



Η ένταξη του Αποδεικτικού Πειραματισμού στην ανακαλυπτική Επιστημονική / Εκπαιδευτική Μεθοδολογία στο μάθημα των Φυσικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (και) σε σύγκριση με τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Δενδρινός Κ., Πατρινόπουλος Μ.

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Π.Τ.Δ.Ε.,
Πανεπιστήμιο Αθηνών kdendrinos@primedu.uoa.gr, mpatrin@primedu.uoa.gr

Η ιδιαιτερότητα, η καθολική αλήθεια και -γιατί όχι- η ομορφιά των φυσικών επιστημών πηγάζουν σε μεγάλο βαθμό από τη μεθοδολογία που ακολουθούν και αποτελούν το εργαλείο όλων όσων ασχολούνται με αυτές. Ο πειραματισμός αποτελεί βασικό στοιχείο της μεθόδου των φυσικών επιστημών με την αποδεικτική του ισχύ να κατοχυρώνει ή να αναιρεί κάθε επιστημονική υπόθεση μετατρέποντάς την σε φυσικό νομό με εφαρμογή σε κάθε σχετικό φαινόμενο και να συμβάλλει στην ανάπτυξη τεχνολογικών προϊόντων. Μπορεί η καταξιωμένη επιστημονική μεθοδολογία να εφαρμοστεί και στην εκπαίδευση (ως επιστημονική / εκ-παιδευτική μεθοδολογία) και ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια; Είναι δυνατόν να θέσουμε μαθητές ηλικίας 10 με 12 ετών σε ρόλους επιστημόνων; Πώς θα ασχοληθούν με την πειραματική διαδικασία; Πώς θα γίνουν πειραματικές διαδικασίες σε σχολεία που στερούνται στοιχειώδους εξοπλισμού; Θέτοντας τα παραπάνω ερωτήματα στο πλαίσιο του συμποσίου προσπαθούμε να συζητήσουμε και να διερευνήσουμε πιθανές λύσεις και επιτυχημένες πρακτικές.

Εισαγωγή

Ο προβληματισμός για τη βελτιστοποίηση της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες δεν περιορίζεται στη χώρα μας αλλά αποτελεί σημείο αναζήτησης για όλες τις ανεπτυγμένες χώρες. Όπως διαφάνηκε και στην πρόσφατη Ευρωπαϊκή διάσκεψη εμπειρογνομόνων για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες στην Ευρώπη «Science Learning in the Europe of Knowledge» (EU, 2008) ο προβληματισμός για το μέλλον της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες κυριαρχεί ακόμα και στις περισσότερο προηγμένες εκπαιδευτικά χώρες. Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες η πειραματική πρακτική είναι ενταγμένη στην εκπαιδευτική διαδικασία των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και παράλληλα αναζητούνται τρόποι βελτίωσης αυτής της πρακτικής, με ένταξη άλλων δραστηριοτήτων που θα την κάνουν πιο αποτελεσματική ή και εναλλακτικών μορφών άσκησης των μαθητών.

Στη χώρα μας παρουσιάζεται αντίφαση μεταξύ της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, όπου έχουμε εφαρμογή της αποδεικτικής πειραματικής πρακτικής σχεδόν για κάθε ενότητα, και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όπου έχουμε περιορισμένη εφαρμογή της πειραματικής εργασίας, παρόλο που η μεγαλύτερη ηλικία των μαθητών θα μπορούσε να τη διευκολύνει .

Η εργαστηριακή πρακτική στο διεθνή χώρο

Στην Εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών κατά περιόδους δίνεται έμφαση στη μέθοδο που ακολουθείται για τη διδασκαλία τους ή στο περιεχόμενο που πρέπει να διδαχθεί (Millar 1987). Έχοντας την Αγγλία ως άξονα, το 1850 για πρώτη φορά δίνεται έμφαση στη μέθοδο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο, με την έννοια ότι πρέπει κυρίως να στοχεύει



στην καλλιέργεια του νου. Η ίδια τάση εμφανίζεται ξανά με την πρόταση του Armstrong τις δύο τελευταίες δεκαετίες του 19^{ου} αιώνα, την προσέγγιση Nuffield στη δεκαετία του '60 και καταλήγει στο σημερινό ενθουσιασμό που προωθεί τις επιστημονικές διαδικασίες (science process).

Μία επίσης πολύ σημαντική αλλαγή συντελείται στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα, με τη στροφή από την έως τότε θεωρητική μελέτη των Φυσικών Επιστημών στη χρήση του εργαστηρίου. Υποστηρίζεται ότι η πρώιμη εμφάνιση του εργαστηρίου δικαιολογείται εξαιτίας:

- α. της ικανότητάς του να αναπτύσσει στους μαθητές δεξιότητες όπως η παρατηρητικότητα και η επαγωγική σκέψη και
- β. της αντίληψης ότι η άμεση επαφή με το φυσικό κόσμο αποτελεί το καταλληλότερο μέσο στη μελέτη των Φυσικών Επιστημών (De Boer 1991).

Αρχικά, η εργαστηριακή άσκηση έπαιξε ουσιαστικά το ρόλο της επιβεβαίωσης της θεωρίας, η οποία είχε ήδη διδαχθεί. Ακόμη, η επίδειξη των πειραμάτων από το δάσκαλο ήταν περισσότερο διαδεδομένη από την ατομική εκτέλεση πειραμάτων από μικρές ομάδες μαθητών.

Μια νέα αντίληψη για το εργαστήριο αρχίζει να εμφανίζεται με την εισαγωγή της ανακαλυπτικής μεθόδου ("heuristic" method) του Armstrong. Σύμφωνα με τον Woolnough (1985), η προσέγγιση του Armstrong βασίζεται στην ιδέα να "τοποθετηθεί το παιδί στη θέση του ερευνητή". Ο Thompson (1956) δίνοντας τη δική του ερμηνεία υποστηρίζει ότι δύο πράγματα είναι ουσιώδη για το σχεδιασμό της προσέγγισης Armstrong:

- α. οι μαθητές οφείλουν να εκτελέσουν το πείραμα μόνοι τους και
- β. τα πειράματα που εκτελούνται δεν πρέπει να επιβεβαιώνουν απλώς τη θεωρία που έχει ήδη διδαχθεί, αλλά να βοηθούν τους μαθητές να ανακαλύψουν κάτι που αρχικά είναι άγνωστο ή και αβέβαιο.

Στις αρχές της δεκαετίας του '60 τα σημαντικότερα από τα αναλυτικά προγράμματα στην Αμερική είναι το PSSC (Physical Science Study Curriculum), το BSCS (Biological Science Curriculum Study) και το CHEM για τη Χημεία, σύμφωνα με τα οποία το εργαστήριο δεν αποτελεί απλώς ένα μέσο για επαλήθευση της θεωρίας, αλλά τον πυρήνα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

Τα παραπάνω προγράμματα έχουν σημαντική επίδραση στην εξέλιξη των αναλυτικών προγραμμάτων του Nuffield στα οποία καθιερώθηκε η μάθηση μέσα από την "ανακάλυψη". Η θέση αυτή έπαιξε τον κυριότερο ρόλο στη διαμόρφωση της Εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών στην Αγγλία (Hodson 1993).

Σύμφωνα με αυτά τα προγράμματα, κεντρικό ρόλο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών παίζει η "κατανόηση" η οποία όμως επιτυγχάνεται μέσα από την άσκηση των μαθητών στο εργαστήριο.

Επειδή η κλασική εργαστηριακή υποδομή έχει υψηλό κόστος, σε ορισμένες χώρες έχουν γίνει κατά καιρούς περικοπές στην υποστήριξη εργαστηριακών υποδομών. Σε πολλές απ' αυτές τις περιπτώσεις οι πειραματικές διατάξεις αντικαταστάθηκαν μερικώς ή εξολοκλήρου από αντίστοιχες προσομοιώσεις τους στον Υπολογιστή (Mahendran & Young 1998) μιας και ήταν πολύ οικονομικότερες.

Παραβλέφθηκε όμως το γεγονός ότι πολλοί από αυτούς που πρωτοστάτησαν στην εφαρμογή στην εκπαίδευση προσομοιούμενων πειραμάτων τόνισαν ιδιαίτερα ότι αυτό το υλικό με κανένα τρόπο δεν θα αντικαθιστούσε τις πραγματικές πειραματικές διατάξεις αλλά θα τις συμπλήρωνε και θα βοηθούσε στην κατανόησή τους (de Vahl Davis & Holmes, 1971, Tawney 1976, Barnard, 1985). Σε σχετικές έρευνες διαπιστώθηκε επίσης ότι οι χρήστες τέτοιων εφαρμογών δεν συνειδητοποιούσαν ότι οι προσομοιώσεις είναι στην ουσία αναπαραστάσεις της θεωρίας και ότι τα φαινόμενα αυτά καθαυτά δεν λαμβάνουν χώρα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που προβλέπονται από το μοντέλο (Tawney, 1976).



Οι δυνατότητες των Υπολογιστών έχουν αυξηθεί κατά πολύ από τότε με αποτέλεσμα να μπορούν να μοντελοποιήσουν πιο πειστικά πειραματικές διαδικασίες που θα μπορούσαν να εκτελεστούν σε ένα πραγματικό εργαστήριο και επιπλέον παρέχουν τη δυνατότητα στους επιμορφούμενους να ασκήσουν μεγαλύτερο έλεγχο στην εκπαιδευτική διαδικασία (Hazel & Baillie, 1998). Παρόλα αυτά, οι Williams & Cani (1992) προειδοποιούν ότι η απόλυτη ταύτιση ανάμεσα στην θεωρία και την προσομοίωση χωρίς την ύπαρξη απροσδόκητων αποκλίσεων δεν είναι εκπαιδευτικά χρήσιμη.

Σε πολλές έρευνες έχει υποστηριχθεί η αναγκαιότητα οι μαθητές να έρχονται αντιμέτωποι με την ανάγκη να εξηγήσουν την πιθανή απόκλιση ανάμεσα στη θεωρία και τα πειραματικά δεδομένα (Barnard, 1985, Williams & Gani, 1992, Hessami & Sillitoe 1992, Grant, 1995). Ένα βασικό επιχείρημα γι' αυτή τη θέση είναι ότι αν οι μαθητές δεν διαπιστώσουν την απόκλιση ανάμεσα στη θεωρία και τα πειραματικά δεδομένα θα πιστέψουν ότι η επιστημονική γνώση κατακτιέται μέσα από προσομοιώσεις και μοντέλα και ότι ο πειραματισμός και η εμπειρική έρευνα δεν είναι πλέον απαραίτητα. Επίσης ο Barnard (1985) αναφέρεται στην ανάγκη οι μαθητές να γνωρίζουν το πειραματικό σφάλμα και να εκτιμούν το βαθμό ανοχής του συστήματος αξιολόγησης που χρησιμοποιούν. Με το να εκτελούν εργαστηριακές πειραματικές διαδικασίες, έρχονται αντιμέτωποι με πραγματικές συνθήκες που για να τις ερμηνεύσουν θα πρέπει να τροποποιήσουν ή να προσαρμόσουν την αντίστοιχη θεωρητική τους γνώση. Αυτή η εν μέρει δυσαρμονία ανάμεσα στη θεωρία και την πράξη τους βοηθάει να κατανοήσουν καλύτερα το αντίστοιχο φαινόμενο (Hessami & Sillitoe, 1992).

Το εργαστήριο εξακολουθεί να θεωρείται αναπόσπαστο στοιχείο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και ο προβληματισμός για τους εκπαιδευτικούς στόχους που ικανοποιεί και τις σύγχρονες κοινωνικές ανάγκες που εξυπηρετεί συνεχίζει να υπάρχει έντονος.

Η ελληνική πραγματικότητα

Με βάση τα ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα, στην Ελλάδα, ένας μαθητής λυκείου θα πρέπει να πραγματοποιήσει ή παρακολουθήσει, τουλάχιστον είκοσι μία πειραματικές ασκήσεις φυσικής, ενώ αν αυτός είναι μαθητής της θετικής ή της τεχνολογικής κατεύθυνσης θα πρέπει να προσθέσουμε άλλες δεκατρείς ασκήσεις. Με βάση τις κατευθύνσεις του Υπουργείου Παιδείας για τη σχολική χρονιά 2008-2009 (ΥΠΕΠΘ, 2008α) θα πρέπει να γίνουν συνολικά τριανταμία εργαστηριακές ασκήσεις φυσικών επιστημών (Φυσική-Χημεία-Βιολογία), από αυτές για τη φυσική γενικής παιδείας προβλέπονται οκτώ ασκήσεις και άλλες τέσσερις για τους μαθητές της θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης. Στο γυμνάσιο οι αντίστοιχοι αριθμοί για τις τρεις τάξεις είναι είκοσι τέσσερις ασκήσεις και για τα τρία μαθήματα ενώ για τη φυσική της β' και γ' γυμνασίου οι ασκήσεις που απαιτούνται είναι μόλις δέκα (ΥΠΕΠΘ, 2008β). Δεν θα αναφερθούμε –σε αυτό το σημείο– στην ποιότητα της πειραματικής εργασίας ούτε στην εφαρμοζόμενη μεθοδολογία αλλά θα σημειώσουμε ότι με βάση σχετική έρευνα (Γλαμπεδάκης, 2002) σε εν ενεργεία καθηγητές αναδεικνύεται ότι οι καθηγητές των ειδικοτήτων ΠΕ04 πιστεύουν σχεδόν όλοι (99,20%) στην αναγκαιότητα της εργαστηριακής άσκησης στα μαθήματα Φυσικής, Χημείας και Βιολογίας. Στην ίδια έρευνα παρουσιάζεται η καθολική σχεδόν άποψη των εκπαιδευτικών ότι απαιτείται επιμόρφωση των καθηγητών ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν με επιτυχία στις ανάγκες της εργαστηριακής άσκησης. Τα ποσοστά συμφωνίας με την άποψη αυτή ξεπερνούν το 90%.

Η εφαρμογή της εργαστηριακής πρακτικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση κατά κανόνα απαιτεί την ύπαρξη δομημένων εργαστηρίων. Σήμερα στα περισσότερα γυμνάσια και λύκεια υπάρχουν εργαστηριακοί χώροι και συλλογές οργάνων που σε κάποιες περιπτώσεις παραμένουν και καταστρέφονται στις συσκευασίες τους ή ακόμα δεν χρησιμοποιούνται από φόβο μήπως



«καταστραφούν» (Βαμβακούσης, Μακρυωνίτης, 2003), ενώ αντικειμενικό πρόβλημα είναι η μετατροπή των εργαστηρίων σε αίθουσες διδασκαλίας λόγω έλλειψης χώρων. Η δραστηριοποίηση των Εργαστηριακών Κέντρων Φυσικών Επιστημών (ΕΚΦΕ) προσφέρει υποστήριξη στους εκπαιδευτικούς και επιτρέπει τη μεταφορά εμπειριών και πετυχημένων πρακτικών.

Με βάση τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι οι πειραματικές διαδικασίες ενισχύουν την εκπαιδευτική διαδικασία των φυσικών επιστημών, η υλικοτεχνική υποδομή στις περισσότερες περιπτώσεις είναι επαρκής και υπάρχει η στήριξη από τα ΕΚΦΕ. Σε αυτά θα πρέπει να συνυπολογίσουμε την εξειδίκευση των εκπαιδευτικών, όμως θεωρούμε ότι θα πρέπει να γίνουν πολλά βήματα ακόμα ώστε «ο έλεγχος όλων των γνώσεων να γίνεται μέσω του πειράματος. Το πείραμα είναι ο μοναδικός κριτής της επιστημονικής "αλήθειας"» (Feynman, 1995). Ενδεικτικά για την ανάγκη της ενίσχυσης της εργαστηριακής πρακτικής είναι τα αποτελέσματα από την συμμετοχή μαθητών μας στις διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής όπου οι κατά τεκμήριο καλύτεροι μαθητές μας έχουν ικανοποιητικές επιδόσεις στις θεωρητικές εξετάσεις, ενώ είναι απογοητευτικά τα αποτελέσματα στην πειραματική διαδικασία (Καλκάνης, 2007α).

Στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση με την εισαγωγή των βιβλίων των Φυσικών της Ε και Στ τάξης και το πλαίσιο διδασκαλίας που αναδείχθηκε μετά την επιλογή των βιβλίων «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» και το αναλυτικό πρόγραμμα του 1997, δόθηκε έμφαση στον μαθητοκεντρικό προσανατολισμό και ειδικότερα στην ανακάλυψη και στον πειραματισμό από τους μαθητές, με ένταξη του πειραματισμού σε μια ανακαλυπτική μεθοδολογία σε όλες τις ενότητες. Με το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του 2002 και τα καινούρια βιβλία που γράφτηκαν με βάση αυτά για το μάθημα των Φυσικών έχουμε διατήρηση των παραπάνω στοιχείων και επιπλέον ενίσχυση της διαθεματικής /διεπιστημονικής διάστασης της γνώσης.

Η εκπαιδευτική πρακτική

Πώς μπορεί να εξηγηθεί η διαφοροποίηση στην εφαρμογή πειραματικής πρακτικής μεταξύ πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης τη στιγμή που, όπως διαφαίνεται, οι εκπαιδευτικοί είναι θετικά διακείμενοι, έχουν τις γνώσεις, υπάρχει απαραίτητος εξοπλισμός ενώ υπάρχει και υποστήριξη από τα ΕΚΦΕ; Ένας λόγος που προβάλλεται είναι η έλλειψη χρόνου και η εστίαση -ιδίως του λυκείου- στις εξετάσεις, στοιχεία που θα μπορούσαν να αντικρουστούν μέσα από την εμπειρία άλλων χωρών ή και την εφαρμογή της κείμενης νομοθεσίας που καθορίζει την επιλογή των θεμάτων των Πανελληνίων Εξετάσεων, απαιτεί την εξέταση των μαθητών σε νοητικές δεξιότητες που απέκτησαν κατά την εκτέλεση των εργαστηριακών ασκήσεων ή άλλων δραστηριοτήτων που έγιναν στο πλαίσιο του μαθήματος (Π.Δ.246/98).

Τον κυρίαρχο ρόλο για αυτή την διαφοροποίηση θεωρούμε ότι έχουν τα διδακτικά εγχειρίδια. Στο μάθημα "Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω" του δημοτικού οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους δύο τεύχη (τετράδιο εργασιών και βιβλίο μαθητή) όπως και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση όπου οι μαθητές έχουν εκτός από το βιβλίο και τον εργαστηριακό οδηγό. Η διαφοροποίηση έγκειται στην εκπαιδευτική εφαρμογή και τον τρόπο χρήσης τους. Από τους συγγραφείς των βιβλίων του δημοτικού προτείνεται το "τετράδιο εργασιών" να χρησιμοποιείται ως κύριο εγχειρίδιο σε καθημερινή βάση στο σχολείο και στο σπίτι, ενώ το "βιβλίο μαθητή" ως δευτερεύον. Οι μαθητές κατά κύριο λόγο εργάζονται στο τετράδιο εργασιών που συμπληρώνουν ως τετράδιο εργαστηρίου με καταγραφή των πρωτογενών παρατηρήσεων τους, όπως προκύπτουν από την πειραματική εργασία τους και τη συμπλήρωση των συμπερασμάτων, ύστερα από συνεργασία στην τάξη. Σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογική προσέγγιση



που είναι η εφαρμογή της επιστημονικής (και) ως εκπαιδευτικής μεθόδου (ΟΕΔΒ, 2006α και ΟΕΔΒ, 2006β) ή, ακριβέστερα, ως εκ-παιδευτικής μεθόδου (Καλκάνης, 2007β), οι μαθητές ανακαλύπτουν τη γνώση, όχι με τυχαίες δράσεις αλλά με οργανωμένες δραστηριότητες στις οποίες καταλήγουν ύστερα από προβληματισμό και διατύπωση ερωτημάτων και υποθέσεων και μέσα από πειραματικές / ερευνητικές δραστηριότητες οδηγούνται στην απόδειξη ή διάψευσή τους. Η πειραματική διαδικασία καθοδηγείται από τις οδηγίες του βιβλίου εργασιών και αποσκοπεί στην απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων / υποθέσεων που έχουν τεθεί. Η σύνθεση των πειραματικών αποτελεσμάτων με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού και η συνεργασία σε ομάδες στην τάξη οδηγεί στη διατύπωση και την καταγραφή των συμπερασμάτων που συγκροτούν τη θεωρία. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η συσχέτιση των πειραματικών αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων με άλλα φαινόμενα ή τεχνολογικές εφαρμογές, διαδικασία που ενισχύει την εδραίωση της γνώσης και βοηθάει την επέκτασή της. Επισημαίνεται ότι πρωταρχικοί στόχοι της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες (σε αυτή τη βαθμίδα) είναι «η μεθοδολογική συγκρότηση των μαθητών, η δημιουργία ερευνητικής διάθεσης και δυνατότητας δραστηριοποίησης, η απαίτηση και αναζήτηση αποδεικτικών διαδικασιών, η ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας, αλλά και η ολοκλήρωση μιας πολύπλευρης και βαθιάς μόρφωσης. Δευτερεύον στόχος (σε αυτή τη βαθμίδα) είναι η ανάπτυξη του γνωσιακού υποβάθρου τους στις φυσικές επιστήμες, η οποία θα ολοκληρωθεί στις επόμενες βαθμίδες της εκπαίδευσης». (Καλκάνης, 2006).

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός των δημοτικών σχολείων στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ανύπαρκτος και όπου υπάρχει αποτελεί κληρονομιά του εξοπλισμού που διέθετε το υπουργείο πριν από τα αρχές της δεκαετίας του 1990 ή έχει αγοραστεί περιστασιακά από τις σχολικές επιτροπές ή τους συλλόγους γονέων και κηδεμόνων, μόνη εξαίρεση αποτελεί η δημιουργία εργαστηρίων που αναμένεται να γίνει σε πενήντα περίπου σχολεία όλης της χώρας, με αποτέλεσμα η πειραματική διαδικασία να πρέπει να δομηθεί έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται χωρίς -ή με περιορισμένο- ειδικό εξοπλισμό. Η επιλογή της εφαρμογής αποδεικτικού πειραματισμού με χρήση «απλών» υλικών που μπορούν να συλλέξουν μόνοι τους οι μαθητές, επιτρέπει την διαφοροποίηση της αντίληψης των μαθητών για την ισχύ της επιστήμης και την άμεση σύνδεσή της με την καθημερινή ζωή των μαθητών, μιας επιστήμης που δεν «γίνεται μόνο από τους επιστήμονες με τις άσπρες μπλούζες» αλλά το βασικό της στοιχείο είναι η μεθοδολογία που μπορεί να εφαρμοστεί από όλους, η χρήση υλικών καθημερινής χρήσης επιτρέπει την επανάληψη, από τους μαθητές, των διαδικασιών που γίνονται στην τάξη και στο σπίτι τους και τον συνεχή έλεγχο των αποτελεσμάτων. Από τη μέχρι τώρα εμπειρία έχει αποδειχτεί ότι τα μόνα υλικά που απαιτούνται να υπάρχουν και που δεν μπορούν να φέρουν οι μαθητές (και θα πρέπει να υπάρχουν στο σχολείο) είναι τα θερμόμετρα οιοπνεύματος, το καμινέτο και ίσως κάποιοι μαγνήτες. Η συγκέντρωση των υλικών από τους μαθητές παρόλο που αρχικά φαντάζει ανεφάρμοστη έχει αποδειχτεί ότι μπορεί να γίνει με επιτυχία εάν υπάρχει συνέπεια στη στάση που κρατά ο εκπαιδευτικός, που πριν την έναρξη κάθε ενότητας -και αρκετά έγκαιρα- θα πρέπει να δίνει κατάλογο με τα απαιτούμενα υλικά στις ομάδες, να ελέγχει αν τα υλικά έχουν συγκεντρωθεί και αν χρειαστεί κάποια φορά να στερήσει από τους μαθητές που δεν είναι συνεπείς στη συγκέντρωση των υλικών τη συμμετοχή τους στο πείραμα.

Η εργασία σε ομάδες και η εκτέλεση σχεδόν όλων των πειραμάτων από τους μαθητές (με λίγα πειράματα που παρουσιάζουν ιδιαίτερη δυσκολία ή κίνδυνο να γίνονται ως πειράματα επίδειξης από το δάσκαλο) και η ενεργή συμμετοχή των μαθητών επιτρέπουν την ανάδειξη και καλλιέργεια των ιδιαίτερων ικανοτήτων όλων των μαθητών, ακόμα και αυτών που παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες και στα άλλα γνωστικά αντικείμενα είναι «οι παραμελημένοι» αντιμετωπίζοντας σοβαρές δυσκολίες ένταξης, ενώ στο χώρο του εργαστηρίου αναδεικνύουν ικανότητες που δεν έχουν εντοπιστεί στην υπόλοιπη εκπαιδευτική τους πορεία. Η



εργασία σε ομάδες δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να συνεργαστούν αναλαμβάνοντας ρόλους και υλοποιώντας τους στόχους που τίθενται κάθε φορά στα πλαίσια της ομάδας, ακολουθώντας τις αρχές της ομαδοσυνεργατικής μάθησης

Όλα αυτά έρχονται να τα υλοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που καλούνται να ασχοληθούν με μεγάλο εύρος διδακτικών αντικειμένων από όλο το φάσμα των επιστημών -πέρα από τον ιδιαίτερο παιδαγωγικό τους ρόλο- ενώ πολλές φορές η αρχική τους κατεύθυνση απέχει από τις φυσικές επιστήμες και είναι προβληματισμένοι για την διδασκαλία αυτών των μαθημάτων. Η ύπαρξη ενός ιδιαίτερα αναλυτικού «βιβλίου του δασκάλου» με συνοπτική παρουσίαση της θεωρίας και αναλυτικές οδηγίες για την πειραματική πρακτική υποβοηθά την εργασία του, όμως είναι απαραίτητη η εκτέλεση των πειραματικών διαδικασιών από τον εκπαιδευτικό με τα ίδια υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και στην τάξη. Η μέχρι τώρα εμπειρία έχει δείξει ότι οι εκπαιδευτικοί, παρά τους αρχικούς δισταγμούς που έχουν εκφραστεί, εφαρμόζουν σε μεγάλο βαθμό τις ερευνητικές διαδικασίες και με την πάροδο του χρόνου και τον ενθουσιασμό που δείχνουν οι μαθητές αυξάνονται οι τάξεις που εργάζονται με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία.

Συμπεράσματα

Η εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες μπορεί να αποτελέσει μια σύνθετη μαθησιακή διαδικασία που θα επιτρέψει στους μαθητές να εργαστούν μέσα από μια ερευνητική διαδικασία, να επαληθεύσουν ή να διαψεύσουν τις αρχικές τους υποθέσεις / αντιλήψεις με κύριο κριτήριο την αποδεικτική ισχύ του πειραματισμού και να επεκτείνουν τα αποτελέσματά τους σε άλλες καταστάσεις, φαινόμενα ή τεχνολογικές εφαρμογές. Η διαδικασία αυτή παρόλο που φαντάζει δύσκολη και χρονοβόρα στην πράξη αποδεικνύεται αποτελεσματική, εφικτή και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα. Θεωρούμε ότι πέρα από τα άμεσα γνωστικά οφέλη που μπορούν να προκύψουν πιο σημαντική είναι η ανάπτυξη από τους μαθητές στάσης κριτικής προσέγγισης και επαλήθευσης των δεδομένων, στοιχεία που ελπίζουμε να μπορέσουν να χρησιμοποιήσουν σε όλες τους τις δραστηριότητες .

Βιβλιογραφία

Βαμβακούσης, Χρ. Μακρωνίτης Γ.(2003) “Σύστημα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης. Ένας χρόνος παρουσίας στα Εργαστήρια Φ.Ε. των Ενιαίων Λυκείων” Συνέδριο "Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη", Σύρος, Μάιος, 2003.

Γλαμπεδάκης Μ. (2002) «Τα εργαστήρια Φυσικής – Χημείας – Βιολογίας στα Σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης.» 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Παιδαγωγικής Εταιρείας Ελλάδος Αθήνα 2002

Δενδρινός Κ. (2007), «Η συμβολή των δυναμικών οπτικοποιήσεων στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες,» Διδακτορική διατριβή Αθήνα, 2007

Καλκάνης Γ.Θ. (2006) «Επιστολή προς τους Εκπαιδευτικούς (και τους Γονείς) για τα νέα Βιβλία "Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε΄ και Στ΄ Τάξης του Δημοτικού Σχολείου”, διαδικτυακός τόπος <http://micro-kosmos.uoa.gr> (=> τα ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού)

Καλκάνης Γ.Θ. (2007α) «Οι Πανελλήνιοι Διαγωνισμοί και οι Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής», διαδικτυακός τόπος <http://micro-kosmos.uoa.gr> (=> οι Διαγωνισμοί και οι Ολυμπιάδες ΦΥΣΙΚΗΣ)



Γ. Θ. Καλκάνης (2007β), "Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ" (I. οι Θεωρίες, II. τα Φαινόμενα), "Εκπαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Φυσικών Επιστημών, Εκπαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ και οι Εφαρμογές τους" (I. το Εργαστήριο, II. οι Τεχνολογίες), Αθήνα, 2007

Πατρινόπουλος Μ. Καλκάνης Γ.Θ. (2007) "Ερευνώ και Ανακαλύπτω" τη θερμοκρασία και τη θερμότητα στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση» 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση «Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών και Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου»

Σάββας Σ. (1996), "Το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο στη διδασκαλία της φυσικής με ιδιοκατασκευές και πειράματα με απλά μέσα. Πρόταση εφαρμογής για το δημοτικό σχολείο" Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα, 1996

ΟΕΔΒ (2006α), "Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Δασκάλου, Ε΄ Τάξη", ΟΕΔΒ, 2006

ΟΕΔΒ (2006β), "Φυσικά – Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Δασκάλου, Στ΄ Τάξη", ΟΕΔΒ, 2006

ΥπεΠΘ (2008α), Εργαστηριακή Διδασκαλία των Φυσικών Μαθημάτων στα Γενικά Λύκεια κατά το σχολικό έτος 2008-2009 ΥπεΠΘ 98617 / Γ7 24-7-2008

ΥπεΠΘ (2008β), Εργαστηριακή Διδασκαλία των Φυσικών Μαθημάτων στα Γυμνάσια κατά το σχολικό έτος 2008-2009 ΥπεΠΘ 98614 / Γ7 24-7-2008

EU (2008), "L' apprentissage des sciences dans l' Europe de la connaissance" Grenoble, October 2008

Barnard, R. (1985), Experience with low cost laboratory data. International Journal of Mechanical Engineering Education, 13, 91-96.

De Boer G. (1991), A history of ideas in science education, Implications for practice, New York Teachers College Press, Columbia University

Feynman P.R (1995), "Six Easy Pieces" Addison Wesley 1995, στην ελληνική γλώσσα "Έξι εύκολα κομμάτια" Εκδόσεις Κάτοπτρο, Αθήνα 1998

Hazel, E. and Baillie, C. (1998), Improving Teaching and Learning in Laboratoriew. Gold Guide Seeriew, No. 4 (Canberra: Higher Education Research & Development Society of Australasia, HERDSA)

Hessami, M. and Sillitoe, J. (1992) The role of laboratory experiments and the impact of hig-tefth equipment on engineering education. Australasian Journal of Engineering Education, 3, 119-126.

Magin, D. and Kanapathipillai, (2000) Engineering students' understanding of the role of experimentation, European Journal o Engineering Education, v 25, N 4, 351-358.

Mahendran, M. and Young, J. (1998) Use of advanced technology videotapes in the delivery of structural engineering course. European Journal of Engineering Education, 23, 327-333.

Millar R., Driver R. (1987) Beyond Process, Studies in Science Education, 14, 33-62

Tawney, D. (1976) Simulation and modeling in science computer assisted learning. Technical Report No. 11, National Development Programme in Computer Assisted Learning, NDPCAL, London.



Thompson D. (1956) Science teaching in schools during the second half of the nineteenth century, *School Science Review*, 37, 298-305

Vahl Davis, G. de and Holmes, W. (1971) *The Use of APL in Engineering Education* (Canberra: Systems Development Institute Monograph, IBM, SDI-005).

Williams, A. and Gani, R. (1992), Can experimentation courses save engineering laboratory work from extinction? *Research and Development in Higher Education*, 15, 420-425.

Woolnough B., Allsop T. (1985), *Practical work in science*, Cambridge University Press, Cambridge