

Εξελίξεις στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών^(*)

Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης, michail@edc.uoc.gr

Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Κρήτης,

^(*)Η εργασία αυτή έχει χρηματοδοτηθεί μερικά από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (έργο "Hands-on Science" αριθμός σύμβασης 110157-CP-1-2003-1-PT-COMENIUS-C3). Οι απόψεις που εκφράζονται εδώ αντιπροσωπεύουν τον συγγραφέα. Ούτε η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ούτε ο συγγραφέας ευθύνονται για οποιαδήποτε χρήση αυτής της εργασίας. Βασικά σημεία της εργασίας αυτής έχουν παρουσιαστεί στο 1st International Conference on Hands on Science Hsci2004 – Teaching and Learning Science in the XXI Century, 5-9 July 2004, Ljubljana, Slovenia, Proceedings pp.11-17 <http://www.hsci.info/hsci2004/>.

Περίληψη. Αναφέρονται οι διαθέσιμες πηγές έρευνας καθώς και δραστηριότητες σχολικής πράξης σχετικά με τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και σχολιάζονται ορισμένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που μελετούνται στις εργασίες αυτές.

Λέξεις κλειδιά. Επιστήμη, Διδακτική Φυσικών Επιστημών, Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, Λογική, Θρησκεία.

1. Εισαγωγή.

Στις περισσότερες Ευρωπαϊκές (αλλά και σε άλλες χώρες) σχεδιάζονται ή έχουν ήδη πραγματοποιηθεί κατά τα τελευταία έτη εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις. Αν και η έκταση και το είδος των μεταρρυθμίσεων ποικίλλουν σημαντικά από τη μια χώρα στην άλλη, σε όλες υπάρχει ως ένα κοινό χαρακτηριστικό η αυξημένη σημασία της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες που γίνεται έτσι ένα σημαντικό συστατικό του σχολικού προγράμματος συγκρίσιμο με το μάθημα της γλώσσας. Αυτό οδήγησε σε μια πληθώρα εμπειρικών και άλλων εργασιών σχετικά με την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Πολλές εργασίες είναι δημοσιευμένες και στο ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ [1].

Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, η οποία αποτελεί μεγάλο μέρος της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες επίσης προσελκύει εκπαιδευτικούς και ερευνητές. Τη σημαντική αυτή αύξηση κατά τη τελευταία δεκαετία δείχνει και μια απλή σύγκριση του αριθμού των άρθρων στα επιστημονικά περιοδικά για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών καθώς και η έκδοση βιβλίων αφιερωμένων ειδικά στις διαφορετικές πτυχές της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Η αύξηση αυτή δεν είναι μόνο ποσοτική με χρήσιμα εμπειρικά δεδομένα αλλά επεκτείνεται επίσης και σε γενικότερα θέματα όπως στις ακολουθούμενες διδακτικές προσεγγίσεις, στις υποκείμενες θεωρίες μάθησης, στα μέσα διδασκαλίας και στη χρήση νέων τεχνολογιών (ειδικά της πληροφορικής), καθώς επίσης και σε άλλες παραμέτρους που επηρεάζουν την

αποτελεσματικότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

2. Συνοπτικός σχολιασμός της βιβλιογραφίας.

Μέχρι σχετικά πρόσφατα η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και, γενικότερα, η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, αντιμετωπιζόταν ως μια ειδική προσαρμογή (λίγο πολύ όπως η διδακτική και των άλλων μαθημάτων του σχολείου) της γενικής παιδαγωγικής με έμφαση στην έρευνα της διδακτικής. Στην εποχή μας, ίσως εξαιτίας της σημασίας που δίδεται στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, γίνονται ειδικές, μεγάλης έκτασης μελέτες, που παρέχουν πλήθος εμπειρικών δεδομένων, τα οποία θα μπορούσαν να εξεταστούν στη συνοπτική παρούσα εργασία. Η έννοια 'Εξελίξεις στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών' μπορεί να έχει διαφορετικές, επικαλυπτόμενες ή παράλληλες σημασίες, όπως:

- Σύγχρονες ή τρέχουσες τάσεις στο αντικείμενο,
- Εξελίξεις στις υποκείμενες θεωρίες,
- Νέες προσεγγίσεις με χρήση ή προσαρμογή ήδη γνωστών μοντέλων,
- Πρόσφατα εμπειρικά δεδομένα από σχετικές μελέτες,
- Χρήση νέου εξοπλισμού και/ή τεχνολογίας,
- Πρόσφατα εμπειρικά αποτελέσματα,
- Κλπ

Για καθεμιά από τις παραπάνω κατηγορίες υπάρχουν πολλές καλές εργασίες και είναι ανέφικτο να απομονωθούν μερικές, έστω και αντιπροσωπευτικές εργασίες (με όλη την

υποκειμενικότητα που μπορεί να έχει ένα τέτοιο έργο). Γι αυτό η παρούσα εργασία παρουσιάζει μια αρκετά εκτενή αναφορά σε διαθέσιμες πηγές σχετικά με τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών και εστιάζεται σε μερικά σημαντικά χαρακτηριστικά της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

2.1. Εμπειρικά αποτελέσματα.

Οι εργασίες στην κατηγορία αυτή περιγράφουν τη διδασκαλία ενός συγκεκριμένου θέματος από την ύλη του Σχολείου για τις Φυσικές Επιστήμες. Παρουσιάζεται η διδασκαλία και συζητούνται τα δεδομένα ως προς:

- Το (κοινωνικό, εθνικό, οικονομικό, κλπ) περιβάλλον του σχολείου,
- Την εφαρμογή μια συγκεκριμένης στρατηγικής μάθησης,
- Την αντιμετώπιση κάποιου ειδικού προβλήματος σχετιζόμενου με το συγκεκριμένο θέμα της διδασκαλίας, πχ παρανοήσεις ή εναλλακτικές αντιλήψεις, δυσκολίες κατανόησης, κλπ
- Τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών διδακτικών προσεγγίσεων,
- Τη χρήση νέων τεχνολογιών, ειδικά της πληροφορικής,
- Τη χρήση καινοτόμων πειραματισμών,
- Κλπ.

Λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές συνθήκες που έγινε η μελέτη, τα, συνήθως έγκυρα, εμπειρικά δεδομένα που δίδονται είναι χρήσιμα για την επιλογή συγκεκριμένης μορφής διδασκαλίας, κλπ. Παραδείγματα εργασιών αυτής της μορφής υπάρχουν σε όλα τα περιοδικά για τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών ή για τη διδακτική γενικότερα. Οι εκδόσεις από σχολεία και από ενώσεις εκπαιδευτικών παρέχουν πάντοτε πολύτιμα δεδομένα από πραγματικές σχολικές καταστάσεις και πολύ συχνά είναι υψηλού επιστημονικού επιπέδου [2]. Τα εξειδικευμένα διεθνή συνέδρια αποτελούν επίσης μια πλούσια πηγή τέτοιων δεδομένων (βλέπε πχ τα [3], [4]). Τα τοπικά συνέδρια παρέχουν επίσης τέτοια δεδομένα και έχουν το πλεονέκτημα να εξετάζουν ιδιαίτερες συγκεκριμένων περιοχών.

Τα θερινά σχολεία και οι ημερίδες ειδικού ενδιαφέροντος είναι μια άλλη πολύτιμη πηγή δεδομένων για μια συγκεκριμένη περιοχή και/ή αντικείμενο.

2.2. Βίβλοι και εξειδικευμένες μελέτες.

Οι Βίβλοι και οι εξειδικευμένες μελέτες αφορούν τις παραμέτρους του εκπαιδευτικού

συστήματος μιας περιοχής. Συνήθως γίνονται στα πλαίσια διεθνών οργανισμών, πχ ΟΟΣΑ [5], UNESCO [6], Ευρωπαϊκή Ένωση [7], ή με χρηματοδότηση από τις (τοπικές ή εθνικές) κυβερνήσεις. Εστιάζονται κυρίως σε οικονομικά θέματα και σε πολιτικές. Πρόσφατα όμως το περιεχόμενο τους έχει επεκταθεί και περιλαμβάνει ειδικά κεφάλαια σχετιζόμενα άμεσα με την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία (πχ [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15]). Παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για τις εξελίξεις στις περιοχές στις οποίες αναφέρονται.

Τελευταία μια νέα πηγή ειδικής μορφής δεδομένων για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία ξεκίνησε στην Ευρωπαϊκή Ένωση με τα Θεματικά Δίκτυα (και άλλες χρηματοδοτούμενες από την ΕΕ δράσεις). Βλέπε σχετικά στα [16], [17], [18]). Αρχικά ξεκινούν με την υποστήριξη της ΕΕ στα πλαίσια αύξησης του αλφαριθμητισμού στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία μια δράση που έχει προτεραιότητα.

Καθώς στα περισσότερα Ευρωπαϊκά (και άλλα) κράτη αποδίδεται μεγάλη σημασία στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών και, γενικότερα, στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, πολλοί φημισμένοι εκδότες περιλαμβάνουν σε τακτική βάση ειδικές εκδόσεις με συλλογές σχετικών μελετών με κριτές (βλέπε παραδείγματα πιο κάτω).

3. Περιεχόμενο

Το περιεχόμενο εργασιών στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών από τις πηγές που αναφέρονται πιο πάνω αναλύθηκε όσον αφορά:

- Το θέμα και/ή το είδος της εργασίας,
- Την υποκείμενη θεωρία μάθησης, αν υπάρχει, σε σχέση με τις επιδιωκόμενες δεξιότητες, δεξιότητες και στάσεις,
- Το είδος διδασκαλίας που την αποτίμησε, αν υπάρχει,
- Την επιλογή ύλης, την αλληλουχία θεμάτων, και το είδος της ('παραδοσιακή έναντι σύγχρονης Φυσικής')
- Την ομάδα που απευθύνεται,
- Το πειραματικό και, γενικότερα, το πρακτικό μέρος, αν υπήρχε,
- Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν,
- Άλλες συναφείς παράμετροι.

Αν και η ανάλυση δεν επεκτάθηκε συστηματικά σε όλες τις παραπάνω κατηγορίες, υπήρξαν ενδιαφέροντα ευρήματα.

3.1 Θεματολογία

Οι εργασίες που εξετάστηκαν αναφέρονται σε διαφορετικές πτυχές της διδακτικής των Φυσικών επιστημών, πχ την εφαρμογή κάποιας θεωρίας μάθησης ή μιας μορφής διδασκαλίας κλπ (βλέπε πιο πάνω στο 3.-Περιεχόμενο). Πολλές αναφέρονται επίσης σε συναφή θέματα τα οποία επηρεάζουν τη Διδακτική των Φυσικών επιστημών ή παρέχουν αντίστοιχο πλαίσιο όπως τα προσόντα του εκπαιδευτικού των Φυσικών επιστημών και πως αυτά αναπτύσσονται (βλέπε συλλογές σχετικών εργασιών στα [19], [20], [21]), επιδιώξεις του αναλυτικού προγράμματος και τρόπους επίτευξης, την επιρροή του κοινωνικού περιβάλλοντος στο σχολείο και στους μαθητές (βλέπε για παράδειγμα τα [22], [23]) κλπ. σημειώνεται πάντως πως κάποιες από τις εργασίες που εξετάστηκαν αναφέρονται σε θέματα σχετιζόμενα με τη Διδακτική των Φυσικών επιστημών χωρίς ειδική εστίαση. Αυτό ήταν πιο έντονο σε εργασίες που περιέγραφαν πραγματικές σχολικές πρακτικές σχετικές με πειραματική ή άλλη πρακτική εργασία.

3.2 Υποκείμενη θεωρία μάθησης

Παρόλο που η μάθηση είναι δυνατό να γίνει και τυχαία (πχ από τις καθημερινές εμπειρίες) ή και χωρίς καθόλου διδασκαλία, οι θεωρίες μάθησης είναι θεμελιακές για την επιλογή διδακτικής στρατηγικής και, εφόσον κατανοούνται από τους εκπαιδευτικούς και εφαρμόζονται κατάλληλα, ενισχύουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας. Αυτό ισχύει πολύ περισσότερο στις Φυσικές Επιστήμες όπου, πέρα από τις (απλές και σύνθετες) γνωστικές δεξιότητες επιδιώκονται επίσης και πρακτικές δεξιότητες και δεξιότητες. Σε αρκετές από τις εργασίες που εξετάστηκαν δεν αναφέρεται συγκεκριμένη θεωρία μάθησης ούτε μπορεί να συναχθεί έμμεσα από τη συνολική αρχιτεκτονική της διδασκαλίας. Όπως δείχνουν τα εμπειρικά δεδομένα, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί στερούνται τις αναγκαίες γνώσεις και όταν τις έχουν τείνουν να επαναλαμβάνουν τη μορφή διδασκαλίας που οι ίδιοι είχαν υποστεί παρά να μετασχηματίσουν τη γνώση τους σε διδακτική πράξη και να τολμήσουν νέες διδακτικές προσεγγίσεις. Η επιστημονική γνώση του αντικειμένου που έμαθαν φαίνεται αφηρημένη και μακριά από τη σχολική πραγματικότητα. Η σημασία της εκπαίδευσης στις Φυσικές επιστήμες που εισάγεται με τα νέα Αναλυτικά προγράμματα σε όλες σχεδόν τις χώρες αποκάλυψε την ανάγκη για μια αποτελεσματική διδακτική των Φυσικών επιστημών καθώς και την απαίτηση για κάποια θεωρία μάθησης. Για τον σκοπό αυτό, οι εργασίες

του Piaget [24] παρέχουν μια αναμενόμενη επιλογή και η κονστρουκτιβιστική διδασκαλία αναδεικνύεται ως το θεωρητικό περιβάλλον σε πολλές σχετικές εργασίες. Αν και σε πολλές εργασίες η θεωρία εφαρμόζεται σωστά, η ενεργός ανάμιξη των μαθητών κατά την πραγματική σχολική διδασκαλία με επαρκή χρόνο για αναστοχασμό και (ανα)δόμηση των (νέων) γνωστικών σχημάτων αφήνει πολλά περιθώρια βελτίωσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο/η εκπαιδευτικός 'αποκαλύπτει αντιφάσεις', 'εξηγεί ή αποδεικνύει την θεωρία' και 'κατασκευάζει το μοντέλο'. Οι λόγοι πιθανόν να σχετίζονται με τον σχετικά περιορισμένο χρόνο στο σχολείο ή με την άγνοια για τη σπουδαιότητα του χρόνου για αναστοχασμό και αναδόμηση. Αυτό αποτελεί πρόβλημα που χρειάζεται αντιμετώπιση (βλέπε για παράδειγμα στο [25]). Μια χρήσιμη συλλογή σχετικών θεμάτων υπάρχει επίσης στο [26].

3.3 Μορφή διδασκαλίας

Εμπειρικά δεδομένα για τη λειτουργία του σχολείου δείχνουν πως η αφήγηση περιορίζεται αν και χρησιμοποιείται ακόμη σε μεγάλη έκταση. Η διδασκαλία εμπλουτίζεται τουλάχιστον με οπτικοακουστικά μέσα. Η εκτέλεση πειραμάτων αυξάνεται συνεχώς τουλάχιστον με τη μορφή επίδειξης αρκετά συχνά πραγματοποιούμενης από τους μαθητές. Συχνά παρουσιάζονται διδακτικές ενέργειες που απαιτούν την ενεργή συμμετοχή των μαθητών (πχ εργασίες, παρατηρήσεις) είτε ατομικά είτε σε ομάδες [27]. Συνεχώς αυξάνεται η διδασκαλία με τη μορφή ανάθεσης έργων (project assignment) και η εμπειρική διδασκαλία (experience teaching). Η αποτίμηση αναβαθμίζεται και φαίνεται, επιτέλους, να θεωρείται αναπόσπαστο μέρος της διδασκαλίας αν και παρατηρείται κάποια υστέρηση στη διαμορφωτική αποτίμηση. Όταν η διαμορφωτική αποτίμηση λαμβάνεται υπόψη κατά τη διδασκαλία, συνήθως γίνεται με τη μορφή τελικής αποτίμησης σε μέρος του μαθήματος της ημέρας και, αν τα αποτελέσματα είναι πενιχρά, η διδασκαλία επαναλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο (βλέπε περισσότερα στο [28]).

3.4 Διδακτέα ύλη.

Η διαχείριση της διδακτέας ύλης ακολουθεί πιστά τον παραδοσιακό αναλυτικό τρόπο που επιβάλλει το περίγραμμα του μαθήματος για το αναλυτικό πρόγραμμα των Φυσικών επιστημών, ένα μάλλον αναμενόμενο εύρημα ακόμα και όταν το αναλυτικό πρόγραμμα επιτρέπει ευελιξία. Ενθαρρυντική πάντως είναι η αυξανόμενη εμφάνιση υποστήριξης προς μια πιο σύνθετη ή

διεπιστημονική προσέγγιση (πχ μελέτη συνολικά ενός φαινομένου και όχι μερικών συστατικών του) και έχει αρχίσει να εμφανίζονται ερευνητικές και εμπειρικές εργασίες (βλέπε ένα παράδειγμα στο [29]). Παρατηρήσεις από την καθημερινή ζωή και σύνδεση με τη 'θεωρία' των Φυσικών επιστημών πρόσφατα μόνο άρχισαν να παρουσιάζονται (βλέπε ένα παράδειγμα στο [40]) και να μπαίνουν στα σχολεία.

3.5 Ομάδα στόχος (target group)

Με την εξαίρεση μιας μικρής μειοψηφίας εργασιών στις οποίες είτε δεν αναφέρεται με σαφήνεια η ομάδα στόχος είτε ισχυρίζονται πως απευθύνονται σε ένα μεγάλο εύρος τάξεων (ηλικιών), η πλειοψηφία των υπολοίπων απευθύνεται κυρίως προς την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ίσως επειδή τα 'παιδαγωγικά' συνδέονται με τη παιδική ηλικία. Ακολουθούν το (γενικό) Γυμνάσιο και μετά το (γενικό) Λύκειο (με αυτή τη φθίνουσα σειρά) ενώ η τεχνική και επαγγελματική εκπαίδευση απουσιάζει σχεδόν ολοκληρωτικά παρά τη σημασία της σε μια κοινωνία βασισμένη στην τεχνολογία. Η τριτοβάθμια εκπαίδευση αναφέρεται κυρίως στους εν ενεργεία και στους σπουδάζοντες εκπαιδευτικούς. Οι τόσο συνυφασμένες με την εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες πρακτικές δεξιότητες απαιτούν ακόμα προσοχή και συστηματική μελέτη (βλέπε περισσότερα στο [30]). Σχεδόν πάντοτε η μελέτη περιορίζεται σε (σύνθετες) γνωστικές δεξιότητες (πχ επίλυση προβλήματος). Στα πλαίσια αυτά χρησιμοποιούνται η εννοιολογική αλλαγή, το scaffolding, και άλλες συναφείς μέθοδοι συχνά όμως με αντιφατικούς τρόπους.

3.6 Πρακτική εργασία

Στα περισσότερα από τα πρόσφατα αναλυτικά προγράμματα η πειραματική εργασία είναι υποχρεωτική και συμπεριλαμβάνεται με αυξανόμενους ρυθμούς στη σχολική διδασκαλία των Φυσικών επιστημών. Παραμένουν όμως πολλά προβλήματα όπως:

- Το είδος των πειραμάτων (επίδειξης ή ελέγχου, από τον εκπαιδευτικό ή από τους μαθητές, ...),
- Τα χρησιμοποιούμενα όργανα (απλά, σύγχρονα, σε εργαστήριο ή στην αίθουσα της τάξης, πραγματικά πειράματα ή προσομοιώσεις, ...) [31].
- Ο ρόλος του πειράματος στην όλη διδακτική προσέγγιση.
- Η αναφορά για τα ευρήματα του πειράματος,
- Κλπ.

Εδώ τα περισσότερα προβλήματα ανάγονται στην υποβάθμιση της πρακτικής εργασίας που επικρατούσε και στην έλλειψη έμπειρων εκπαιδευτικών. Παρά την πρόοδο που έχει γίνει το θέμα είναι ανοιχτό για διερεύνηση, έρευνα και διδασκαλία με κύριο πρόβλημα την ομαλή ενσωμάτωση του πειράματος στη διδακτική πράξη. Οι μελέτες για το θέμα αυτό θα δώσουν επίσης και χρήσιμα στοιχεία για τα αποτελέσματα της πρακτικής εργασίας των μαθητών στην εκπαίδευση τους στις Φυσικές επιστήμες και θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση της επίδρασης της πρακτικής εργασίας στη εννοιολογική μάθηση, στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και στις διαδικασίες που συνδέονται με τη μάθηση στις Φυσικές επιστήμες και, γενικότερα, με τη γνώση.

4. Προοπτικές

Η διδακτική των Φυσικών επιστημών στοχεύει σε πιο αποτελεσματική εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες. Η αποτελεσματικότητα όμως συναρτάται με τους σκοπούς που έχει η εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες ένα θέμα που σχετίζεται άμεσα με τους λόγους για τους οποίους οι Φυσικές επιστήμες συμπεριλαμβάνονται στο σχολικό πρόγραμμα. Αυτοί είναι:

- **Πολιτιστικοί.** Οι Φυσικές επιστήμες είναι απόκτημα του ανθρώπινου πολιτισμού και έχουν τη θέση τους ειδικά στην υποχρεωτική εκπαίδευση.
- **Χρησιμοθηρικοί.** Οι Φυσικές επιστήμες αποτελούν τη βάση της τεχνολογίας και έτσι είναι αναγκαίες για τις κοινωνίες που εξαρτώνται από τη τεχνολογία και ένα σημαντικό μέσο για την ευμάρεια των υπολοίπων.
- **Προσωπικής ανάπτυξης.** Οι Φυσικές επιστήμες έχουν εγγενή πλεονεκτήματα για τη νοητική ανάπτυξη των νέων και κατά συνέπεια είναι πολύ σημαντικές ειδικά για το δημοτικό όπου αναπτύσσονται οι γνωστικές δεξιότητες [32].
- **Κοινωνικοί.** Στις βασιζόμενες στην Τεχνολογία κοινωνίες όλο και περισσότερες αποφάσεις σχετίζονται με την πρόοδο στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία. Ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός είναι κρίσιμος για τη δημοκρατία ως ένα σύστημα ενεργούς συμμετοχής [33].

Ανάλογα με τις αξίες και τις προοπτικές τις περιβάλλουσας κοινωνίας οι προηγούμενοι λόγοι αποκτούν διαφορετικές προτεραιότητες

επιηρεάζοντας έτσι την έμφαση της εκπαίδευσης στις Φυσικές επιστήμες [22], [23]). Η:

Η εκπαίδευση που θέλουμε για τα παιδιά μας πρέπει να εξαρτάται από τα ιδανικά μας για τον ανθρώπινο χαρακτήρα και τις ελπίδες μας για το μέλλον τους στην κοινωνία μας. Ο ειρηνιστής δεν επιθυμεί την εκπαίδευση που είναι φαίνεται καλή στον милитарιστή, η εκπαιδευτική αντίληψη του κομμουνιστή δεν είναι ίδια με του ατομιστή. Για νάλθω σε ένα πιο βασικό χώρισμα, δεν μπορεί να υπάρξει συμφωνία μεταξύ αυτών που πιστεύουν την εκπαίδευση ως μέσον ενστάλαξης ορισμένων συγκεκριμένων πιστεύω και εκείνων που θεωρούν πως θα πρέπει να παράγει τη δύναμη της ανεξάρτητης κρίσης. Όπου προκύπτουν τέτοια ζητήματα, είναι μάταιο να τα αγνοούμε. Την ίδια στιγμή υπάρχει ένα σημαντικό σώμα νέας γνώσης στην ψυχολογία και στην παιδαγωγική που είναι ανεξάρτητο από αυτά τα τελολογικά ερωτήματα και έχει στενή αντιστοιχία με την εκπαίδευση. Ήδη έχει φέρει σημαντικά αποτελέσματα αλλά απομένουν πολλά ακόμη να γίνουν προκειμένου τα διδάγματα αυτά να κατανοηθούν πλήρως. Αυτό είναι ιδιαίτερα ακριβές για τα πρώτα πέντε χρόνια ηλικίας, έχει βρεθεί πως αυτά έχουν μια σημασία πολύ μεγαλύτερη από ό,τι πιστευόταν παλαιότερα, που συνεπάγεται μια αντίστοιχη αύξηση της εκπαιδευτικής σημαντικότητας των γονέων. (Bertrand Russell [35], On Education, Especially in Early Childhood, 1926)

Αν η προτεραιότητα είναι χρησιμοθηρική, η διδακτική των Φυσικών επιστημών θα αποβλέπει σε δεδομένα, μεθόδους και τεχνικές. Αν η προτεραιότητα είναι προσωπικής ανάπτυξης σύνθετες γνωστικές δεξιότητες, όπως η επίλυση προβληματικών καταστάσεων (γνωστική στρατηγική) πρέπει να επιδιώκονται. Αν η προτεραιότητα είναι κοινωνική, η εργασία με έργα (project) και η ομαδοκεντρική διδασκαλία αποτελούν χρήσιμα μέσα. Συνήθως επιζητείται ένα σταθμισμένο μείγμα. Οι κοινωνίες μας εκτιμούν πολύ τους λόγους προσωπικής και κοινωνικής ανάπτυξης έχοντας επίσης δηλώσει ενδιαφέρον για τη χρησιμοθηρική θεώρηση. Κατά συνέπεια, η Διδακτική τω Φυσικών επιστημών, ειδικά για την υποχρεωτική εκπαίδευση, πρέπει να προσαρμοστεί κατάλληλα ώστε να βελτιώνει [34] (ή τουλάχιστον να μην υποβαθμίζει) την ποιότητα της κοινωνίας μας. Οι παράμετροι για βελτίωση περιλαμβάνουν:

➤ **Περίγραμμα.** Απαιτείται εκσυγχρονισμός. Έναν αιώνα μετά τη θεωρία της σχετικότητας και την κβαντομηχανική είναι ήδη καιρός να βρουν τη θέση τους στο σχολείο [36]. Μαζί

με τη στατιστική φυσική και τις πρόσφατες εξελίξεις θα πρέπει να αποτελέσουν ένα νέο συνεκτικό και συνεπές περίγραμμα. Η μέχρι τώρα πρακτική (και στην τριτοβάθμια επίσης εκπαίδευση) να προστίθενται νέα ξεχωριστά κεφάλαια, αφού έχει διδαχτεί η παραδοσιακή Επιστήμη, μόνο σύγχυση προκαλεί.

- **Διερώτηση (inquiry).** Οι ερωτήσεις ανοιχτού τύπου και προβλήματα είναι αναγκαία για την ανάπτυξη σύνθετων γνωστικών δεξιοτήτων. Πρέπει όμως να είναι στα πλαίσια της επιστημονικής μεθοδολογίας. Η φυσική με διερώτηση αποτελεί χρήσιμο εργαλείο [37].
- **Πειράματα.** Πρέπει να γίνονται, ειδικά στις μικρές ηλικίες, με απλά υλικά. Οι ιδιοκατασκευές έχουν εγγενή πλεονεκτήματα και βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των βασικών εννοιών [29]. Πρέπει να ενσωματώνονται ομαλά στις διδακτικές δραστηριότητες με ρητό σκοπό και τη δεξιότητα να του σχεδιασμού και της εκτέλεσης του κατάλληλου πειράματος για τον έλεγχο μιας υπόθεσης. Η διάκριση ανάμεσα στα δεδομένα από παρατηρήσεις και/ή πειράματα, στις ερμηνείες και στις αντίστοιχες θεωρίες είναι πολύ σημαντική [43].
- **Κατασκευή μοντέλων.** Η διδακτική των Φυσικών επιστημών πρέπει να αναπτύσσει συλλογιστική (Λογική) [38]. Η κατασκευή μοντέλων [39] είναι μια διαδικασία με πολλά πλεονεκτήματα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικότερα και πρέπει να αποτελεί ρητό σκοπό της διδασκαλίας των Φυσικών επιστημών.
- **Διδασκαλία.** Παρατηρήσεις από την καθημερινή ζωή μπορούν να συσχετίζονται με τις Φυσικές επιστήμες [40]. Σε συνδυασμό με το τι νομίζουν τα παιδιά [41] δίνει καλά αποτελέσματα και οδηγεί σε καλύτερη κατανόηση και αναγνώριση της Επιστήμης.
- **Εκπαίδευση των εκπαιδευτικών.** Αποτελεί προτεραιότητα. Χρήσιμα μέσα αποτελούν οι πολυμορφικές ασκήσεις [42] και οι νέες και ευέλικτες μέθοδοι κατάρτισης [44].

5. Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω τους οργανωτές του συνεδρίου για την πρόσκληση τους και την υπομονή τους να περιμένουν την εργασία μου.

6. Σημειώσεις και παραπομπές.

[1]Μια αναζήτηση το 2004 με ‘Science education’ (Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες) είχε ως αποτέλεσμα περισσότερα

- από 300.000 hits σε πάνω από 50.000 τόπους. Ακόμα και με στενότερα και πιο περιοριστικά κριτήρια εξακολουθούν να παραμένουν πάνω από 50.000 αποτελέσματα. Αν και τα περισσότερα αναφέρονται σε μια απλή περιγραφή δραστηριοτήτων, αρκετά από αυτά έχουν σημαντική παιδαγωγική αξία.
- [2]πχ “Handbook of Research on Teaching” 4th edition published in 2001 by AERA – the American Educational Research Association (<http://www.aera.net/>)
- [3]CBLIS – Computer Based Learning in Science. Πραγματοποιείται ανά διετία και εστιάζεται στη χρήση της Πληροφορικής στις διάφορες δραστηριότητες εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Βλέπε στα: <http://www.ucy.ac.cy/cblis2003/> and <http://www.student.utc.sk/~jasomja/cblis/>
- [4]H EERA – European Education Research Association (<http://www.eera.ac.uk/>) πραγματοποιεί κάθε χρόνο το European Conference on Educational Research (ECER) στο οποίο εμπεριέχεται και η διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Το 2004 το συνέδριο έγινε από το Πανεπιστήμιο Κρήτης στο Ρέθυμνο 20-25 Σεπτεμβρίου 2004).
- [5]Ο ΟΟΣΑ – Οργανισμός Οικονομικής Ανάπτυξης και Συνεργασίας (OECD - Organization for Economic Cooperation and Development) δραστηριοποιείται σε πολλούς τομείς της οικονομίας. Εκδίδει τακτικά δείκτες για την Εκπαίδευση με ειδικά κεφάλαια για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία, με αντίστοιχες Τάσεις και Επιτεύγματα (Trends and Achievements), Μαθησιακά Αποτελέσματα (Outcomes of Learning), κλπ. Πολλές από τις εκδόσεις του είναι διαθέσιμες και ηλεκτρονικά. Γνωστή είναι και η δραστηριότητα του ‘PISA’ (Programme for International Student Assessment). Βλέπε στο <http://www.oecd.org/home/>.
- [6]H UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Οργάνωση των Ηνωμένων Εθνών για την Εκπαίδευση, την Επιστήμη και τον Πολιτισμό)δημιουργήθηκε το 1946 (www.unesco.org). Πολλές από τις εκδόσεις της UNESCO είναι διαθέσιμες και ηλεκτρονικά.
- [7]Στις ιστοσελίδες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Union – EU http://europa.eu.int/index_en.htm) υπάρχει πλήθος δεδομένων σχετικά με την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία.
- [8]OECD- Science, Technology And Industry, Scoreboard, Benchmarking, Knowledge-Based Economies, τακτική έκδοση.
- [9]OECD – Education at a glance, ετήσια έκδοση με δείκτες για θέματα Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Περιλαμβάνει μαθησιακά αποτελέσματα και επιτεύγματα.
- [10]OECD - Investing in Education, Analysis Of The World Education Indicators.
- [11]OECD - Schooling For Tomorrow, Learning to Bridge the Digital Divide.
- [12]OECD - The Appraisal of Investments in Educational Facilities
- [13]UNESCO Handbook for Science Teacher
- [14]New UNESCO Source Book for Science Teaching.
- [15]Η βάση δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιλαμβάνει πλούτο δημοσιευμάτων για την Εκπαίδευση και την κατάρτιση - βλέπε τη σύνδεση (link) στο [7].
- [16]ESERA – the European Science Education Research Association η οποία πραγματοποιεί επίσης ανά διετία διεθνές συνέδριο. Επιλεγμένες εργασίες από πχ το συνέδριο του 2001 υπάρχουν στο 3rd International Conference in *Science Education Research in the Knowledge Based Society* by Dimitris Psilos et al. (eds), KLUWER Academic Publishers 2003 (<http://www.physik.uni-dortmund.de/didaktik/esera/home.htm>).
- [17](<http://www.biol.ucl.ac.be/STEDE/>) STEDE – Science Teacher Education Development in Europe.
- [18]Hands on Science που οργανώνει ετήσια διεθνές συνέδριο (<http://www.hsci.info/>).
- [19]New Teacher Education for the Future International Perspectives Edited by Yin Cheong CHENG, King Wai CHOW, Kwok Tung TSUI, KLUWER Academic Publishers, 2001.
- [20]Advances In Research On Teaching, Editor: Jere Brophy, Volume 2, Teachers' Knowledge Of Subject Matter As It Relates

- To Their Teaching Practice, JAI Press Inc. 1991.
- [21] Science Teacher Education: An International Perspective, Edited by Sandra K. Abell, KLUWER Academic Publishers.
- [22] Place of Science in a World of Values and Facts, Loucas G. Christophorou, Kluwer 2001.
- [23] Science, Technology, and Society: A Sourcebook on Research and Practice, Edited by David D. Kumar and Daryl E. Chubin, Kluwer Academic Publishers 2000.
- [24] Jean Piaget (1896-1980) Ελβετός βιολόγος με πολλές δημοσιεύσεις στο αντικείμενο. Είναι όμως γνωστός για τις εργασίες του στην γνωστική ψυχολογία και στην ψυχολογία της ανάπτυξης. Στράφηκε στη ψυχολογία μελετώντας την νοητική ανάπτυξη των παιδιών του και είναι ευρύτατα γνωστός για τη θεωρία του για τα στάδια νοητικής ανάπτυξης. Για τις εμπειρικές του παρατηρήσεις στο πως ενεργούν τα παιδιά, χρησιμοποιούσε θέματα από τις φυσικές επιστήμες (πεδίο που γνώριζε καλά), για τη μελέτη της νοητικής ανάπτυξης των νέων (και όχι της Διδακτικής των Φυσικών επιστημών). Ως αποτέλεσμα οι εργασίες του έγιναν το υποστηρικτικό πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών επιστημών.
- [25] Constructivist Teaching In Primary School, Social Studies, Mathematics, Science, ICT, Design And Technology Suzanne Gatt & Yosanne Vella, Published by Agenda - Malta, 2003.
- [26] Children and Primary Science, Tina Jarvis, NICHOLS PUBLISHING 1991
- [27] Υπάρχει μια αυξανόμενη τάση χρήσης ομαδικών εργασιών σχεδόν αποκλειστικά. Αν και η μορφή αυτή φαίνεται πιο κατάλληλη για τις μικρότερες τάξεις, οι ατομικές εργασίες πλεονεκτούν για την προσωπική και την τεχνική ανάπτυξη και για την ανάπτυξη δεξιοτεχνιών (ψυχοκινητικών δεξιοτήτων).
- [28] Science & Technology Education Library VOLUME 12, Formative Assessment and Science Education by Beverley Bell And Bronwen Cowie KLUWER Academic Publishers.
- [29] P. G. Michaelides, Tsigris Miltiadis, Science Teaching with Self-made Apparatus, paper presented at the 1st International Conference on Hands on Science Hsci2004 – Teaching and Learning Science in the XX1 Century, 5-9 July 2004, Ljubljana, Slovenia, Proceedings pp.47-52 <http://www.hsci.info/hsci2004/>.
- [30] Practical Work in Science Education: Recent Research Studies, Editors: John Leach and Albert Paulsen, Roskilde University Press, KLUWER 1999.
- [31] Τα πολύπλοκα όργανα μπορεί να είναι απαραίτητα στα πειράματα των μεγαλύτερων τάξεων όπου τα υπό μελέτη φαινόμενα το απαιτούν ή αν επιζητείται υψηλή ακρίβεια μετρήσεων. Η πολυπλοκότητα τους όμως μπορεί να αποκρύψει τις αρχές του φαινομένου της μελέτης ειδικά στις μικρές τάξεις (ηλικίες) όπου μια εννοιολογική προσέγγιση των βασικών αρχών είναι πιο κατάλληλη. Οι προσομοιώσεις μπορεί να είναι κατάλληλες για την ευκολότερη κατανόηση της θεωρίας για το φαινόμενο που μελετάται ή για δύσκολες να πραγματοποιηθούν καταστάσεις (πχ ηφαίστεια, ατομικοί πυρήνες, κλπ). είναι επίσης χρήσιμες για την επεξεργασία και πολυπαραμετρική παρουσίαση δεδομένων από παρατηρήσεις. Η χρήση τους όμως στερεί την εμπειρία της άμεσης παρατήρησης ή του σχεδιασμού και της υλοποίησης ενός πειράματος και δεν είναι συνήθως κατάλληλα για τις μικρές ηλικίες στις οποίες επιδιώκονται σύνθετες γνωστικές δεξιότητες.
- [32] Σε ένα κατά Piaget πλαίσιο, τα παιδιά στο Δημοτικό βρίσκονται κυρίως στο στάδιο των συγκεκριμένων ενεργειών. Τα φυσικά φαινόμενα (τουλάχιστον αυτά που μελετούνται στο Δημοτικό) είναι άμεσα παρατηρήσιμα με τις αισθήσεις (ή με τη βοήθεια απλών και εύκολα κατανοητών συσκευών) άρα αντιληπτά ευκολότερα από τα φαινόμενα (αντικείμενα μελέτης) των

άλλων επιστημών όπου κάποια αφηρημένη έννοια είναι απαραίτητη για να γίνουν αντιληπτά (πχ στη μετανάστευση πέρα από τη μετακίνηση ενός προσώπου σε άλλο τόπο απαιτείται και η υποκειμενική εκτίμηση του μόνιμου, η νέα κατοικία). Καθώς τα φυσικά φαινόμενα είναι συνήθως άμεσα αντιληπτά από όλους (όλες) μπορούν να αποτελέσουν ένα κοινό σύστημα αναφοράς εννοιών που ο Einstein αποκάλεσε ‘αλήθεια’ (στο έργο του “Lectures at Princeton”).

- [33] Η Δημοκρατία όπως τη γνωρίζουμε βασίζεται, για τη λήψη των αποφάσεων, στην ενεργή συμμετοχή των πολιτών, οι οποίοι ενεργούν εξ ιδίων και όχι ως οπαδοί ενός ‘χαρισματικού ηγέτη’ (όχι σαν πρόβατα που ακολουθούν τον τσοπάνη). Καθώς όλο και περισσότερες αποφάσεις εξαρτώνται από τις εξελίξεις στην επιστήμη και στην τεχνολογία (E&T) για να είναι ικανός ο/η πολίτης να συμμετέχει εξ ιδίων θα πρέπει όχι μόνο να είναι E&T εναλλάβητος αλλά και να μπορεί να έχει τις γνωστικές δεξιότητες να αποφασίζει έγκυρα, βασιζόμενος σε ελλιπή στοιχεία, πχ σε θέματα στα οποία δεν είναι ειδικός. Διαφορετικά η Επιστήμη θα ανακατεύεται με τη θρησκεία όπως στο σκοτεινό μεσαίωνα ή σε κάποιες περιοχές πχ της σύγχρονης Αμερικής (βλέπε στο <http://www.ncseweb.org/>) όπου η εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες, ειδικά η θεωρία της εξέλιξης των ειδών γίνεται νομικό θέμα σε αντιδιαστολή με θρησκευτικές δοξασίες (θυμίζει τη δίκη του Γαλιλαίου). Σημείωση: η αποτελεσματική εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες έχει αναχθεί από την UNESCO σε ‘δημοκρατικό δικαίωμα’, ένα δικαίωμα στη δημοκρατία.
- [34] Science, Technology, and Social Change, Edited by Diederik Aerts, Serge Gutwirth, Sonja Smets and Luk Van Langehove, KLUWER Academic Publishers, 1999.
- [35] Bertrand Russell (1872-1980) ένας από τους μεγαλύτερους φιλοσόφους. Η σύγχρονη, μετά τον Αριστοτέλη, λογική βασίζεται κατά πολύ στις εργασίες του (παράδοξο του Russell. Είναι ευρύτερα

γνωστός για τη ειρηνιστική πρωτοβουλία του κατά τη διάρκεια του ‘ψυχρού πολέμου’. Ήταν πολύ παραγωγικός συγγραφέας επιστημονικών εργασιών, πολλές από τις οποίες γράφτηκαν στη φυλακή που τον έκλειναν εξαιτίας των πολιτικών του πεποιθήσεων. Ήταν επίσης συγγραφέας πολλών άρθρων για το ευρύ κοινό (<http://www.humanities.mcmaster.ca/~russeII/>).

- [36] George Kalkanis ‘Which (and How) Science and Technology Education for Future Citizens?’, pp. 199-214 of Vol. II of the proceedings of the University of Cyprus, ‘1st IOSTE Symposium in Southern Europe – Science and Technology Education: Preparing Future Citizens’, Paralimni-Cyprus 29/4-2/5 2001.
- [37] Lillian C McDermott, Peter S Shaffer and C P Constantinou, “Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry”, Phys. Educ. 35(6) November 2000, pp. 411-420.
- [38] Reasoning in Physics: The Part of Common Sense by Laurence Viennot, KLUWER Academic Publishers.
- [39] Developing Models in Science Education, Edited by John K. Gilbert and Carolyn J. Boulter, KLUWER Academic Publishers 2000.
- [40] P. G. Michaelides, “Everyday observations in relation to Natural Sciences” in Learning in Mathematics and Science and Educational Technology, University of Cyprus July 2001, Volume II pp. 281- 300.
- [41] Everyday Thoughts about Nature, William W. Cobern, KLUWER Academic Publishers 2003.
- [42] Π. Γ. Μιχαηλίδης, ‘Πολυμορφικές Ασκήσεις Φυσικής’, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης,

Θεσσαλονίκη 29-31 Μαΐου 1998, πρακτικά
σ. 399-405.

[43]P. G. Michaelides, "Understanding difficulties in Science observations", oral presentation, 2nd Pan-Hellenic Conference on the Didactics of Science and the introduction of New Technologies in Education, University of Cyprus, Nicosia May 3-5, 2000 , book of abstracts page 26 (in Greek).

[44]P. G. Michaelides, An affordable and efficient in-service training scheme for the Science Teacher, "Sixth International Conference on Computer Based Learning in Science 2003 (CBLIS03), University of Cyprus, Nicosia, Cyprus, 5 - 10 July 2003" proceedings pp. 792-799.