φιλοσοφίας (Bowler, 2003, σελ.93-94). Ωστόσο, το έργο του έθεσε τις βάσεις για την ίδρυση της συγκριτικής ανατομίας και της παλαιοντολογίας. Από τη σύγκριση ζώντων και απολιθωμένων οργανισμών, ο Cuvier τεκμηρίωσε τις διαφορές τους καθώς και το γεγονός ότι οι απολιθωμένοι οργανισμοί κάποτε κατοικούσαν τη γη και είχαν πλέον εξαφανιστεί (Larson, 2004, σελ.24). Αυτές οι δυο ιδέες ότι υπάρχουν διακριτά είδη και ότι ορισμένοι οργανισμοί είχαν εξαφανιστεί ήταν βασικές προϋποθέσεις για τη θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου. Τέλος, ίσως η πιο κρίσιμη επιρροή για την τελική διαμόρφωση της θεωρίας αυτής ήταν όταν διάβασε το κείμενο του Thomas Malthus (1766-1834) με τίτλο *Essay on the Principle of Population* και εξοικειώθηκε με την ιδέα του «αγώνα για επιβίωση» (Malthus, 1798). Η ιδέα αυτή ήταν καθοριστικής σημασίας για τη θεωρία του καθώς κατά τα λεγόμενα του ίδιου του Δαρβίνου είχε επιτέλους μια θεωρία με βάση την οποία μπορούσε να δουλέψει (Browne, 2006, σελ. 45). Είχε ενδιαφέρον ότι οι μαθητές εντυπωσιάστηκαν από το γεγονός ότι ένας επιστήμονας είχε επηρεαστεί όχι μόνο από άλλους επιστήμονες αλλά και από έναν θεολόγο και έναν οικονομολόγο.

## Κοινωνικές επιρροές

Η διάλεξη 3, με τίτλο *Η Προέλευση των Ειδών*, παρουσίασε τον τρόπο με τον οποίο οι διάφορες πτυχές της προσωπικής και κοινωνικής ζωής του Δαρβίνου επηρέασαν τη συγγραφή και δημοσίευση της *Προέλευσης*. Αν και ο Δαρβίνος είχε προβληματιστεί σχετικά με την εξελικτική αλλαγή ήδη από το 1838, δίσταζε να δημοσιεύσει τις ιδέες του διότι φοβόταν την αντίδραση των θρησκευόμενων ανθρώπων οι οποίοι μπορεί να πίστευαν ότι η θεωρία του έθιγε τις καθιερωμένες πεποιθήσεις της εποχής. Το 1839 ο Δαρβίνος παντρεύτηκε την Emma Wedgwood (1808-1896), πρώτη του ξαδέλφη από την οικογένεια της μητέρας του. Το γεγονός ότι η Emma ήταν βαθύτατα θρησκευόμενη τον έκανε επίσης να διστάσει να δημοσιεύσει τις απόψεις του για την εξέλιξη. Τα επιστημονικά ευρήματα του Δαρβίνου για την προέλευση της ανθρωπότητας έρχονταν σε αντίθεση με τα Χριστιανικά πιστεύω της Emma, γεγονός που τη φόβιζε ότι θα τους κρατούσε μακριά στη μεταθανάτια ζωή. Ένας άλλος λόγος για τον οποίο ο Δαρβίνος δεν δημοσίευσε τις απόψεις του ήταν η αντίδραση της κοινής γνώμης στο βιβλίο με τίτλο *Vestiges of the Natural History of Creation*, που δημοσιεύθηκε (ανώνυμα) από τον Robert Chambers και το οποίο προκάλεσε σκάνδαλο στη Βικτωριανή Αγγλία καθώς ήταν η πρώτη φορά που ένα βιβλίο προκαλούσε ευρύτερες συζητήσεις για ζητήματα σχετικά με την εξέλιξη (Chambers, 1844). Οι αντιδράσεις που ακολούθησαν προκάλεσαν ανησυχία στον Δαρβίνο και τον απέτρεψαν από τη δημοσιοποίηση των απόψεων του για την εξέλιξη (Browne, 2006, σελ.45-53). Έτσι, το 1844 συνέγραψε μια περίληψη της θεωρίας του, βασισμένη σε ένα μικρότερο κείμενο του 1842, η οποία περιείχε όλα τα βασικά επιχειρήματα της *Προέλευσης*. Ο Δαρβίνος το έδωσε στην Emma μαζί με μια επιστολή στην οποία της ζητούσε να το δημοσιεύσει σε περίπτωση αιφνιδίου θανάτου του (Darwin, 1995, σελ.171). Ο Δαρβίνος έστειλε επίσης μια σύνοψη των ιδεών του στον Joseph Dalton Hooker (1817-1911) σε μια επιστολή που έγραψε τον ίδιο χρόνο (Darwin, 1995, σελ. 173-174).

Ωστόσο, δυο μεταγενέστερα περιστατικά τον έκαναν να αλλάξει γνώμη. Το πρώτο ήταν ο θάνατος της κόρης του Annie (1841-1851). Αν και ο Δαρβίνος αγαπούσε όλα τα παιδιά του, είχε αδυναμία στην Annie η οποία τον φρόντιζε με ιδιαίτερη στοργή. Η Annie πέθανε σε ηλικία 10 ετών μετά από μια σύντομη ασθένεια, πιθανότατα φυματίωση. Ο θάνατος της συνέτριψε τον Δαρβίνο και φέρεται να τον οδήγησε στον αθεϊσμό, αν και προτιμούσε να περιγράφει τον εαυτό του ως αγνωστικιστή (Keynes, 2001, σελ. 218-224, 341, Browne, 2006, σελ.46). Το δεύτερο, και ίσως πιο καθοριστικό περιστατικό, ήταν η λήψη μιας επιστολής από τον Alfred Russel Wallace (1823-1913). Ο Wallace γνώριζε ότι ο Δαρβίνος ενδιαφερόταν για τον ερώτημα της προέλευσης των ειδών και εμπιστευόταν την κρίση του. Έτσι, του έστειλε ένα μικρό κείμενο στο οποίο περιέγραφε τη δική του απάντηση στο ερώτημα αυτό και ζήτησε τη γνώμη του Δαρβίνου (Wallace, 1858). Αν και ο Wallace δεν χρησιμοποίησε τον όρο φυσική επιλογή που είχε κατά νου ο Δαρβίνος, περιέγραψε έναν αντίστοιχο μηχανισμό εξελικτικής αλλαγής λόγω περιβαλλοντικών πιέσεων. Έτσι, η θεωρία του Wallace φαινόταν ουσιαστικά ίδια με τη θεωρία πάνω στην οποία ο Δαρβίνος είχε δουλέψει για είκοσι χρόνια αλλά την οποία δεν είχε ακόμα δημοσιεύσει. Είναι χαρακτηριστικό ότι ο Δαρβίνος έγραψε σε

μια επιστολή του στον Charles Lyell ότι αν ο Wallace είχε στη διάθεση του το αρχικό κείμενο που είχε γράψει το 1842, δεν θα μπορούσε να έχει κάνει καλύτερη περίληψη (Darwin, 1995, σελ.185). Η παρουσίαση κατέληξε με το συμπέρασμα ότι η επιστήμη είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα και ότι συνεπώς οι επιστήμονες επηρεάζονται από τα συναισθήματα τους, στη συγκεκριμένη περίπτωση το φόβο της αντίδρασης της κοινής γνώμης και της θρησκευόμενης συζύγου και αργότερα τον πόνο από το χαμό της αγαπημένης κόρης και το φόβο να μη χαθεί η προτεραιότητα μιας θεωρίας η οποία προετοιμαζόταν για είκοσι ολόκληρα χρόνια. Στο τέλος της διάλεξης ξεκίνησε μια ενδιαφέρουσα συζήτηση μεταξύ των μαθητών σχετικά με την αντικειμενικότητα στην επιστήμη. Η πιθανή επίδραση κοινωνικών παραγόντων στη δημοσιοποίηση των συμπερασμάτων της επιστήμης ήταν κάτι που δεν είχαν ποτέ σκεφτεί.

## Πολιτιστικές επιρροές

Η διάλεξη 4, με τίτλο *Η Αντιπαράθεση Huxley - Wilberforce*, εστίασε στην υποδοχή της θεωρίας του Δαρβίνου στην Βικτωριανή Αγγλία και ειδικότερα στην αντιπαράθεση μεταξύ του Samuel Wilberforce (1805-1873), Επισκόπου της Οξφόρδης, και του Thomas Henry Huxley (1825-1895), γνωστού και ως «το μπουλνιόκ» του Δαρβίνου. Σύμφωνα με τον θρύλο ο Wilberforce προσπάθησε να γελοιοποιήσει τον Δαρβίνο και τη θεωρία του σε μια συνάντηση στην Οξφόρδη στις 30 Ιουνίου 1860. Εκεί αντιμετώπισε τον Huxley, ο οποίος φέρεται να πέτυχε μια συντριπτική νίκη έναντι του σκοταδισμού του Wilberforce και μέσω αυτού έναντι του δικαιώματος της Εκκλησίας να επιβάλλει στους επιστήμονες σε ποια συμπεράσματα μπορούσαν να καταλήξουν. Ωστόσο, μια πιο προσεκτική ιστορική ανάλυση δείχνει ότι ο θρύλος παραβλέπει το γεγονός ότι ο λόγος του Wilberforce, αντί να χαρακτηρίζεται από προκατάληψη και θρησκευτικό συναίσθημα, συμπεριέλαβε πολλές από τις ενστάσεις των επιστημόνων της εποχής, καθώς και το γεγονός ότι η υπεράσπιση του Δαρβίνου από τον Hooker ήταν πιο επιτυχής από την αντίστοιχη του Huxley (Lucas, 1979, Gauld, 1992a, 1992b). Ο Huxley υποστήριξε ένθερμα τη θεωρία του Δαρβίνου σχεδόν αμέσως μετά τη δημοσίευση της *Προέλευσης* (Huxley, 1859). Ο Wilberforce επικρίθηκε διότι αποτόλμιζε να μιλήσει για επιστημονικά ζητήματα χωρίς να είναι ο ίδιος επιστήμονας. Όμως, πέντε εβδομάδες νωρίτερα είχε γράψει μια κριτική για την *Προέλευση*, το οποίο δημοσιεύθηκε λίγες μέρες μετά τη συνάντηση. Το γεγονός ότι η ομιλία του συμπεριέλαβε επιχειρήματα που περιείχονταν στο κείμενο αυτό δείχνουν ότι ο Wilberforce, σε αντίθεση με το θρύλο, δεν επιχειρήσε να προκαταλάβει τη συζήτηση. Για παράδειγμα ένας από τους στόχους του ήταν να καταρρίψει το επιχειρήμα του Δαρβίνου για την αναλογία μεταξύ φυσικής και τεχνητής επιλογής (Wilberforce, 1860).

Η διάλεξη 4 χρησιμοποίησε επίσης ως βάση για την παρουσίαση της σημερινής κατάστασης της αντιπαράθεσης δημιουργισμού-εξέλιξης. Επιπλέον, έγινε παρουσίαση και συζήτηση των θρησκευτικών πεποιθήσεων ορισμένων διακεκριμένων εξελικτικών βιολόγων. Στόχος ήταν να δείχθει ότι δεν υπάρχει κοινή στάση απέναντι στη θρησκεία μεταξύ των επιστημόνων και ειδικότερα μεταξύ των εξελικτικών βιολόγων. Έτσι, χρησιμοποιώντας απο-

σπάσματα από τα βιβλία τους δείχθηκε πόσο διαφορετικές απόψεις είχαν οι επιστήμονες αυτοί για τη θρησκεία, διακρίνοντας τρεις βασικές θέσεις: αθεϊσμός, αγνωστικισμός και θρησκευτικότητα. Ο άθεος επιστήμονας ήταν ο Richard Dawkins (Dawkins, 2006), ο Simon Conway Morris βρισκόταν στο άλλο άκρο όντας θρησκευόμενος, χωρίς ωστόσο να είναι τόσο σαφής όσο ο Dawkins (Conway-Morris, 2003), ενώ οι απόψεις του Stephen Jay Gould (1941-2002) παρουσιάστηκαν ως η περίπτωση του αγνωστικισμού (Gould, 1999). Με βάση τις απόψεις αυτές κατέστη σαφές στους μαθητές ότι δεν είναι δυνατόν να υπάρχει διαμάχη μεταξύ επιστήμης και θρησκείας εφόσον οι επιστήμονες δεν έχουν τις ίδιες θρησκευτικές πεποιθήσεις. Στο σημείο αυτό θίχθηκε και μια άλλη κεντρική ιδέα της φύσης της επιστήμης, ότι «η επιστήμη δεν μπορεί να απαντήσει σε όλα τα ερωτήματα» (McComas, 2008). Οι απόψεις του Dawkins και του Gould μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναδειχθεί μια σημαντική διάκριση ανάμεσα στα ερωτήματα στα οποία η επιστήμη δεν έχει απαντήσει ακόμα αλλά μπορεί να απαντήσει στο μέλλον (ο Dawkins πιστεύει ότι όλα τα ερωτήματα, και αυτά που αφορούν τη θρησκεία, είναι επιστημονικά) και στα ερωτήματα στα οποία η επιστήμη δεν μπορεί να απαντήσει διότι εκπίπτουν του αντικειμένου της (ο Gould πίστευε ότι τέτοια είναι τα ερωτήματα που αφορούν τη θρησκεία) (Sterelny, 2001, p.123-130).

## Η επίδραση του Δαρβίνου στη λογοτεχνία

Ανάμεσα στην επιστήμη και στη λογοτεχνία υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι αλληλεπίδρασης που προκύπτουν από το κοινό ιστορικό και πολιτιστικό πλαίσιο που διαμορφώνεται και τις δυο δραστηριότητες. Μια ενδιαφέρουσα περίπτωση είναι η μελέτη της επίδρασης της επιστήμης στη λογοτεχνία, εξετάζοντας τον τρόπο με τον οποίο η λογοτεχνία έχει ιστορικά αντιδράσει στις σημαντικές καινοτομίες της επιστήμης (Cartwright, 2007). Η διάλεξη 5 με τίτλο *Η επίδραση του Δαρβίνου στη Λογοτεχνία του 19ου αιώνα* παρουσίασε τον τρόπο με τον οποίο οι ιδέες του Δαρβίνου παρουσιάζονται στα έργα σημαντικών συγγραφέων ή ποιητών της εποχής εκείνης. Το ποίημα *Modern Love* (1862) του George Meredith (1828-1909), το *Water Babies* (1863) του Charles Kingsley (1819-1875), τα *The Time Machine* (1895) και *The Island of Dr Moreau* (1896) του Herbert George Wells (1866-1946) και το *The Way of All Flesh* του Samuel Butler (1835-1902) που δημοσιεύθηκε μετά το θάνατο του το 1903, αποτελούν ορισμένα παραδείγματα.

Μελετώντας τα αποσπάσματα αυτά οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να διακρίνουν την επίδραση της θεωρίας του Δαρβίνου και να διαπιστώσουν ότι υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στην επιστήμη και τη λογοτεχνία. Ορισμένοι συγγραφείς της εποχής του Δαρβίνου πίστεψαν ότι η εξέλιξη ήταν συνώνυμο της προόδου, ωστόσο πολλοί σύντομα διαπίστωσαν ότι ερχόταν σε αντίθεση με την έννοια της δημιουργίας όπως προέκυπτε από τη Βίβλο και τις καθιερωμένες αντιλήψεις για τη θέση και τον ρόλο του ανθρώπου στον κόσμο. Η θεωρία αυτή σε πολλές περιπτώσεις ήταν σε αλληλεπίδραση με τη λογοτεχνία στις απαντήσεις σε πολλά ερωτήματα που απασχολούσαν τη Βικτωριανή κοινωνία σχετικά με την προέλευση και τον προορισμό του κόσμου, τη σχέση ανάμεσα στην κοινωνία και τη φύση, την πρόοδο,

τον άνθρωπο ως βιολογικό και κοινωνικό ον (Levine, 1988, σελ.2). Πολλά παραδείγματα κειμένων που πραγματεύονται αντίστοιχα θέματα περιλαμβάνονται σε μια εξαιρετική ανθολογία με θέμα την επιστήμη και τη λογοτεχνία του 19<sup>ου</sup> αιώνα (Otis 2002). Οι περισσότεροι μαθητές σχολίασαν ότι αυτή ήταν μια απροσδόκητη ανακάλυψη καθώς έως τότε θεωρούσαν την επιστήμη και τη λογοτεχνία δυο εντελώς ανεξάρτητα πεδία.

## Συμπεράσματα

Η επιστήμη είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα του πολιτισμού μας και έχει τεράστια επίδραση στην καθημερινή μας ζωή. Πρόκειται για μια ανθρώπινη δραστηριότητα της οποίας οι αδυναμίες οφείλονται στις δικές μας διανοητικές και γνωστικές ικανότητες. Αλλά είναι ακριβώς αυτό το χαρακτηριστικό της που την κάνει τον πιο αντικειμενικό τρόπο για τη μελέτη της φύσης και την κατανόηση της ζωής δίχως τη συνδρομή υπερφυσικών παραγόντων. Επιπλέον, οι αδυναμίες της επιστήμης μπορεί να είναι στην πραγματικότητα το δυνατό της χαρακτηριστικό: το κίνητρο να ερευνήσει κανείς περαιτέρω, να κατανοήσει καλύτερα και τελικά να κατορθώσει να μάθει περισσότερα. Η ιστορία της ανάπτυξης της θεωρίας του Δαρβίνου είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα για την παρουσίαση αυτών των χαρακτηριστικών της επιστήμης. Είναι μια συναρπαστική ιστορία που μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν πως λειτουργεί η επιστήμη και πόσο έντονη είναι η αλληλεπίδραση της με την κοινωνία.

### *Σημείωση*

*Το κείμενο αυτό βασίζεται σε μια εργασία που παρουσιάστηκε στο 9<sup>ο</sup> Συνέδριο της Διεθνούς Ένωσης Ιστορίας Φιλοσοφίας και Διδασκαλίας των Επιστημών (IHPSG group), που πραγματοποιήθηκε στο Calgary του Καναδά τον Ιούλιο του 2007.*

## Βιβλιογραφία

- Bowler, P.J. (2003). *Evolution: the History of an Idea*, (third edition). University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
- Browne, J. (2006). *Darwin's "Origin of Species": A Biography*. Atlantic Books, London.
- Browne, J. (2007). Δαρβίνος Η Προέλευση των Ειδών: Η βιογραφία της θεωρίας της εξέλιξης. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Cartwright, J. (2007). Science and literature: towards a conceptual framework. *Science & Education*, 16(2), 115-139.
- Chambers, R. (1844) *Vestiges of the Natural History of Creation*. John Churchill, London (διατίθεται στο [www.esp.org](http://www.esp.org)).
- Clough, M. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494.
- Conway Morris, S. (2003). *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*.

- Cambridge University Press, Cambridge.
- Darwin, C. (1859) *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* (1<sup>η</sup> έκδοση). John Murray, London (διατίθεται στο [www.esp.org](http://www.esp.org)).
- Darwin, F. (1995) [1902]. *The Life of Charles Darwin*. Studio Editions Ltd, London.
- Dawkins, R. (2006). *The God Delusion*. Bantam Press, London.
- Ford, B. (ed) (1999). *The New Pelican Guide to English Literature: From Dickens to Hardy*. Penguin, UK.
- Gauld, C. (1992a). The historical anecdote as a “caricature”: A case study. *Research in Science Education*, 22(1), 149-156.
- Gauld, C. (1992b). Wilberforce, Huxley & the use of history in teaching about evolution. *The American Biology Teacher*, 54 (7), 406-410.
- Gould, S. J. (1999). *Rocks of Ages: Science and Religion in the Fullness of Life*. Ballantine Books, New York.
- Gould, S.J. (2002). *The Structure of Evolutionary Theory*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.
- Greenblatt, S. (ed) (2005). *The Norton Anthology of English Literature, Volume 2: The Romantic Period through the Twentieth Century*. WW. Norton, 8<sup>th</sup> edition.
- Hume, D. (1993) [1779/1777] *Dialogues Concerning Natural Religion and Natural History of Religion*, (Gaskin, J. C. A. ed.), Oxford University Press, Oxford and New York.
- Huntley, W.B. (1972). David Hume and Charles Darwin. *Journal of the History of Ideas*, 33(3), 457-470.
- Huxley, T.H. (1859). The Darwinian Hypothesis. *The Times*, 12/26/1859 (ανατύπωση στο *Largent*, 2004, σελ.177-182).
- Keynes, R. (2001). *Darwin, his Daughter and Human Evolution*. Riverhead Books, New York.
- Largent, M.A. (2004). *Sourcebook on History of Evolution (Revised Printing)*. Kendall Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Larson, E.J. (2004). *Evolution: the Remarkable History of a Scientific Theory*. Modern Library, New York.
- Levine, G. (1988). *Darwin and the Novelists: Patterns of Science in Victorian Fiction*. University of Chicago Press, Chicago and London.
- Lucas, J.R. (1979). Wilberforce and Huxley: a legendary encounter. *The Historical Journal*, 22 (2), 313-330.
- Lyell, C. (1832). *Principles of Geology Volume II*. John Murray, London (διατίθεται στο [www.esp.org](http://www.esp.org)).
- Malthus, T.R. (1798). *An Essay on the Principle of Population*. J. Johnson, London (διατίθεται στο [www.esp.org](http://www.esp.org)).
- Mayr, E. (1982). *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London, England.



- McComas, W.F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2).
- McComas, W.F., Almazroa, H. & Clough, M. (1998). The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*, 7, 511-532.
- Otis, L. (2002). *Literature and Science in the Nineteenth Century: An Anthology*. Oxford University Press, Oxford.
- Ousby, I. (1996). *The Cambridge Paperback Guide to Literature in English*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Paley, William (2006) [1802]. *Natural Theology or Evidence of the Existence and Attributes of the Deity, Collected from the Appearances of Nature*. (Eddy, M. D. & Knight, D., eds), Oxford University Press, Oxford and New York.
- Sterelny, K. (2001). *Dawkins vs Gould: Survival of the Fittest*. Icon Books, Cambridge.
- Wallace, A.R. (1858). On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. *Proceedings of the Linnean Society of London*, (3): 53-62.
- Wilberforce, S. (1860). Review of "On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races on the struggle for life". *Quarterly Review*, 108, 225-264 (ανατύπωση στο Largent, 2004, σελ.139-144).

## Παράρτημα

Ιστοσελίδες που περιέχουν ορισμένα από τα κείμενα που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα

- Darwin C., *The Origin of Species*: <http://www.esp.org/books/darwin/origin/facsimile/>
- Darwin C., *The Voyage of the Beagle*: <http://www.esp.org/books/darwin/beagle/>
- Chambers R., *Vestiges of the Natural History of Creation*: <http://www.esp.org/books/chambers/vestiges/facsimile/>
- Lyell C., *Principles of Geology*: <http://www.esp.org/books/lyell/principles/facsimile/>
- Malthus T., *An Essay on the Principle of Population*: <http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf>
- Paley W., *Natural Theology*: <http://philosophy.tamu.edu/~gary/intro/paper/paley.html>
- Hume D., *Dialogues Concerning Natural Religion*. <http://www.wansel.edu/homepage/dbanach/dnr.htm>
- Shelley M., *Frankenstein*: <http://www.literature.org/authors/shelley-mary/frankenstein/>
- Carlyle T., *Sartor Resartus*: <http://cupid.com.unimelb.edu.au/het/carlyle/sartor.html>
- Dickens C., *Hard Times*: <http://www.online-literature.com/dickens/hardtimes/>
- Tennyson A., *In Memoriam*: <http://classclit.about.com/library/bl-etexts/atennyson/bl-aten-memoriam.htm>
- Browning E., *Cry of Children*: <http://www.bartleby.com/246/260.html>
- Darwin E., *Zoonomia*: <http://www.gutenberg.org/etext/15707>
- Darwin E., *Temple of Nature*:

- <http://www.english.upenn.edu/Projects/knarf/Darwin/templetoελ.html>
- Lamarck J., *Zoological Philosophy*: <http://www.mala.bcca.ca/~johnstoi/lamarck/tofc.htm>
  - Wallace A., *On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely From the Original Type*: <http://www.wku.edu/~smithch/wallace/S043.htm>
  - Darwin C. correspondence: <http://www.lib.cam.ac.uk/Departments/Darwin/>
  - Cuvier G., *Discourse on the Revolutionary Upheavals on the Surface of the Earth*: <http://www.mala.bcca.ca/~johnstoi/cuvier.htm>
  - Wilberforce S., *Review of Darwin's The Origin of Species*: [http://www.victorianweb.org/science/science\\_texts/wilberforce.htm](http://www.victorianweb.org/science/science_texts/wilberforce.htm)
  - Huxley T., *Darwinian Hypothesis*: <http://aleph0.clarku.edu/huxley/CE2/Hypo.html>
  - Wells H.G., *Time Machine*: <http://www.online-literature.com/wellshg/timemachine/>

# Γιατί υπάρχουν τα σχολεία;

**Michael Young**

*University of London*

---

## Εισαγωγή

Η αρχική μου ερώτηση είναι «Γιατί υπάρχουν τα σχολεία;». Αν και η απάντηση φαίνεται να είναι προφανής, κάθε κοινωνία είναι απαραίτητο να εξετάσει τον σκοπό των θεσμών της - και θα υποστήριζα ότι τα σχολεία αποτελούν ειδική περίπτωση για δύο λόγους.

Καταρχήν, χωρίς σχολεία κάθε γενιά θα έπρεπε να ξεκινήσει από την αρχή όπως κάθε γενιά ζώων ή - όπως συνέβη στις κοινωνίες που προϋπήρχαν των σχολείων - να παραμείνουν όλα σχεδόν αναλλοίωτα επί σειρά αιώνων. Δύο από τους μεγαλύτερους ειδικούς στην εκπαίδευση, οι Emile Durkheim και Lev Vygotsky, μας υπενθυμίζουν πόσο σημαντικά είναι τα σχολεία. Και οι δύο υποστηρίζουν ότι είναι η ικανότητά μας να ανταποκριθούμε στις παιδαγωγικές απαιτήσεις που μας διαχωρίζει από τα άλλα είδη και ότι τα σχολεία είναι βασικά και πρώτιστα θεσμοί που ειδικεύονται στην παιδαγωγική.

Δεύτερον, θεωρώ ότι υπάρχουν συγκεκριμένοι λόγοι που καθιστούν σημαντικό το ερώτημα «Γιατί υπάρχουν τα σχολεία;» σήμερα. Για να βοηθηθούμε όταν θέτουμε ερωτήματα για τους κοινωνικούς θεσμούς όπως τα σχολεία, αναπόφευκτα στρέφουμε το ενδιαφέρον μας στην κοινωνιολογία. Εξάλλου, από τη δεκαετία του 1970 και τα πρώιμα έργα των Bourdieu, Bowles και Gintis οι κριτικοί κοινωνιολόγοι που έθεσαν το ερώτημα είδαν το ρόλο του σχολείου κάτω από ένα αρκετά αρνητικό πρίσμα - την ιδέα ότι τα σχολεία αναπαράγουν κοινωνικές ανισότητες, μια ιδέα που κυριάρχησε στην κοινωνιολογία της εκπαίδευσης.

Θα ισχυριστώ ότι παρόλο που η συγκεκριμένη άποψη παρουσιάζει στοιχειώδη αλήθειες, τα οποία καλό θα ήταν να μην ξεχνάμε, είναι κατά βάση λανθασμένη διότι

παραμελεί το πιο θεμελιώδες χαρακτηριστικό των σχολείων το οποίο αναγνώριζαν οι Durkheim και Vygotsky - τον ρόλο τους στη μετάδοση της γνώσης από γενιά σε γενιά. Πιο πρόσφατα, ο John White, Άγγλος φιλόσοφος της εκπαίδευσης, εξέφρασε μια πιο θετική, αλλά εξίσου λανθασμένη θέση όπως θα υποστηρίξω: ότι ο ρόλος των σχολείων είναι η προώθηση της ευημερίας.

Θα ξεκινήσω το κείμενο μου από αυτές τις δύο προσεγγίσεις στο ερώτημα «Γιατί υπάρχουν τα σχολεία» και γιατί οι προαναφερόμενοι, αν και από διαμετρικά αντίθετες πολιτικές θέσεις, παραμελούν το ζήτημα της γνώσης. Επεκτείνω το θέμα σε ένα ευρύτερο πλαίσιο για τον ιστορικό αγώνα και τη συζήτηση για τη σκοπιμότητα του να πηγαίνει κανείς σχολείο. Συνεχίζω υπογραμμίζοντας μία τελείως διαφορετική προσέγγιση, η οποία ξεκινά με αυτό που αποτελεί την ιδιαιτερότητα του σχολείου (και γενικά της τυπικής εκπαίδευσης) - την προώθηση της απόκτησης της γνώσης.

Αυτό με οδηγεί στο ερώτημα «Τι είναι γνώση;» - όχι τόσο ως φιλοσοφικό ερώτημα όσο ως εκπαιδευτικό ερώτημα για το πρόγραμμα σπουδών.

Στη συνέχεια κάνω μια διάκριση ανάμεσα σε δύο ιδέες, «τη γνώση των ισχυρών» και την «ισχυρή γνώση» και η διάκριση αυτή με οδηγεί στο επιχειρήμα ότι το βασικό ζήτημα για τους παιδαγωγούς είναι η κοινωνική διαφοροποίηση της γνώσης - εάν δεν έχουμε μία θεωρία για τη γνώση, δεν είναι δυνατό να έχουμε μία βάση για το πρόγραμμα σπουδών που να οικοδομείται γύρω από αρχές. Το επόμενο βήμα μου είναι να στρέψω την προσοχή μου στις ιδέες του Άγγλου κοινωνιολόγου της εκπαίδευσης B. Bernstein, ο οποίος περισσότερο από τον καθένα ξεκίνησε να αναπτύσσει τη θεωρία της γνώσης. Τέλος, διερευνώ μερικές από τις επιπτώσεις της ανάλυσής του για την διαφοροποίηση του αναλυτικού προγράμματος σπουδών.

## **Γιατί έχει αμεληθεί το ερώτημα της γνώσης;**

Στο ερώτημα της γνώσης και του ρόλου του σχολείου στην απόκτησή της δεν έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία για διαφορετικούς μάλλον λόγους τόσο από όσους καθορίζουν την πολιτική της όσο και από τους ερευνητές της εκπαίδευσης, ιδιαίτερα τους κοινωνιολόγους της εκπαίδευσης. Για τους πρώτους, η εστίαση στην απόκτηση της γνώσης φαίνεται να μην συμβαδίζει με την ιδέα που υποστηρίζουν οι περισσότερες κυβερνήσεις, ότι δηλαδή ο πιο σημαντικός ρόλος των σχολείων είναι ο οικονομικός από τον οποίο πηγάζουν και οι συνεχείς αναφορές στις δεξιότητες. Για πολλούς ερευνητές της εκπαίδευσης η εστίαση στη γνώση συνδέεται με όσους ανήκουν πολιτικά στη Δεξιά για τους οποίους η υπεράσπιση της γνώσης είναι ταυτόσημη με την υπεράσπιση της υπάρχουσας τάξης πραγμάτων. Αντίθετα, θα υποστηρίξω πως η ιδέα ότι τα σχολεία θα έπρεπε να προωθούν την απόκτηση της γνώσης είναι συνθήκη διεύρυνσης της δημοκρατίας και της κοινωνικής δικαιοσύνης.

Τη δεκαετία του 1970, οι αρνητικές απόψεις για το σχολείο προέρχονταν κυρίως από την Αριστερά και υποστηρίζονταν κατά κύριο λόγο από τους ερευνητές της κοινωνιολογίας της εκπαίδευσης. Η ιδέα ότι ο πρωταρχικός ρόλος του σχολείου στις καπιταλιστικές κοινωνίες

ήταν να διδάξει στην εργατική τάξη τη θέση της, βρίσκεται σε προβλεβλημένους συγγραφείς όπως ο Althusser (1971), οι Bowles και Gintis (1976) και ο Paul Willis (1977). Η κριτική αυτή ανάλυση διευρύνθηκε για να αναφερθεί στην υποτέλεια των γυναικών και εθνικών ή άλλων μειονοτήτων. Παρόλα αυτά, οι συγκεκριμένες αναλύσεις σπάνια ξέφευγαν από την κριτική ανάλυση και παρουσίαζαν λίγες μόνο απόψεις για τη μορφή που θα μπορούσαν να έχουν τα σχολεία σε σοσιαλιστικές, μη - πατριαρχικές, μη - ρατσιστικές κοινωνίες.

Ριζοσπάστες κριτικοί όπως ο Ivan Illich (1971) και ο Paulo Freire, τουλάχιστον όπως αποδόθηκαν τα πρώτα του γραπτά στην Αγγλία και τις ΗΠΑ, προχώρησαν περισσότερο και ισχυρίστηκαν ότι η αληθινή μάθηση θα ήταν δυνατή μόνο εάν τα σχολεία καταργούνταν ολοκληρωτικά. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '80 και κατά τη δεκαετία του '90, κάτω από την επίδραση των ιδεών των μεταμοντερνιστών και των μεταστρουκτουραλιστών και την κατάρρευση του κομμουνιστικού συστήματος στην Ανατολική Ευρώπη, ο μαρξισμός και άλλες μεγαλοπρεπείς αφηγήσεις που προέβλεπαν το τέλος του καπιταλισμού (ακόμα και του θεσμού του σχολείου) έχασαν την αξιοπιστία τους. Ως συνέπεια, οι κριτικές αναλύσεις του θεσμού του σχολείου άλλαξαν, θα έλεγα περισσότερο στο ύφος παρά στην ουσία. Αυτές αντλούσαν την έμπνευσή τους από το έργο του Γάλλου φιλόσοφου Michel Foucault, ο οποίος τοποθέτησε τα σχολεία στην ίδια κατηγορία με τα νοσοκομεία, τις φυλακές και τα άσυλα ως *ιδρύματα παρακολούθησης και ελέγχου*, τα οποία πειθαρχούσαν τους μαθητές και όπου η γνώση εντασσόταν στο πλαίσιο που διαμορφωνόταν από τα μαθήματα. Η διαφορά ανάμεσα σε στοχαστές όπως ο Foucault και στις ιδέες της Αριστεράς των προηγούμενων δεκαετιών ήταν ότι καθιστούσαν την ιδέα της προόδου και κάθε ιδέας συγκεκριμένου φορέα αλλαγής, όπως η εργατική τάξη, περιττή. Για τον Foucault, ο σχολικός θεσμός δεν μπορούσε να είναι τίποτα άλλα παρά θεσμός παρακολούθησης - το μόνο που μπορούσαν να κάνουν οι κοινωνικοί επιστήμονες και οι ερευνητές της εκπαίδευσης ήταν να κάνουν κριτική. Εξέφρασε μάλιστα το σημείο αυτό με ξεκάθαρους όρους ως εξής: «Δεν θα παίξω σε καμία περίπτωση το ρόλο κάποιου που προδιαγράφει λύσεις. Πιστεύω ότι ο ρόλος του διανοούμενου σήμερα ... δεν είναι να προφητεύει ή να προτείνει λύσεις εφόσον με το να κάνει κάτι τέτοιο το μόνο που καταφέρνει είναι να συνεισφέρει στην δεδομένη κατάσταση ισχύος η οποία πρέπει να υποστεί κριτική.» (Foucault, 1991).

Συνεπώς, δεν εκπλήσσει το γεγονός ότι οι κριτικές αυτές αναλύσεις δεν εισακούστηκαν από όσους καθορίζουν την πολιτική της εκπαίδευσης - πραγματικά δεν είχαν να πουν πολλά για τα σχολεία. Ταυτόχρονα με την εμφάνιση των ιδεών των μεταστρουκτουραλιστών, ένα ακόμα σύστημα ιδεών - αυτό του νεο-φιλελευθερισμού - ήρθε να κυριαρχήσει στην κυβερνητική πολιτική και κατά συνέπεια στην εκπαίδευση. Οι νεο-φιλελεύθεροι υποστήριξαν ότι η οικονομία πρέπει να αφηθεί στην αγορά και ότι οι κυβερνήσεις θα έπρεπε να σταματήσουν τις προσπάθειες δημιουργίας οικονομικής ή βιομηχανικής πολιτικής - και όπως το έθεσε ο Tony Blair, ο Πρωθυπουργός μας του Εργατικού Κόμματος - η εκπαίδευση έχει γίνει η καλύτερη οικονομική μας πολιτική. Η νέα κυβέρνηση των Εργατικών προχώρησε ακόμα πιο πέρα από τους Tories. Υποστήριξε ότι η αγορά προσέφερε την καλύτερη λύση για την βελτίωση του δημόσιου αλλά και του ιδιωτικού τομέα - και ιδιαίτερα για τη βελτίωση της εκπαίδευσης. Αυτό είχε δύο συνέπειες που σχετίζονται με το ερώτημα «Γιατί υπάρχουν τα σχολεία;» Η

πρώτη είναι η προσπάθεια να προσαρμοστούν τα αποτελέσματα της εκπαιδευτικής διαδικασίας σε αυτά που θεωρούνται «ανάγκες της οικονομίας» - ένα είδος μαζικού επαγγελματικού προγραμματισμού. Συνεπώς ο έλεγχος μεγάλου μέρους της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης παραδόθηκε στα χέρια μερικές φορές πρόθυμων αλλά συχνά διστακτικών ιδιωτών εργοδοτών. Η άλλη συνέπεια ήταν να μετατραπεί η ίδια η εκπαίδευση σε αγορά (ή τουλάχιστον σε κάτι παρόμοιο), στην οποία απαιτείται να υπάρχει ανταγωνισμός ανάμεσα στα σχολεία για μαθητές και κεφάλαια. Αυτό το ονομάζω *απο-διαφοροποίηση του σχολικού θεσμού*. Τα σχολεία αντιμετωπίζονται ως ένα είδος φορέα διανομής, τα οποία απαιτείται να εστιάζουν την προσοχή τους στο αποτέλεσμα και να προσέχουν λιγότερο τη διαδικασία ή το περιεχόμενο της διανομής. Ως αποτέλεσμα, οι επιδιώξεις του σχολικού θεσμού ορίζονται ολόένα και περισσότερο με εργαλειικούς όρους - *ως μέσο για άλλους σκοπούς*. Με σχολεία που καθοδηγούνται από στόχους, τεστ και πίνακες επιδόσεων, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι μαθητές αισθάνονται ανία και οι εκπαιδευτικοί αισθάνονται εξουθενωμένοι.

Μια εναλλακτική λύση σε αυτόν τον μαζικό επαγγελματικό προγραμματισμό μπορεί να βρεθεί στο πρόσφατο κείμενο του John White «*Ποιος είναι ο σκοπός των σχολείων και γιατί;*»

Κανείς δεν θα διαφωνούσε με τον ισχυρισμό του ότι τα σχολεία θα έπρεπε να προωθούν την ανθρώπινη ευτυχία και ευημερία. Το πρόβλημα είναι ότι οι στόχοι αυτοί δεν δίνουν καμία συγκεκριμένη εξήγηση στα ερωτήματα γιατί υπάρχουν τα σχολεία και τι διακρίνει το ρόλο τους από το ρόλο άλλων ιδρυμάτων. Καταλήγει όπως η κυβερνητική πολιτική και οι μετα-μοντερνιστές στην απο-διαφοροποίηση των στόχων των σχολείων. Συνεπώς, έχουμε παρακολουθήσει για τον Foucault, δυνατότητα εύρεσης εργασίας για το Νέο Εργατικό Κόμμα και ευημερία για τον John White. Φυσικά προσωπικά προτιμώ το τελευταίο αλλά δύσκολα θα αποειλούσε οδηγό για όσους είναι υπεύθυνοι για τα προγράμματα σπουδών.

Ας επιστρέψουμε για λίγο στον Foucault. Με το να κατατάσσει τα σχολεία στην ίδια κατηγορία με τις φυλακές, τα άσυλα και τα νοσοκομεία, του διαφεύγει τελείως το ζήτημα της ιστορίας του πολιτικού αγώνα για μαζική παιδεία καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του σχολικού θεσμού. Θα ήθελα να αναφερθώ σύντομα στο πρώτο από τα δύο αυτά σημεία.

Ο ιστορικός αγώνας για τη σκοπιμότητα του σχολικού θεσμού μπορεί να γίνει κατανοητός μέσα από το πρίσμα δύο εντάσεων. Η πρώτη είναι ανάμεσα στους στόχους της *χειραφέτησης* και της *κυριαρχίας*. Από την εποχή των Χαριστών<sup>1</sup> σε αυτή τη χώρα το 19ο αιώνα και πιο πρόσφατα στην περίπτωση της εκπαίδευσης των Bantu<sup>2</sup> στη Νότια Αφρική, οι κυρίαρχες και κατώτερες τάξεις προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν τα σχολεία για να κάνουν πραγματικότητά τις τελείως διαφορετικές επιδιώξεις τους. Αρκεί να σκεφτεί κανείς ότι ο Nelson Mandela ήταν πρώιμο προϊόν της εκπαίδευσης των Bantu για να θυμηθεί ότι ακόμα και τα πιο καταπιεστικά σχολικά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία χειραφέτησης.

Η δεύτερη ένταση βρίσκεται ανάμεσα στο ερώτημα «ποιος απολαμβάνει τη σχολική εκπαίδευση;» και «τι κερδίζει από αυτή;» Ο αγώνας για τα σχολεία στη Μεγάλη Βρετανία θεωρεί

<sup>1</sup> *Chartists: οπαδοί της κίνησης για τη χορήγηση ψήφου σε όλες τις κοινωνικές τάξεις (ΣτΕ)*

<sup>2</sup> *Bantu Education Act: νόμος του 1953 στη Ν. Αφρική για το διαχωρισμό των φυλών στην εκπαίδευση (ΣτΕ)*

δεδομένο, με λίγες εξαιρέσεις, το δεύτερο ερώτημα και εστιάζει την προσοχή του στο πρώτο. Οι όροι με τους οποίους κάθε ένα από τα ερωτήματα αυτά συζητιέται έχουν φυσικά αλλάξει. Το ερώτημα της «πρόσβασης» ξεκίνησε με την εκστρατεία για δωρεάν βασική εκπαίδευση τον 19ο αιώνα, οδήγησε σε αγώνες σχευικά με την επιλογή και τώρα εκφράζεται αναφορικά με τους στόχους της προώθησης της κοινωνικής ένταξης και της διεύρυνσης της συμμετοχής. Αρκετά ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι η ιδέα του αγώνα για την πρόσβαση έχει αντικατασταθεί από μία προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω που σχετίζεται με την κυβερνητική πολιτική της «διεύρυνσης της συμμετοχής». Οι συζητήσεις για το ερώτημα «τι κερδίζει κανείς από την παιδεία;» πηγαιίνουν επίσης πίσω στους Χαριστές του 19ου αιώνα και το διάσημο ολόγχαν τους «πραγματικά χρήσιμη γνώση». Αυτό ήταν μια επίθεση στην κυριαρχία της Εκκλησίας πάνω στο πρόγραμμα σπουδών. Η ιδέα αυτή των Χαριστών αναβίωσε στην Αριστερά τη δεκαετία του 1970, αλλά τέτοια ερωτήματα είναι λιγότερο ορατά σήμερα. Η κληρονομιά προγενέστερων συζητήσεων μπορεί να διαφανεί από δύο αντίθετες απόψεις για την παιδεία οι οποίες αποτελούν τη βάση της παρούσας κυβερνητικής πολιτικής. Η μία θα μπορούσε να ονομαστεί «εκπαιδευτική διαδικασία ως αποτέλεσμα». Σε αυτή την προσέγγιση της εκπαιδευτικής πολιτικής, η διδασκαλία και η μάθηση κυριαρχούνται από τη θέσπιση, αξιολόγηση και επίτευξη στόχων και την προετοιμασία των μαθητών για τεστ και εξετάσεις. Λιγότερο ορατή είναι μία πολύ διαφορετική αντίληψη για την παιδεία, η οποία ακόμα εκφράζεται από την ιδέα της διδακτέας ύλης κατά μάθημα. Είναι η ιδέα ότι πρωταρχικός σκοπός της εκπαίδευσης είναι η μετάδοση της γνώσης σε διαφορετικούς εξειδικευμένους τομείς. Η ιδέα της εκπαίδευσης και της μετάδοσης της γνώσης έχει, μερικώς δικαιολογημένα, επικριθεί έντονα από τους ερευνητές της εκπαίδευσης, ιδιαίτερα τους κοινωνιολόγους της εκπαίδευσης. Παρόλα αυτά, η θέση μου είναι ότι οι επικρίσεις αυτές αγνοούν ένα σημαντικό στοιχείο. Εστιάζουν την προσοχή τους στο μηχανικό, μονόπλευρο και παθητικό μοντέλο εκπαίδευσης που υπονοείται από τη μεταφορά της «μετάδοσης της γνώσης» και τη σχέση της με πολύ συντηρητικές αντιλήψεις για την εκπαίδευση και τους σκοπούς του σχολείου. Ξεχνούν ταυτόχρονα ότι η ιδέα του σχολικού θεσμού ως «μεταδοτή γνώσης» αποδίδει στη «μετάδοση» ένα τελείως διαφορετικό νόημα και προϋποθέτει ρητά την ενεργό συμμετοχή του μαθητή στη διαδικασία απόκτησης της γνώσης. Η ιδέα ότι το σχολείο είναι πρωταρχικά ένας φορέας μετάδοσης πολιτισμού ή γνώσης εγείρει το ερώτημα «ποια γνώση;» και ειδικότερα ποια είναι αυτή η γνώση που το σχολείο αναλαμβάνει την ευθύνη να μεταδώσει. Εάν γίνει δεκτό ότι τα σχολεία έχουν αυτό το ρόλο, τότε υπονοείται ότι οι τύποι γνώσης διαφοροποιούνται. Με άλλα λόγια, για εκπαιδευτικούς σκοπούς, κάποιιοι τύποι γνώσης αξίζουν περισσότερο από άλλους και οι διαφορές τους δημιουργούν τη βάση για τη διάκριση ανάμεσα στη σχολική γνώση ή γνώση του προγράμματος σπουδών και τη μη - σχολική γνώση. Τι είναι αυτό στη σχολική γνώση ή το πρόγραμμα σπουδών που κάνει την απόκτηση κάποιων τύπων γνώσης δυνατή; Συνεπώς η απάντησή μου στο ερώτημα «για ποιο λόγο υπάρχουν τα σχολεία;» είναι ότι τα σχολεία καθιστούν τους νέους ικανούς ή μπορούν να τους καταστήσουν ικανούς να αποκτήσουν τη γνώση, η οποία για τους περισσότερους δεν μπορεί να αποκτηθεί στο σπίτι ή μέσα στην κοινότητα και για τους ενήλικες δεν μπορεί να αποκτηθεί ούτε στο εργασιακό περιβάλλον. Το υπόλοιπο κείμενο ασχολείται με τη διερεύνηση των συνεπειών του ισχυρισμού αυτού.

## Ποια γνώση;

Χρησιμοποιώντας την πολύ γενική έννοια «γνώση» βρίσκω χρήσιμο να κάνω μία διάκριση ανάμεσα σε δυο έννοιες - «*γνώση των ισχυρών*» και «*ισχυρή γνώση*». Η «γνώση των ισχυρών» καθορίζεται από το ποιος λαμβάνει τη γνώση. Ιστορικά, ακόμα και σήμερα, όταν κοιτάζουμε τη διανομή της πρόσβασης στα πανεπιστήμια, βλέπουμε ότι εκείνοι που έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένα είδη γνώσης είναι εκείνοι που έχουν τη δύναμη στην κοινωνία. Είναι αυτό το οποίο αναφέρω ως «γνώση των ισχυρών». Είναι κατανοητό ότι πολλές κοινωνιολογικές κριτικές της σχολικής γνώσης έχουν εξισώσει την σχολική γνώση και το πρόγραμμα σπουδών με την «*γνώση των ισχυρών*». Εξάλλου, ήταν οι ανώτερες τάξεις στις αρχές του 19ου αιώνα που έπαψαν τους κατ' οίκον παιδαγωγούς τους και έστειλαν τα παιδιά τους στα ιδιωτικά σχολεία για να αποκτήσουν ισχυρή γνώση (και να αποκτήσουν επίσης και ισχυρούς φίλους). Το γεγονός όμως ότι κάποια γνώση είναι «γνώση των ισχυρών» ή γνώση υψηλής κοινωνικής θέσης όπως το είχα θέσει κάποτε (Young 1971, Young 1998) δεν μας λέει τίποτα για την ίδια τη γνώση. Χρειαζόμαστε λοιπόν άλλη μία έννοια για να κατανοήσουμε το πρόγραμμα σπουδών. Την έννοια αυτή θα την ονομάσω «*ισχυρή γνώση*». Αυτή αναφέρεται όχι στο ποιος έχει μεγαλύτερη πρόσβαση στη γνώση ή ποιος τη νομιμοποιεί, αν και τα αυτά δύο είναι σημαντικά θέματα. Αναφέρεται στο τι μπορεί να κάνει η γνώση - για παράδειγμα, εάν παρέχει αξιόπιστες εξηγήσεις ή νέους τρόπους σκέψης για τον κόσμο. Αυτό ζητούσαν οι Χαρτιστές με το ολόγκαν τους «πραγματικά χρήσιμη γνώση». Είναι επίσης, αν και όχι πάντα συνειδητά, αυτό που οι γονείς ελπίζουν να λάβουν τα παιδιά τους όταν κάνουν θυσίες για να τα διατηρήσουν στο σχολείο, να αποκτήσουν ισχυρή γνώση η οποία δεν τους είναι διαθέσιμη στο σπίτι. Η ισχυρή γνώση στις μοντέρνες κοινωνίες, με τη σημασία που δίνω εδώ στην έννοια, είναι όλο και περισσότερο εξειδικευμένη γνώση. Συμπερασματικά λοιπόν, τα σχολεία χρειάζονται εκπαιδευτικούς που έχουν αυτή την εξειδικευμένη γνώση. Επιπλέον, αν στόχος των σχολείων είναι να «μεταδίδουν ισχυρή γνώση», εξυπακούεται ότι οι σχέσεις εκπαιδευτικού - μαθητή εμφανίζουν συγκεκριμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που πηγάζουν από αυτό το στόχο. Για παράδειγμα:

- θα είναι διαφορετικές από τις σχέσεις με τους συνομήλικούς τους, άρα αναπόφευκτα και ιεραρχικές,
- δεν θα βασίζονται, όπως υπονοείται από κάποιες πρόσφατες κυβερνητικές πολιτικές, στην επιλογή των μαθητών, επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις, οι μαθητές θα στερούνται την προαπαιτούμενη γνώση για να κάνουν τέτοιες επιλογές.

Αυτό δεν σημαίνει ότι τα σχολεία δεν θα πρέπει να πάρουν σοβαρά υπόψη τους τη γνώση που μεταφέρουν στο σχολείο οι μαθητές ή ότι η παιδαγωγική εξουσία δεν πρέπει να αμφισβητηθεί. Δεν σημαίνει ότι κάποια συγκεκριμένη μορφή σχέσεων εξουσίας συνδέεται αναπόσπαστα με την παιδαγωγική και τα σχολεία. Τα θέματα παιδαγωγικής εξουσίας και υπευθυνότητας φέρνουν στην επιφάνεια σημαντικά ζητήματα, ιδιαίτερα για τους εκπαιδευτές των εκπαιδευτικών, κάτι όμως που δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης του συγκεκριμένου κειμένου.

Η επόμενη ενότητα επανέρχεται στο ζήτημα της διαφοροποίησης της γνώσης.



## Διαφοροποίηση της γνώσης και σχολική γνώση

Τα θέματα - κλειδιά για τη γνώση, τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τους ερευνητές της εκπαίδευσης, δεν είναι κυρίως τα φιλοσοφικά ερωτήματα όπως «Τι είναι γνώση;» ή «Πώς γίνεται και γνωρίζουμε;». Τα εκπαιδευτικά θέματα για τη γνώση αφορούν το ποια είναι και ποια θα έπρεπε να είναι η διαφοροποίηση της σχολικής γνώσης από τη μη - σχολική γνώση και τη βάση στην οποία πραγματοποιείται η διαφοροποίηση αυτή. Αν και εμπλέκονται φιλοσοφικά ζητήματα, οι διαφορές σχολικής και μη - σχολικής γνώσης αναδεικνύουν καταρχήν κοινωνιολογικά και παιδαγωγικά ζητήματα. Η φοίτηση σε σχολείο συνδέεται με την παρεχόμενη πρόσβαση στην εξειδικευμένη γνώση που ενσωματώνεται σε διαφορετικούς τομείς. Τα ερωτήματα - κλειδιά για το πρόγραμμα σπουδών θα αφορούν :

- α) στις διαφορές και τις σχέσεις ανάμεσα σε διαφορετικές μορφές εξειδικευμένης γνώσης,
- β) στον τρόπο με τον οποίο αυτή η εξειδικευμένη γνώση διαφέρει από τη γνώση που οι άνθρωποι αποκτούν στην καθημερινή τους ζωή,
- γ) στον τρόπο με τον οποίο η εξειδικευμένη και η καθημερινή γνώση συνδέονται μεταξύ τους και
- δ) στον τρόπο παιδαγωγικού μετασχηματισμού της εξειδικευμένης γνώσης. Με άλλα λόγια, πώς για αυτή τη γνώση γίνεται ο βηματισμός, η επιλογή και η διαδοχή στις διαφορετικές ομάδες μαθητών.

Η διαφοροποίηση συνεπώς, με την σημασία που της προσδίδω εδώ, αναφέρεται:

- στις διαφορές ανάμεσα στη σχολική και την καθημερινή γνώση,
- στις διαφορές και τις σχέσεις ανάμεσα στους τομείς της γνώσης
- στις διαφορές ανάμεσα στην εξειδικευμένη γνώση (π.χ. Φυσική ή Ιστορία) και την παιδαγωγικά μετασχηματισμένη γνώση (σχολική Φυσική ή σχολική Ιστορία για διαφορετικές ομάδες μαθητών).

Μέσω αυτών των διαφορών διακρίνονται δύο τύποι γνώσης. Η μία είναι η γνώση η *εξαρτώμενη από το πλαίσιο* που αναπτύσσεται κατά την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων στην καθημερινή ζωή. Μπορεί να είναι πολύ *πρακτική*, όπως να ξέρι κανείς πώς να αντιμετωπίσει ένα πρόβλημα μηχανικής φύσης ή ένα βραχυκύκλωμα ή πώς να βρει το δρόμο του στον χάρτη. Μπορεί επίσης να είναι *διαδικαστική*, όπως ένα εγχειρίδιο ή ένα σύνολο κανόνων για την υγεία και την ασφάλεια. Η γνώση που εξαρτάται από το πλαίσιο υπαγορεύει στο άτομο τον τρόπο με τον οποίο θα κάνει συγκεκριμένα πράγματα. Δεν εξηγεί ή γενικεύει, αλλά ασχολείται με ειδικά πράγματα. Ο δεύτερος τύπος γνώσης είναι η *ανεξάρτητη από το πλαίσιο ή θεωρητική γνώση*. Αυτή είναι γνώση που αναπτύσσεται για να παράσχει γενικεύσεις και να οδηγήσει με αξιώσεις στην καθολικότητα. Παρέχει τη βάση για τη διαμόρφωση κρίσεων και συνδέεται συνήθως, αλλά όχι αποκλειστικά, με τις επιστήμες. Είναι γνώση ανεξάρτητη από το πλαίσιο, την οποία δυνητικά αποκτά κανείς στο σχολείο και είναι αυτή στην οποία αναφέρθηκα νωρίτερα ως *ισχυρή γνώση*.

Αναπόφευκτα τα σχολεία δεν πετυχαίνουν πάντα να βοηθήσουν τους μαθητές να αποκτήσουν ισχυρή γνώση. Αληθεύει επίσης ότι τα σχολεία παρουσιάζουν περισσότερη επιτυχία με συγκεκριμένους μαθητές από ότι με άλλους. Η επιτυχία των μαθητών

είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένη από την κουλτούρα που μεταφέρουν στο σχολείο. Οι κουλτούρες της ελίτ που έρχονται αντιμέτωπες με μικρότερους περιορισμούς από τις υλικές δυσκολίες της ζωής είναι, όπως είναι αναμενόμενο, καταλληλότερες για την απόκτηση της ανεξάρτητης από το πλαίσιο ισχυρής γνώσης σε σχέση με τις κουλτούρες των μη - προνομιούχων ή των κατώτερων τάξεων. Αυτό σημαίνει ότι εάν τα σχολεία χρειάζεται να παίξουν σημαντικό ρόλο στην προώθηση της κοινωνικής ισότητας, οφείλουν να δώσουν πολύ μεγάλη σημασία στη βάση της γνώσης πάνω στην οποία αναπτύσσεται το πρόγραμμα σπουδών - ακόμα κι αν αυτό φαίνεται να έρχεται σε αντίθεση με τις άμεσες απαιτήσεις των μαθητών (και πολλές φορές των γονιών τους). Οφείλουν να θέτουν το ερώτημα: «Είναι το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών ένα μέσο με το οποίο οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν ισχυρή γνώση;». Για τα παιδιά των μη - προνομιούχων, η ενεργή συμμετοχή στο σχολείο μπορεί να είναι η μοναδική τους ευκαιρία για να αποκτήσουν ισχυρή γνώση και να μπορέσουν να κινηθούν, τουλάχιστον πνευματικά, πέρα από τοπικές και ειδικές περιστάσεις. Η δημιουργία ενός προγράμματος σπουδών που να βασίζεται στις εμπειρίες τους, με τη λογική ότι πρέπει να θεωρούνται σημαντικές αυτές οι εμπειρίες, δεν τους εξυπηρετεί και ως αποτέλεσμα τους αφήνει στάσιμους.

## Κατανοώντας τη σχολική γνώση

Η πιο εμπεριστατωμένη και πρωτότυπη προσπάθεια κατανόησης της σχολικής γνώσης είναι εκείνη που ανέπτυξε ο Άγγλος κοινωνιολόγος Basil Bernstein (Bernstein 1971, 2000). Η ιδιαίτερη διορατικότητά του τον οδήγησε στην κατανόηση του ρόλου - κλειδιού που έχουν τα σύνορα της γνώσης, τόσο σαν μια συνθήκη για την απόκτηση γνώσης όσο και σαν ένα στοιχείο που ενσωματώνει τις σχέσεις εξουσίας που αναγκαία εμπλέκονται στην παιδαγωγική. Ο Bernstein ξεκινά αναλαμβάνοντας τη διπλή διάσταση των συνόρων. Πρώτα έκανε μία διάκριση ανάμεσα στην *ταξινόμηση* της γνώσης - ή το βαθμό μόνωσης ανάμεσα στους τομείς της γνώσης - και την *περιχάραξη* της γνώσης - το βαθμό μόνωσης ανάμεσα στη σχολική γνώση ή το πρόγραμμα σπουδών και τη καθημερινή γνώση που οι μαθητές μεταφέρουν στο σχολείο. Στη συνέχεια πρότεινε ότι η *ταξινόμηση* της γνώσης μπορεί να είναι *ισχυρή*, όταν οι τομείς παρουσιάζουν υψηλό βαθμό μόνωσης ανάμεσά τους (όπως στην περίπτωση της Φυσικής και της Ιστορίας), ή *ασθενής*, όταν υπάρχουν χαμηλά επίπεδα μόνωσης ανάμεσα στους τομείς (όπως στα προγράμματα σπουδών των ανθρωπιστικών και φυσικών επιστημών). Παρομοίως, η *περιχάραξη* μπορεί να είναι *ισχυρή*, όταν η σχολική και η μη - σχολική γνώση είναι πλήρως διαχωρισμένες μεταξύ τους, ή *ασθενής*, όταν τα σύνορα ανάμεσα στη σχολική και μη - σχολική γνώση είναι θολά (όπως στην περίπτωση πολλών προγραμμάτων σπουδών για την εκπαίδευση ενηλίκων και στα προγράμματα σπουδών τα οποία είναι σχεδιασμένα για λιγότερο ικανούς μαθητές). Στα επόμενα έργα του ο Bernstein (2000) μεταφέρει το ενδιαφέρον του από τις *σχέσεις ανάμεσα* στους τομείς της γνώσης στη *δομή των ιδίων των τομέων* παρουσιάζοντας μια διάκριση ανάμεσα σε κατακόρυφες και οριζόντιες δομές γνώσης. Η διάκριση αναφέρεται στον

τρόπο που διαφορετικοί τομείς γνώσης ενσωματώνουν διαφορετικές ιδέες για τον τρόπο εξέλιξης της γνώσης. Ενώ στις κατακόρυφες δομές γνώσης από τη μια (τυπικά στις φυσικές επιστήμες) η γνώση εξελίσσεται προς υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης (για παράδειγμα, από τους νόμους βαρύτητας του Νεύτωνα στη θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάϊν), στις οριζόντιες (ή όπως το εκφράζει ο Bernstein, τμηματικές) δομές γνώσης από την άλλη, όπως στις κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες, η γνώση εξελίσσεται δημιουργώντας νέες γλώσσες που θέτουν καινούργια ερωτήματα. Παραδείγματα είναι οι νεωτερισμοί στη θεωρία της λογοτεχνίας ή οι προσεγγίσεις της συνείδησης και του νου. Το αρχικό ενδιαφέρον του Bernstein ήταν η ανάπτυξη μιας γλώσσας για τη μελέτη των διαφορετικών προγραμμάτων σπουδών και των συνεπειών τους. Το δεύτερο κρίσιμο εγχείρημά του ήταν να βρει το συνδετικό κρίκο που υπήρχε ανάμεσα στις δομές της γνώσης, τα σύνορα και τις ταυτότητες των μαθητών. Υπέθεσε ότι τα ισχυρά σύνορα ανάμεσα στους τομείς της γνώσης και τη σχολική και μη - σχολική γνώση παίζουν ουσιαστικό ρόλο στην υποστήριξη των ταυτοτήτων των μαθητών και συνεπώς αποτελούν συνθήκη για την πρόδοό τους. Υπάρχει όμως ένας αριθμός χαρακτηριστικών θεμάτων στα οποία φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο ο Bernstein χρησιμοποιεί την ιδέα των συνόρων, και σε όλες τις περιπτώσεις η αφετηρία τους μπορεί να αναζητηθεί στον Durkheim (Moore 2004). Καταρχήν, τα σύνορα αναφέρονται στις *σχέσεις ανάμεσα στα περιεχόμενα* και όχι *στα ίδια τα περιεχόμενα γνώσης*. Δεύτερον, αν και ισχυρά σύνορα έχουν παραδοσιακά εμφανιστεί σε επιστημονικούς κλάδους και μαθήματα, από την οπτική γωνία του Bernstein αυτό είναι ένα ιστορικό γεγονός και οι επιστημονικοί κλάδοι και τα μαθήματα που γνωρίζουμε δεν είναι οι μοναδική μορφή που μπορούν να πάρουν τα ισχυρά σύνορα. Τρίτον, τα ισχυρά σύνορα ανάμεσα στα περιεχόμενα θα έχουν επιπτώσεις στην κατανομή, με άλλα λόγια, θα συνδέονται με συγκεκριμένες ανισότητες των αποτελεσμάτων της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Τέταρτο, είτε συνδέεται με τη δημιουργία νέας γνώσης (στο πανεπιστήμιο) ή τη διεύρυνση της απόκτησης ισχυρής γνώσης από καινούργιες ομάδες μαθητών, ο νεωτερισμός θα συνεπάγεται το ξεπέραςμα των συνόρων και την αμφισβήτηση των ταυτοτήτων. Με άλλα λόγια, η σχολική βελτίωση από αυτή την οπτική γωνία θα συνεπάγεται και σταθερότητα και αλλαγή, ή, σύμφωνα με τους όρους που χρησιμοποιήθηκαν στο κείμενο αυτό, τη διασύνδεση ανάμεσα στη διατήρηση των συνόρων και το ξεπέραςμά τους.

## Συμπεράσματα

Το συγκεκριμένο κείμενο υποστήριξε ότι ανεξάρτητα από τις ιδιαίτερες θεωρητικές τους προσεγγίσεις, τα θέματα εκπαιδευτικής πολιτικής ή τα πρακτικά εκπαιδευτικά προβλήματα, οι ερευνητές της εκπαίδευσης, οι δημιουργοί εκπαιδευτικής πολιτικής και οι εκπαιδευτικοί πρέπει να διατυπώνουν το ερώτημα «Γιατί υπάρχουν τα σχολεία;». Αυτό σημαίνει να ρωτούν γιατί τα σχολεία εξελίχθηκαν ιστορικά, σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και σε πολύ διαφορετικές κοινωνίες ως ξεχωριστά ιδρύματα με τον ιδιαίτερο στόχο να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να αποκτήσουν γνώση που δεν τους ήταν διαθέσιμη στο σπίτι ή την

καθημερινή τους ζωή<sup>3</sup>. Πιστεύω ότι η έννοια κλειδί για την κοινωνιολογία της εκπαίδευσης (και τους εκπαιδευτικούς γενικότερα) είναι η *διαφοροποίηση της γνώσης*<sup>4</sup>.

Η έννοια της *διαφοροποίησης της γνώσης* υποδηλώνει ότι ένα μεγάλο μέρος της γνώσης που είναι σημαντικό να αποκτήσουν οι μαθητές θα είναι μη - τοπική και ενάντια προς την εμπειρία τους. Άρα, η παιδαγωγική θα περιλαμβάνει πάντοτε ένα στοιχείο αυτού που αναφέρει ο Γάλλος κοινωνιολόγος Pierre Bourdieu, με υπερβολικό στόμφο και πιστεύω παραπλανητικά, ως *συμβολική βία*. Το πρόγραμμα σπουδών οφείλει να λάβει υπόψη την καθημερινή τοπική γνώση που οι μαθητές μεταφέρουν στο σχολείο, αλλά μια τέτοιου είδους γνώση ποτέ δεν μπορεί να αποτελέσει βάση για το πρόγραμμα σπουδών. Η δομή της τοπικής γνώσης είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να σχετίζεται με το ειδικό, δεν είναι δυνατό να παρέχει τη βάση για οποιοδήποτε γενικευόμενες αρχές. Ένας βασικότατος λόγος για την ύπαρξη σχολείων σε όλες τις χώρες είναι η παροχή πρόσβασης σε τέτοιες αρχές.

Η έννοια της *διαφοροποίησης της γνώσης* θέτει ένα τριπλό κατάλογο θεμάτων για τα σχολεία και τους εκπαιδευτικούς, για τους δημιουργούς εκπαιδευτικής πολιτικής και για τους ερευνητές της εκπαίδευσης. Αρχικά, κάθε ομάδα (ξεχωριστά και μαζί) πρέπει να διερευνήσει τη σχέση ανάμεσα στο σκοπό των σχολείων<sup>5</sup> να δημιουργήσουν τις συνθήκες για να αποκτήσουν οι μαθητές ισχυρή γνώση και την *εσωτερική τους δομή* - όπως η κατανομή των μαθημάτων - ή την *εξωτερική τους δομή* - όπως τα σύνορα ανάμεσα σε σχολεία και επαγγελματικές και ακαδημαϊκές «κοινότητες παραγωγής γνώσης» και ανάμεσα στα σχολεία και την καθημερινή γνώση τοπικών κοινωνιών.

Δεύτερον, εάν τα σχολεία οφείλουν να βοηθούν τους μαθητές να αποκτήσουν ισχυρή γνώση, τοπικές, εθνικές και διεθνείς ομάδες ειδικευμένων εκπαιδευτικών θα χρειαστεί να συνεργαστούν με πανεπιστημιακούς ή άλλους ειδικούς για την συνεχή επιλογή, για τη διαδοχή και διασύνδεση της γνώσης σε διαφορετικούς τομείς. Τα σχολεία συνεπώς θα χρειαστούν αυτονομία για να αναπτύξουν αυτή την επαγγελματική γνώση, είναι η βάση για την εξουσία που έχουν οι εκπαιδευτικοί και για την εμπιστοσύνη που η κοινωνία έχει στο πρόσωπό τους ως επαγγελματίες. Είναι δυνατόν μερικές φορές να γίνεται κακή χρήση της εμπιστοσύνης αυτής. Παρόλα αυτά, οποιαδήποτε μορφή λογοδοσίας οφείλει να στηρίζει την εμπιστοσύνη αυτή κι όχι να προσπαθεί να την υποκαταστήσει.

Τρίτον, οι ερευνητές της εκπαίδευσης θα πρέπει να αποδίδουν την τάση προς έναν ουσιαστικά *συντηρητικό* ρόλο των σχολείων στο γεγονός ότι είναι ιδρύματα με ευθύνη για την μετάδοση της γνώσης στην κοινωνία - ιδιαίτερα όταν αυτή η πλευρά του ρόλου τους υπογραμμίζεται μέσα σε έναν κόσμο που χαρακτηρίζεται ολοένα και περισσότερο από τις αστάθειες της αγοράς. Παρόλα αυτά, ο συντηρητισμός αποκτά δύο εντελώς διαφορετικές

<sup>3</sup> Σε ένα ευρύτερο θεωρητικό πλαίσιο το κείμενο αυτό υποστηρίζει ότι η κοινωνιολογία της εκπαίδευσης θα έπρεπε να αντιμετωπίσει τα σχολεία ως μέρος των αλληλένδετων προγραμμάτων εκμοντερνισμού και κοινωνικής δικαιοσύνης.

<sup>4</sup> Έχοντας σαν σημείο εκκίνησης τη θεωρία των διαφορών της γνώσης και όχι μόνο το γεγονός των διαφορών, η έννοια διαφοροποίησης της γνώσης είναι αρκετά διαφορετική από την (και μάλιστα αποτελεί κριτική αυτής) εμφανειακά παρόμοια ιδέα ότι υπάρχουν διαφορετικοί τύποι γνώσης.

<sup>5</sup> Εδώ, η λέξη σχολεία αναπροσωπεί όλα τα επίσημα εκπαιδευτικά ιδρύματα.

σημασίες όταν αναφέρεται στα σχολεία. Μπορεί να σημαίνει διατήρηση των σταθερών συνθηκών για την απόκτηση «ισχυρής γνώσης» και αντίσταση στις πολιτικές και οικονομικές πιέσεις για ευελιξία. Ένα καλό παράδειγμα φαίνεται στο πώς η συνέχεια ενός προγράμματος σπουδών και η συνοχή του μπορούν να υπονομευτούν από την εξειδίκευση και τον τεμαχισμό του στα επονομαζόμενα «κομμάτια μικρού μεγέθους». Ο «συντηρητισμός» των εκπαιδευτικών θεσμών μπορεί να σημαίνει επίσης ότι δίνει προτεραιότητα στη διατήρηση συγκεκριμένων προνομίων και συμφερόντων, όπως εκείνα των μαθητών που προέρχονται από συγκεκριμένη κοινωνική τάξη ή εκείνα των εκπαιδευτικών ως επαγγελματική ομάδα. Οι ριζοσπάστες και μερικοί κοινωνιολόγοι της εκπαίδευσης είχαν την τάση στο παρελθόν να εστιάζουν την προσοχή τους σε αυτή τη μορφή σχολικού συντηρητισμού και να φτάνουν στο συμπέρασμα ότι για να βελτιωθούν τα σχολεία οφείλουν να μοιάσουν στο μη - σχολικό κόσμο, την κοινωνία ή την αγορά. Αυτό μας αναγκάζει να επιστρέψουμε στην ένταση ανάμεσα στην διαφοροποίηση και την απο - διαφοροποίηση στην οποία αναφέρθηκα ήδη στο κείμενο.

Στο κείμενο έχουν παρουσιασθεί τρία σχετιζόμενα επιχειρήματα. Το πρώτο είναι ότι αν και οι απαντήσεις στο ερώτημα 'Γιατί υπάρχουν σχολεία;' αναπόφευκτα θα εκφράζουν τάσεις και αντικρουόμενα συμφέροντα μέσα στον ευρύτερο χώρο της κοινωνίας, οι δημιουργοί εκπαιδευτικής πολιτικής, οι ενεργοί εκπαιδευτικοί και οι ερευνητές της εκπαίδευσης χρειάζεται να αναγνωρίζουν τους ιδιαίτερους σκοπούς των σχολείων. Το δεύτερο επιχειρήματά μου είναι ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στις ελπίδες χειραφέτησης που συνδέονται με την διεύρυνση της παιδείας και την ευκαιρία που προσφέρουν τα σχολεία στους μαθητές να αποκτήσουν «ισχυρή γνώση», μια ευκαιρία που σπάνια έχουν στο σπίτι. Τρίτον, παρουσιάζω την έννοια της *διαφοροποίησης της γνώσης ως πρωταρχικό τρόπο διάκρισης ανάμεσα σε σχολική και μη - σχολική γνώση*. Οι σύγχρονες μορφές λογοδοσίας τείνουν να αδυνατίζουν τα σύνορα ανάμεσα σε σχολική και μη - σχολική γνώση με βάση το γεγονός ότι αυτά τα σύνορα αναστέλλουν την εφαρμογή ενός προγράμματος σπουδών που είναι πιο προσβάσιμο και πιο οχευκό με την οικονομία. Βασισμένος στην ανάλυση του Basil Bernstein θεωρώ ότι αυτές οι θέσεις ίσως να οδηγούν στη μη παροχή των αναγκαίων συνθηκών για την απόκτηση ισχυρής γνώσης από εκείνους τους μαθητές που θεωρούνται ήδη μη - προνομιούχοι λόγω των κοινωνικών συνθηκών. Ένα από τα μεγαλύτερα εκπαιδευτικά ζητήματα της εποχής μας είναι, πιστεύω, η γεφύρωση αυτής της διάστασης που υπάρχει ανάμεσα στις πολιτικές απαιτήσεις και την εκπαιδευτική πραγματικότητα.

## Βιβλιογραφία

- Althusser (1971). *L. Lenin and Philosophy and other Essays*. New York, Monthly Review Press.  
Bowles.S & Gintis.H (1976). *Schooling in Capitalist America*, New York, Basic Books.  
Bernstein.B (1971). *Class, Codes and Control (Volume 1)*, London, Routledge and Kegan Paul.  
Bernstein, B. (2000). *Pedagogy, Symbolic Control and Identity: Theory, Research, Critique*. 2nd edition. Oxford: Rowman & Littlefield.  
Foucault.M (1991). *Remarks on Marx: Conversations with Duccio Trombadori*. New

- York, *Semiotext(e)*, p. 157
- Illich, I. (1971). *Deschooling Society*, Harmondsworth, Penguin Books.
- Moore, R. (2004). *Education and Society*. London: Polity Press.
- White, J. (2007). *What schools are for and the reasons why?* Impact Paper, Philosophy of Education Society of Great Britain.
- Willis, P. (1981). *Learning to Labour*, New York, Columbia University Press.
- Young, M. (1971). *Knowledge and Control: New Directions for the Sociology of Education*, London Collier Macmillan.
- Young, M. (1998). *The Curriculum of the Future*, London, Falmer.

### **Για περαιτέρω μελέτη**

- Muller, J. (2000). *Reclaiming Knowledge: Social Theory, Curriculum and Education Policy*. London: RoutledgeFalmer.
- Young, M. (2007). *Bringing Knowledge Back In: From social constructivism to social realism in the sociology of Education*, London, Routledge.
- Young, M. and Gamble, J. (2006). *Knowledge, Curriculum and Qualifications for South African Further Education*, Pretoria South Africa, HSRC Press.
- Young, M. and Whitty, G. (1976). *Explorations in the Politics of School Knowledge*. Driffield, Yorks: Nafferton Books.



ΤΟ ΠΑΡΟΝ ΒΙΒΛΙΟ ΤΥΠΩΘΗΚΕ ΣΕ 3000 ΑΝΤΙΤΥΠΑ  
ΤΟ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ ΤΟΥ 2008 ΣΕ ΧΑΡΤΙ ΣΑΜΟΥΑ ΤΩΝ 100 ΓΡ.

Η ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ, Η ΦΙΛΜΟΠΟΙΗΣΗ,  
ΤΟ ΜΟΝΤΑΖ, Η ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ Η ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ  
ΕΓΙΝΑΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΜΙΧΑΛΗΣ ΤΟΥΜΠΗΣ Α.Ε.