

## **Μια πρόταση για τη διδασκαλία των Εργαστηριακών Φυσικών Επιστημών στηριγμένη στην κατά I. Hacking προσέγγιση της «εσωτερικής ζωής» τους**

Βασίλης Τσελφές, ΤΕΑΠΗ, ΕΚΠΑ.

### **Εισαγωγή.**

Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) έχει από καιρό αρνηθεί τη διδακτική προσέγγιση του μαθητή ως (μικρού) «επιστήμονα». Αυτή η άρνηση ήρθε σαν συνέπεια των προβλημάτων αποτελεσματικότητας που εμφάνισε το «ανακαλυπτικό» διδακτικό ρεύμα, μέσα στο πλαίσιο που διαμόρφωσε το ανερχόμενο, τη δεκαετία του '80, διδακτικό ρεύμα του «κονστρουκτιβισμού». Συγκεκριμένα, τα προβλήματα της αναλογίας μαθητή – επιστήμονα αποδόθηκαν στις σημαντικές διαφορές που εμφανίζει το εκπαιδευτικό πλαίσιο έναντι του επιστημονικού, καθώς και ο μαθητής, ως γνωστικό και κοινωνικό υποκείμενο, έναντι του επιστήμονα (Driver 1983). Με μια δεύτερη, όμως, ματιά, θα μπορούσε κάποιος να εντοπίσει ότι τόσο το «ανακαλυπτικό» όσο και το «κονστρουκτιβιστικό» διδακτικό ρεύμα έχουν δομήσει και την αναλογία μαθητή – επιστήμονα και την κριτική τους σ' αυτή, εστιάζοντας ελάχιστα στον επιστήμονα. Για παράδειγμα η διδακτική πρόταση της ανακάλυψης αντιλαμβανόταν την επιστημονική δραστηριότητα ως μια επαγωγικού τύπου γνωστική δραστηριότητα και στη βάση αυτή προσπαθούσε να οδηγήσει τους μαθητές από τα εμπειρικά πειραματικά δεδομένα στη δόμηση των επιστημονικών μοντέλων. Από την άλλη μεριά η κονστρουκτιβιστική κριτική εστίασε στις τοπικές λογικές των μαθητών (οι οποίοι χρησιμοποιούν τις προσωπικές τους ιδέες για να αντιμετωπίσουν τα εμπειριστικής δομής διδακτικά / μαθησιακά επεισόδια) και, στην ουσία, διαπίστωσε ότι αυτές είναι διαφορετικές από τις λογικές των επιστημόνων στις ιστορικές περιόδους κρίσης των κατά Kuhn «παραδειγμάτων». Σαν αποτέλεσμα, πρότεινε διδακτικές προτάσεις που επιχειρούσαν να προσομοιώσουν περιόδους επιστημονικής κρίσης (καταστάσεις εννοιολογικής σύγκρουσης), ολισθαίνοντας από άλλη κατεύθυνση στην αναλογία μαθητή – επιστήμονα.

Συνολικά φαίνεται ότι, ενώ καμία πρόταση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) δεν έχει απομακρυνθεί εντελώς από κάποιο μοντέλο περί επιστήμης, καμία, επίσης, διδακτική πρόταση μέχρι σήμερα δεν έχει συγκροτήσει ένα επεξεργασμένο διδακτικό ανάλογο στηριγμένο στις πρακτικές της επιστημονικής δραστηριότητας. Ένας πρώτος λόγος γι αυτό, εκτιμώ πως είναι το γεγονός ότι μέχρι πρόσφατα δεν είχαν κάνει την εμφάνισή τους, στο χώρο της Επιστημολογίας και της Φιλοσοφίας των Επιστημών, ενδιαφέρουσες και επεξεργασμένες προτάσεις μοντέλων τα οποία αναπαριστούν τις επιστημονικές πρακτικές. Ένας δεύτερος λόγος αφορά στην επίδραση της Φιλοσοφίας των Επιστημών και της «κλασικής» Επιστημολογίας. Η επίδραση αυτή εμπόδισε τη ΔΦΕ να κατανοήσει ότι η ανασυγκρότηση της επιστημονικής γνώσης (με ιστορική ή μη προσέγγιση) δεν αποκαλύπτει υποχρεωτικά και τις πρακτικές των ανθρώπων που την κατασκεύασαν.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές και δεδομένου ότι τα νεότερα επιστημολογικά ρεύματα (π.χ. αυτό της Κοινωνιολογίας της Επιστημονικής Γνώσης) συζητούν εκτεταμένα το ζήτημα των επιστημονικών πρακτικών, θεωρώ θεμιτό να επιχειρήσω τη διδακτική αναπλαισίωση ενός μοντέλου επιστημονικής πρακτικής. Ως τέτοιο επιλέγω το μοντέλο του I. Hacking (1992), όπως αυτό αναπτύσσεται κυρίως στο άρθρο του «The self-vindication of the Laboratory Sciences». Η επιλογή μου στηρίζεται στο γεγονός ότι το μοντέλο αυτό αναπαριστά την «εσωτερική» δυναμική των πρακτικών στις Εργαστηριακές Επιστήμες, όπως η Φυσική και η Χημεία. Η δυναμική αυτή φαίνεται να μην εξαρτάται από κοινωνικούς παράγοντες, ακόμη και αν τα αποτελέσματά της θα μπορούσαν – και φαίνεται – να εξαρτώνται. Το γεγονός αυτό απαλλάσσει τη διδακτική

αναπλαισίωση από την αδυναμία της αναλογικής ταύτισης των κοινωνικών χαρακτηριστικών του διδακτικού και του επιστημονικού πλαισίου και καθιστά την διδακτική πρόταση που ακολουθεί εν δυνάμει εφαρμόσιμη.

Συγκεκριμένα, στη διδακτική πρόταση θεωρώ τις πρακτικές διαχείρισης των διδακτικών – μαθησιακών έργων ανάλογες με τις επιστημονικές πρακτικές (Τσελφές 2002α). Από εκεί και μετά θεωρώ ότι, το θεσμικό / κοινωνικό / γνωστικό πλαίσιο που θα επηρεάσει και τα τελικά μαθησιακά αποτελέσματα, μπορεί κανείς να το διαχειριστεί με όρους μάθησης. Έτσι, ελπίζω ότι:

A. θα πετύχω να προτείνω έναν πλήρη «χάρτη» διδακτικών πρακτικών για τα μαθήματα των ΦΕ και

B. θα μπορέσω να δείξω ότι η αναλογία μαθητή – επιστήμονα, σε επίπεδο πρακτικών, ήταν από πάντα σε χρήση (δείχνοντας ότι οι δόκιμες, σήμερα, διδακτικές πρακτικές αποτελούν μέρος του συνόλου των πρακτικών που προκύπτουν από την παραπάνω αναλογία).

### **Το προτεινόμενο μοντέλο επιστημονικών (και εν δυνάμει διδακτικών) πρακτικών.**

Το μοντέλο που θα παρουσιάσω στηρίζεται στην «ταξινόμια των οντοτήτων της εργαστηριακής πρακτικής», του I. Hacking (1992). Σύμφωνα με την ταξινόμια, η επιστημονική δραστηριότητα των εργαστηριακών επιστημών (επιστημών που «κατασκευάζουν» στο εργαστήριο τα κομμάτια του κόσμου που μελετούν) έχει μια σχετικά αυτόνομη «εσωτερική ζωή». Η «ζωή» αυτή διαθέτει μια ελάχιστη εσωτερική δυναμική που δεν αλλοιώνεται από τις όποιες εξωτερικές (κοινωνικές ή παραδοσιακές) σχέσεις. Ακολουθώντας τις περιγραφές του Hacking (1992, σσ.43-50) και μετασχηματίζοντάς τες στην κατεύθυνση της διδακτικής αναπλαισίωσης, που τελικά με ενδιαφέρει, μπορώ να περιγράψω την εσωτερική αυτή «ζωή» ως εξής:

Στο εσωτερικό της δραστηριότητας των εργαστηριακών επιστημών οι επιστήμονες διαχειρίζονται τρεις σημαντικές κατηγορίες οντοτήτων, οι οποίες αλληλεπιδρούν δυναμικά μεταξύ τους και μπορούν να μετασχηματίζουν η μια την άλλη. Οι οντότητες αυτές είναι:

A. Οι «ιδέες» οι σχετικές με το φυσικό φαινόμενο που μελετάται. Εδώ μπορούν να ενταχθούν οντότητες όπως τα ερωτήματα, οι θεμελιώδεις πεποιθήσεις και γνώσεις (που χωρίς αυτές δεν νοείται επιστήμη, αλλά και που παράλληλα, επειδή θεωρούνται δεδομένες, δεν αναφέρονται συστηματικά), οι θεωρητικές έννοιες, η συστηματική θεωρία, τα θεωρητικά μοντέλα, οι τοπικές υποθέσεις, τα μοντέλα των συσκευών, κλπ.

B. Οι υλικές οντότητες, όπως το δείγμα, οι πηγές των τροποποιήσεων (συσκευές που επηρεάζουν, μεταβάλλουν ή αλληλεπιδρούν με το δείγμα), οι ανιχνευτές των τροποποιήσεων, τα εργαλεία, οι γεννήτριες των δεδομένων (μπορεί να είναι από τον πειραματιστή μέχρι τα καταγραφικά, τις φωτογραφικές μηχανές ή τα «σκάνερς»), καθώς και τα «ακατέργαστα δεδομένα» (Hacking 1992, σ.44). Τα τελευταία είναι ότι παράγουν οι γεννήτριες των δεδομένων. Είναι τα ανερμήνευτα σημάδια, τα γραφήματα των μεταβολών με το χρόνο, οι φωτογραφίες, κλπ. Τα δεδομένα κατασκευάζονται στο εργαστήριο. Δεν «δίνονται» από τη φύση. Είναι η υλική παραγωγή των συσκευών (Ackermann 1985). Υλικές οντότητες και ακατέργαστα δεδομένα δίνουν υπόσταση στο φαινόμενο μέσα στον πραγματικό κόσμο – μέρος του οποίου είναι και ο ίδιος ο επιστήμονας.

Γ. Τα «τεκμήρια» που θεωρούνται ή παρουσιάζονται ως κατάλληλα από τον επιστήμονα και συνυπάρχουν με τον τρόπο κατασκευής τους. Τεκμήρια μπορούν να αποτελούν τα εκτιμημένα δεδομένα (ότι απομένει μετά την εκτίμηση των σφαλμάτων), τα ανηγμένα δεδομένα (ότι απομένει μετά την αναγωγή ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων), τα αναλυμένα δεδομένα (ότι επιλέγεται από τα δεδομένα στη βάση της υπόθεσης ή της

ερώτησης), τα προς ερμηνεία δεδομένα (ότι από τα αναλυμένα δεδομένα μπορεί να συνδεθεί με κάποια στοιχεία της συστηματικής θεωρίας), κοκ.

Οι ιδέες και τα τεκμήρια είναι οντότητες που αναπαριστούν το εργαστηριακό φαινόμενο. Ταυτόχρονα ερμηνεύουν ή εγκυροποιούν οι μεν τα δε. Είναι οντότητες του γνωστικού κόσμου μέσω των όποιων αναπαρίστανται τα φαινόμενα του «πραγματικού» κόσμου. Οι επιστήμονες επικοινωνούν μέσω των ιδεών και των τεκμηρίων όταν συζητούν τις προβλέψεις τους, τις ερμηνείες των φαινομένων ή την εγκυρότητά τους. Εδώ, χρησιμοποιούν την επιστημονική γλώσσα η οποία σε μεγάλο βαθμό είναι συμβολική. Από την άλλη μεριά, το φαινόμενο σαν μέρος του υλικού κόσμου είναι πάντα παρόν στο εργαστήριο και με ένα διαφορετικό τρόπο. Ο επιστήμονας παρεμβαίνει (Hacking 1995) και κάνει τα πράγματα να «δουλέψουν» με τον ένα ή τον άλλο τρόπο, αλλά το πραγματικό / υλικό μέρος του φαινομένου, που δεν μπορεί να μιλήσει για τον εαυτό του, δεν «υποτάσσεται» υποχρεωτικά σε οποιαδήποτε ιδέα ή αναμενόμενο τεκμήριο. Οι επιστήμονες επικοινωνούν, επίσης και κατά τη διάρκεια των παρεμβατικών τους δραστηριοτήτων, χρησιμοποιώντας όρους που αναφέρονται σε οντότητες του υλικού κόσμου και σε τρόπους με τους οποίους μπορούν να τις χειριστούν. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιούν μια άλλη γλώσσα που θα μπορούσαμε να την πούμε τεχνική. Η γλώσσα αυτή δεν έχει σχέση με την επιστημονική και είναι κατά κανόνα ανεξάρτητη από τις ιδέες που εμπλέκονται με τον εκάστοτε πειραματισμό (Radder 1996). Θεωρώ ότι και μόνο η ύπαρξη αυτής της γλώσσας φανερώνει τη σημασία των παρεμβάσεων στο πλαίσιο της επιστημονικής δραστηριότητας.

Έτσι, ο πειραματισμός είναι επιτυχής, όχι όταν οι ιδέες συμφωνούν απλά με τα τεκμήρια, αλλά όταν ταιριάζουν μεταξύ τους οι ιδέες, η υλική κατασκευή και τα τεκμήρια. Αυτό μπορεί να γίνει με μια ποικιλία από τρόπους: είτε κατασκευάζοντας τα κατάλληλα τεκμήρια (π.χ. επιλέγοντας μεθόδους διαχείρισης των ακατέργαστων δεδομένων), είτε αλλάζοντας κάποιες από τις ιδέες, είτε παρεμβαίνοντας στον υλικό κόσμο και κατασκευάζοντας καινούρια κομμάτια του (π.χ. νέες συσκευές μέτρησης που παράγουν διαφορετικού τύπου ακατέργαστα δεδομένα), είτε, τέλος, με κάποιο συνδυασμό των προηγούμενων. Έτσι, στην εργαστηριακή πρακτική τα προβλήματα της φιλοσοφικής επαγωγής (οι θεωρίες καθοδηγούνται από την παρατήρηση) και της φιλοσοφικής παραγωγής (οι παρατηρήσεις καθοδηγούνται από τη θεωρία) χάνουν τη σημασία τους. Μεταξύ ιδεών και τεκμηρίων μπορεί κανείς να δημιουργεί σχέσεις χρησιμοποιώντας πότε την επαγωγή (για να επικυρώσει κάποιες ιδέες) και πότε την παραγωγή (για να ερμηνεύσει κάποια τεκμήρια). Αλλά το ουσιαστικό δέσιμο ιδεών και τεκμηρίων γίνεται με την κατασκευή του κατάλληλου κομματιού υλικής «πραγματικότητας». Επιπλέον, στο εσωτερικό της εργαστηριακής πρακτικής και η Ποππεριανή διάψευση αποκτά διαφορετική σημασία από την φιλοσοφική: Αν ένα τεκμήριο διαψεύδει μια θεωρητική ιδέα, τότε ίσως κάποιος μπορεί, παρεμβαίνοντας στον υλικό κόσμο, να κατασκευάσει μια νέα «πραγματικότητα» που να του δίνει τα κατάλληλα τεκμήρια.

### **Η διδακτική πρόταση**

Με τη λογική του παραπάνω μοντέλου, ένας δυνατός χάρτης διδακτικών δραστηριοτήτων μπορεί να περιλαμβάνει:

#### **Α. Διδακτικές δραστηριότητες σύνδεσης «Ιδεών» και «Τεκμηρίων».**

Στις δραστηριότητες αυτές ο διδακτικός σχεδιασμός πρέπει να καθοδηγεί τους μαθητές να δοκιμάζουν την αποκατάσταση σχέσεων μεταξύ των θεωριών (ή των μοντέλων) των ΦΕ και των τεκμηρίων που τις υποστηρίζουν. Οι δραστηριότητες αυτής της μορφής είναι οι πλέον διαδεδομένες στη γενική εκπαίδευση. Συνήθως, όμως, γίνονται με τρόπους ή «ετικέτες» που αποκρύπτουν τη φύση τους. Για παράδειγμα, η λύση

προβλημάτων είναι μια τέτοια δραστηριότητα. Μόνο που τα μεν δεδομένα και ζητούμενα τεκμήρια εμφανίζονται και αντιμετωπίζονται ως αριθμητικά δεδομένα, οι δε θεωρίες / μοντέλα ως μαθηματικοί «τύποι» χωρίς ιδιαίτερο εννοιολογικό περιεχόμενο. Από την άλλη μεριά, όταν τα τεκμήρια προκύπτουν από πειραματικές διατάξεις επίδειξης, οι διδάσκοντες συνηθίζουν να μην τα εντοπίζουν λεκτικά, εκτιμώντας ότι τα φαινόμενα μιλάνε από μόνα τους. Οι δραστηριότητες, όμως, σύνδεσης ιδεών και τεκμηρίων μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο μέσα στον κόσμο του λόγου. Τα τεκμήρια δεν «φάνονται». Κατασκευάζονται μέσα από διαδικασίες που είναι συνήθως πολύ πιο σύνθετες από αυτό που απλοϊκά αποκαλούμε «παρατήρηση». Για παράδειγμα:

- Στο εκπαιδευτικό εργαστήριο μπορεί να στηθεί ένα «πείραμα» ως επιχείρημα μέσα στο πλαίσιο μιας παραγωγικής συζήτησης. Οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές μπορούν τότε να επιλέγουν (π.χ. από μία πειραματική επίδειξη), συνειδητά και ρητά, τα κατάλληλα τεκμήρια και να τα χρησιμοποιούν ως επιχειρήματα.
- Στο εκπαιδευτικό εργαστήριο μπορεί επίσης να στηθούν «πειράματα» στην κατεύθυνση της παρουσίασης τεκμηρίων, ως θετικών στιγμιότυπων μιας άποψης. Και εδώ τα τεκμήρια θα πρέπει να δηλώνονται ρητά. Σαν αποτέλεσμα, ο εκπαιδευτικός διάλογος θα πλουτίζεται και με επαγωγικά επιχειρήματα.
- Το «πείραμα», σε κάποιες από τις παραπάνω μορφές του, μπορεί να γίνει και χωρίς υλικά. Το «νοητικό πείραμα» είναι μια παλιά και δοκιμασμένη νοητική άσκηση (καθαρό παιχνίδι μεταξύ ιδεών και τεκμηρίων), που δεν χρειάζεται υλική βάση για να πραγματοποιηθεί. Στο πλαίσιο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτούσια κομμάτια από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών ή και την παλαιότερη Φυσική Φιλοσοφία.

**B. Διδακτικές δραστηριότητες σύνδεσης «Εργαστηριακού Κόσμου» και «Τεκμηρίων».**

Στις δραστηριότητες αυτές, ο διδακτικός σχεδιασμός πρέπει να καθοδηγεί τους μαθητές να δοκιμάζουν την αποκατάσταση σχέσεων μεταξύ υλικών κατασκευών (πειραματικές διατάξεις) και τεκμηρίων. Στην τρέχουσα διδακτική πρακτική η πιο διαδεδομένη σχετική δραστηριότητα είναι αυτή του καθοδηγούμενου εργαστηρίου. Εδώ οι εκπαιδευόμενοι δοκιμάζουν να κατασκευάσουν τεκμήρια από δεδομένες πειραματικές διατάξεις ή σειρές ακατέργαστων δεδομένων. Η αντίστροφη περίπτωση είναι ελάχιστα διαδεδομένη (προτείνεται κυρίως στο πλαίσιο της ανοιχτής μορφής της εργαστηριακής άσκησης). Αφορά στην κατασκευή μιας πειραματικής διάταξης η οποία θα μπορούσε να παράγει συγκεκριμένα και εκ των προτέρων δηλωμένα, τεκμήρια. Και στις δύο περιπτώσεις, ο κόσμος με τον οποίο αλληλεπιδρούν τα υποκείμενα της γνώσης δεν είναι οντολογικά ενιαίος. Από τη μια μεριά, βρίσκεται ο πραγματικός υλικός κόσμος και από την άλλη, ο κόσμος του λόγου, μέσα στον οποίο επιχειρείται να αναπαρασταθούν τα γεγονότα του πρώτου. Εδώ νομίζω ότι είναι αναμενόμενη η ενεργοποίηση ενός ισχυρού οντολογικού εμποδίου. Του εμποδίου που ταυτίζει ένα κομμάτι του υλικού κόσμου με ένα και μόνον ένα σύνολο τεκμηρίων. Το εμπόδιο αυτό θα πρέπει με κάθε τρόπο και με κάθε ευκαιρία να συζητιέται, ως τέτοιο, μεταξύ διδασκόντων και διδασκομένων. Έτσι, πέρα από τη διδασκαλία και μάθηση των τυπικών τεχνικών κατασκευής τεκμηρίων (τεχνικές διαχείρισης δεδομένων που συναντώνται στο καθοδηγούμενο εργαστήριο), το εκπαιδευτικό εργαστήριο, κατ' αναλογία προς το επιστημονικό, μπορεί για παράδειγμα:

- Να ζητά την κατασκευή μιας «νέας» υλικής πραγματικότητας στη βάση συγκεκριμένων τεκμηρίων. Οι μαθητές μπορούν να την κατασκευάσουν σαν τέτοια (νέα!) και να μάθουν από την παρεμβατική διαδικασία αυτής της κατασκευής. Μπορούν, για παράδειγμα, να μάθουν χαρακτηριστικά της κουλτούρας των εργαστηριακών επιστημών. Μιας κουλτούρας που, αν και δεν έχει σχέση με αυτή των ταχυδακτυλουργών, στο εμπειρικό της πεδίο τα γεμάτα με νερό ποτήρια μπορούν να είναι τοποθετημένα ανάποδα και τα κυλινδρικά κουτιά συσκευασίας μπορούν να ανεβαίνουν από μόνα τους στα κεκλιμένα επίπεδα (δες π.χ. Κουμαράς 1998).

- Να αποκαλύπτει κρυφά κομμάτια μιας υφιστάμενης υλικής πραγματικότητας: Οι μαθητές, οργανώνοντας μέσω του διαλόγου την παρατήρησή τους, μπορούν και να τα βρουν και να τα «δουν». Από 'δω μπορούν να μάθουν και άλλα στοιχεία της ίδιας κουλτούρας. Όπως, το ότι βλέπουμε τα πράγματα που επιδιώκουμε να δούμε και όχι τα πράγματα που «υπάρχουν» ή, αλλιώς, ότι τα πράγματα που δηλώνουμε ότι βλέπουμε αποτελούν τεκμήρια για όσα συμβαίνουν, επειδή υπάρχουν σε σχέση με τις ιδέες που έχουμε γι' αυτά. Παράλληλα, μπορούν να ασκηθούν στην κατασκευή οργάνων παρατήρησης ή μέτρησης και να μάθουν να εμπιστεύονται (ή να μην εμπιστεύονται) αυτές τις κατασκευές τόσο, όσο και τις αισθήσεις τους.

#### Γ. Διδακτικές δραστηριότητες σύνδεσης «Εργαστηριακού Κόσμου» και «Ιδεών».

Στις δραστηριότητες αυτές, ο διδακτικός σχεδιασμός πρέπει να καθοδηγεί τους μαθητές να δοκιμάζουν την αποκατάσταση σχέσεων μεταξύ του κατασκευασμένου κόσμου των πειραματικών διατάξεων και των εννοιών, θεωριών και μοντέλων των ΦΕ. Οι επιδιωκόμενες σχέσεις θα πρέπει και εδώ να είναι αμφίδρομες και, κυρίως, να μη συγχέονται με τις σχέσεις των τεκμηρίων και του υλικού κόσμου. Για παράδειγμα, μπορούμε να προωθήσουμε:

- Το διάλογο που θα επιχειρεί να περιγράψει τα γεγονότα του κατασκευασμένου κόσμου με θεωρητικούς όρους. Εδώ πρέπει προσεχθεί το γεγονός ότι οι περιγραφές αυτές τείνουν συνήθως να γίνονται από διδάσκοντες και διδασκόμενους μέσω τεκμηρίων (Τσελφές 2002β). Η περιγραφή, με όρους / έννοιες της θεωρίας, απαιτεί τη χρήση μιας γλώσσας ελάχιστα γνωστής στον εκπαιδευτικό χώρο. Και μόνο η ανάμνηση των σχολικών εγχειριδίων μπορεί να πείσει ότι οι θεωρίες στη γενική εκπαίδευση εισάγονται κατά το δυνατόν αφηρημένα και οδηγούνται στο μαθηματικό φορμαλισμό. Ο μαθηματικός όμως λόγος οδηγεί μάλλον στη σιωπή παρά στο διάλογο. Μόνο τα τελευταία χρόνια γίνεται μια συστηματική προσπάθεια χρήσης του μη μαθηματικού θεωρητικού λόγου (οι λεγόμενες ποιοτικές προσεγγίσεις των ΦΕ) για την περιγραφή των γεγονότων του υλικού κόσμου. Αλλά και αυτή η προσπάθεια κρατιέται σχεδόν αποκλειστικά εκτός του εργαστηρίου και απευθύνεται, κυρίως, στους μικρότερους μαθητές.
- Τις παρεμβάσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν τους μαθητές στην άρρητη κατασκευή των οντοτήτων του πραγματικού κόσμου, οι οποίες αντιστοιχούν στις επιστημονικές έννοιες των θεωριών. Αυτή η περιοχή των δραστηριοτήτων είναι σχεδόν ανύπαρκτη. Ακόμη και όταν κάποιες κονστрукτιβιστικές διδακτικές διαδικασίες, πετυχαίνουν να οδηγήσουν τους μαθητές στην οικοδόμηση μιας νέας θεωρητικής έννοιας, η έννοια αυτή χρησιμοποιείται λειτουργικά μόνο σε δραστηριότητες οι οποίες τη συνδέουν με κάποια τεκμήρια (π.χ. για την ερμηνεία ενός φαινομένου). Έτσι, όταν οι μαθητές χρειαστεί να παρέμβουν δεν μπορούν να βρουν μέσα στον εργαστηριακό κόσμο την υλική οντότητα, την αντίστοιχη με τη θεωρητική έννοια που ήδη γνωρίζουν. Μπορεί, για παράδειγμα, ένας μαθητής να αντιληφθεί ότι η έννοια της Νευτώνειας δύναμης μετρά την αλληλεπίδραση δύο σωμάτων. Μπορεί επίσης να αντιληφθεί ότι η διεύθυνση και η φορά της δύναμης που δέχεται ένα σώμα δεν συμπίπτει υποχρεωτικά με τη διεύθυνση και τη φορά της κίνησης. Ποτέ όμως δεν έχω συναντήσει μια εργαστηριακή δραστηριότητα στην οποία ο μαθητής θα εκμεταλλευόταν αυτές τις αντιλήψεις για να κατασκευάσει κομμάτια του πραγματικού κόσμου. Δεν έχω, δηλαδή, συναντήσει εργαστηριακή άσκηση που να ζητάει από τους μαθητές να κινήσουν ένα σώμα σε συγκεκριμένη κατεύθυνση ασκώντας του δύναμη σε μια σαφώς διαφορετική κατεύθυνση.

#### Συζήτηση

Η συγκρότηση της παραπάνω διδακτικής πρότασης φανερώνει ότι οι τρέχουσες διδακτικές πρακτικές στα μαθήματα των ΦΕ είναι ανάλογες επιστημονικών πρακτικών.

Αυτό δεν σημαίνει ότι μη επιστημονικές πρακτικές θα ήταν αθέμιτο να χρησιμοποιηθούν στο διδακτικό πλαίσιο. Απλά, δεν έχουμε επινοήσει σχεδόν καμία (με εξαίρεση την πρόταση των «αφηγήσεων» (Millar & Osborne 1998)). Από την άλλη μεριά φαίνεται ότι η αποσιώπηση της αναλογίας μαθητή – επιστήμονα (σε επίπεδο πρακτικών), έχει οδηγήσει στην άρνηση διδακτικών προτάσεων που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο σχήμα διδασκαλίας, για τις εργαστηριακές, τουλάχιστον, ΦΕ.

Υποψιάζομαι βέβαια ότι, μετά την κατάρρευση του μύθου της μεταφοράς της γνώσης, δεν μπορεί κανείς να προσδοκά σε διδακτικές διαδικασίες με θεαματικά ποσοστά επιτυχίας (ιδιαίτερα για γνωστικά αντικείμενα που έχουν τόσο περιορισμένη σχέση με την καθημερινή ζωή μιας κοινότητας). Μετά μάλιστα και την οικολογική σύνδεση της ποικιλότητας με την επιβίωση του είδους, νομίζω ότι δεν πρέπει καν να επιδιώκουμε τέτοια ποσοστά.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ackermann, R. (1985). *Data, Instruments and Theory: A Dialectical Approach to Understanding Science*. Princeton: Princeton University Press.
- Driver, R. (1983), *The Pupil as Scientist?*. UK: Open University Press.
- Hacking, I. (1992), The self vindication of the laboratory sciences. In A. Pickering (Ed), *Science as practice and culture*, Chicago: The University Chicago Press.
- Hacking, I. (1995), *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Κουμαράς, Π. (1998), Πειραματική Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών (Πειράματα με απλά υλικά). Θεσσαλονίκη: ΠΤΔΕ, ΑΠΘ.
- Millar, R. & Osborne, J. (1998) (eds), *Beyond 2000: Science education for the future*, London: School of Education, King's College London.
- Radder, H. (1996), *In and about the world*. New York: State University Press.
- Τσελφές, Β. (2002α). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των ΦΕ*, Αθήνα: Νήσος.
- Τσελφές, Β. (2002β), Διδακτικές πρακτικές και διδακτικές θεωρίες: Αναγνώριση μιας αμφίδρομης σχέσης, *Διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 1, 12-23.