

Πειραματική διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίες Πληροφορίας & Επικοινωνίας

Πατσαδάκης Μανώλης

Σχολικός Σύμβουλος 5^{ης} Περιφέρειας Δημοτικής Εκπ/σης Λάρισας

empat@otenet.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αποτελεί ένα επιχείρημα ανάδειξης, μέσα από τη σχετική βιβλιογραφική αναζήτηση, των σχέσεων μεταξύ της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ). Εστιάζεται κυρίως σε δυο κατηγορίες των ΤΠΕ: α) στα προγράμματα των προσομοιώσεων και β) στο *Microcomputer Based Laboratory (MBL)* ή *Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (ΣΣΛΑ)*, επειδή τα δύο αυτά είδη θεωρούνται τα πλέον «κατάλληλα» για εκπαιδευτική χρήση, από τη σκοπιά της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Στη συνέχεια αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που διακρίνονται στην εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών και κάποια σχετικά συμπεράσματα που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: διδασκαλία και μάθηση, φυσικές επιστήμες, πείραμα, προσομοιώσεις, MBL, ΤΠΕ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σπουδαιότητα της άμεσης εμπειρίας με υλικά, μέσα από τη χρήση πειραμάτων, στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) έχει τονιστεί στη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών. Με την χρήση των υλικών επιδιώκεται η επίτευξη πολλαπλών διδακτικών στόχων όπως για παράδειγμα: πρόκληση ενδιαφέροντος, κατανόηση του θεωρητικού περιεχομένου του Αναλυτικού Προγράμματος, επίγνωση των φαινομένων, ανάπτυξη ερευνητικού πνεύματος και επιστημονικής προσέγγισης στα προβλήματα, ανάπτυξη πειραματικών και τεχνικών δεξιοτήτων (Hofstein and Lunetta, 1982; Woolnough and Allsop, 1985; Gott, 1987)

Επίσης, εντός του σημερινού πλαισίου της σχέσης Επιστήμης – Κοινωνίας – Τεχνολογίας (π.χ. AAAS, 1989 & 1993; Millar & Osborne, 1998), καλείται η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών να προσανατολιστεί προς τη χρήση τόσο των πειραμάτων όσο και των Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), για να εξυπηρετήσει, αυτονόητα, το στόχο του επιστημονικού αλφαριθμητισμού των μαθητών. Προκύπτει τότε στον χώρο της Διδακτικής των ΦΕ μια «νέα» διδακτική ανάγκη, αυτή της χρήσης των πειραμάτων (με την κλασική εργαστηριακή έννοια) σε συνδυασμό με περιβάλλοντα Τεχνολογιών Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ). Η ανάγκη αυτή προβάλλεται μέσω του στόχου για τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό ή εγγραμματισμό των παιδιών ως μελλοντικών πολιτών.

Φαίνεται λοιπόν ότι δημιουργείται, εντός του διδακτικού πάντα πλαισίου των ΦΕ, μια κριτική συζήτηση σχετικά με την αξιοποίηση, τη χρήση και την αποτελεσματικότητα τόσο των κλασικών πειραμάτων όσο και των περιβαλλόντων των ΤΠΕ. Αξιολογούνται, δηλαδή, πειράματα και σχετικά περιβάλλοντα ΤΠΕ, ανάλογα με τη διδακτική και τη μαθησιακή αξία τους, μέσα από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που προκύπτουν στη διάρκεια της διδακτικής πράξης.

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι να αναδειχθούν, μέσα από σχετική βιβλιογραφική αναζήτηση, οι σχέσεις ανάμεσα στην Πειραματική Διδασκαλία/Μάθηση των ΦΕ και των περιβαλλόντων των Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνίας ώστε να

αποτυπωθεί πώς μπορεί να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικότερα οι ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗ ΦΕ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΤΑΞΗ

Έχει παρατηρηθεί ότι στην ελληνική σχολική πραγματικότητα, κυρίως στο δημοτικό και το γυμνάσιο, οι μαθητές παρακολουθούν κάποια πειράματα επίδειξης στις ΦΕ ενώ οι ίδιοι σπάνια κάνουν (ή τους επιτρέπεται να κάνουν) πειράματα. Στη γενική υποχρεωτική εκπαίδευση στη χώρα μας φαίνεται να έχει κυριαρχήσει ο στόχος της μάθησης του περιεχομένου. Σ' αυτό το πλαίσιο πολλοί εκπαιδευτικοί αναφέρουν ότι θα χρησιμοποιούσαν τα πειράματα στις ΦΕ αν υπήρχε, για παράδειγμα, η κατάλληλη «υλικοτεχνική υποδομή», επειδή: «τα παιδιά θα μάθαιναν καλύτερα, θα τα καταλάβαιναν και θα τα θυμούνταν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κ.ο.κ.» (Βεζυρτζής κ.ά., 1999).

Η εκπαίδευση όμως των μαθητών στις ΦΕ δεν οφείλει να περιορίζεται μόνο στη μάθηση του περιεχομένου, αλλά και να επεκτείνεται και στις μεθοδολογίες και διαδικασίες των ΦΕ. Εκτός λοιπόν από τους γνωστικούς στόχους, που μπορεί να καλύψει, η πειραματική διδασκαλία μπορεί να συμβάλει και στη νοητική ανάπτυξη, τη δημιουργία θετικής στάσης στις ΦΕ και στην ανάπτυξη χειρονακτικών και κοινωνικών δεξιοτήτων. (Κουμαράς, 1998)

Ο μαθητής μέσα από τα πειράματα καλείται να παρατηρήσει, να διατυπώσει μια υπόθεση, να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα, να ελέγξει την ισχύ του συμπεράσματος, να ερμηνεύσει, να γενικεύσει κ.ο.κ. Καλείται λοιπόν να δει, για παράδειγμα, ότι σ' ένα πείραμα για να καταλήξουμε σε συμπέρασμα, αν αυτό μπορεί να εξαρτάται από περισσότερους του ενός παράγοντες, μεταβάλλουμε μόνο έναν κάθε φορά κρατώντας τους άλλους σταθερούς (μεταβλητές και σταθερές) και στη συνέχεια μπορεί να προχωρήσει και στο νέο σχεδιασμό αντίστοιχου πειράματος. Έτσι η διδασκαλία με την χρήση των πειραμάτων συμβάλει στην νοητική ανάπτυξη των μαθητών και στην εποικοδομητική εκμάθηση της «επιστημονικής μεθοδολογίας». Επιπλέον η διδασκαλία με την χρήση των πειραμάτων συμβάλει και στη διαμόρφωση θετικής στάσης των μαθητών προς τις ΦΕ. Η χρησιμοποίηση ειδικών ή απλών υλικών στα πειράματα, είτε γίνονται σε οργανωμένα εργαστήρια είτε στη τάξη, θεωρούνται από τους μαθητές «επιβεβαιωτικά» και τους βοηθά να συνδέσουν την «ανοικία» θεωρία με την πράξη και να την κάνουν «οικεία». Επίσης μέσω των πειραμάτων συνδυάζεται η σχολική γνώση με την καθημερινή ζωή και τις εφαρμογές και συμβάλει προς την κατεύθυνση αυτή. Η εκτέλεση δε απλών πειραμάτων και από τους ίδιους τους μαθητές σε μικρές ομάδες (3-4 ατόμων) συντελεί, από τη μια μεριά στην ανάπτυξη χειρονακτικών δεξιοτήτων σε κάθε μαθητή, εφόσον καλείται μέσα από το φύλλο εργασίας να χειριστεί υλικά και από την άλλη τον οδηγεί στην ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων, αφού καλείται να συνεργαστεί με τους συμμαθητές του στο χειρισμό των υλικών και στη σύνταξη των απαντήσεων που καλούνται να ολοκληρώσουν (Ganiel & Hofstein, 1982; Hodson, 1993; Leach, 1999; Millar et al, 1999; Duit and Treagust, 1998; Duit and Treagust, 2003 ; Hofstein and Lunetta, 2004).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, εύκολα, κάποιος μπορεί να συμπεράνει τον ιδιαίτερο ρόλο και την άρρηκτη σχέση, που έχει η «κλασική» πειραματική διδασκαλία με την μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Μια σχέση που αναγνωρίζεται ως αυτονόητη από το σύνολο, σχεδόν, των εμπλεκομένων με τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ .

Το ερώτημα λοιπόν που, μάλλον, «δικαίως» προκύπτει είναι:

Τι έρχονται επομένως να προσφέρουν παραπάνω οι ΤΠΕ στο χώρο του «κλασικού» πειράματος και της διδασκαλίας-μάθησης των Φυσικών Επιστημών;

Επισημαίνεται ότι στην παρούσα εργασία ως ΤΠΕ θεωρείται η χρήση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή (H/Y) και των πολυμέσων, στη διδακτική πράξη των ΦΕ, μέσω των προσομοιώσεων, των εικονικών μοντέλων, των εκπαιδευτικών προγραμμάτων / λογισμικών CD-ROM) και του MBL.

Για να απαντηθεί το παραπάνω ερώτημα πρέπει να αναλογιστούμε και κάποιους περιορισμούς που σχετίζονται με τη χρήση του κλασικού πειράματος, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης:

α) Οι μαθητές έρχονται στη σχολική τάξη κατέχοντας την εμπειρία τους από την καθημερινή ζωή, η διδασκαλία που δέχονται στο πλαίσιο της διδακτικής ώρας είναι αποσπασματική και δεν επαρκεί, ούτε χρονικά ούτε ποιοτικά, για να εποικοδομηθεί κατάλληλα η νέα γνώση. Η επιφανειακή παρατήρηση και περιγραφή ενός φαινομένου, όπως για παράδειγμα η παραμόρφωση των γραμμών του τρένου ή η εκτέλεση κάποιου πειράματος, όπως η θέρμανση του πάγου με αποτέλεσμα την τήξη του, δεν επιτρέπει να θεμελιωθεί η γνώση για την δομή, τις λειτουργίες και τις διαδικασίες που σχετίζονται με τις ανάλογες επιστημονικές έννοιες. Επίσης οι μαθητές δεν αποκτούν εκείνα τα εφόδια, που θα τους βοηθήσουν να διασυνδέσουν μεταξύ τους τις έννοιες που διδάσκονται στην τάξη και να επεκτείνουν τις ιδέες τους σε φυσικά φαινόμενα, εφαρμόζοντας τη σχολική γνώση σε καθημερινές καταστάσεις. (Lunetta, 1998; Psillos et al, 1998; Πατσαδάκης κ.ά., 2000).

β) Ο εκπαιδευτικός συχνά συναντά δυσκολίες στην προσπάθεια να μεταδώσει την επιστημονική γνώση στους μαθητές και ειδικά κατά το διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου (από επιστημονικό περιεχόμενο σε σχολικό) και την επιλογή, σχεδίαση, οργάνωση και χρήση του υλικού του (Καριώτογλου, 2006).

γ) Η εκτέλεση των αντιπροσωπευτικών πειραμάτων δεν είναι συνήθως, σύμφωνα με τις απόψεις πολλών εκπαιδευτικών, εύκολη, ασφαλής, σαφής και εφικτή στο χρονικό πλαίσιο μιας διδασκαλίας. Για τους λόγους αυτούς, συνήθως, ο εκπαιδευτικός περιγράφει ή επιδεικνύει το πείραμα και ελάχιστες φορές οργανώνονται πειραματικές δραστηριότητες με την ενεργή συμμετοχή των μαθητών. Επίσης φαίνεται να λείπει ή να είναι περιορισμένη, από τους εκπαιδευτικούς, η δυνατότητα να δημιουργούν δυναμικές καταστάσεις, όπου ευέλικτα να συνδυάζονται παράμετροι για να καλυφθεί η ποικιλία των περιπτώσεων, έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν οι ίδιοι να διερευνήσουν ή να ανακαλύψουν τους παράγοντες που επηρεάζουν τους νόμους ή που διέπουν τα φαινόμενα. Οι εκπαιδευτικοί, λοιπόν από την πλευρά τους, αναπτύσσουν και χρησιμοποιούν πρακτικές, που μπορεί να απέχουν κατά πολύ από τις προτεινόμενες, εξαιτίας των αναπάντεχων εκπαιδευτικών καταστάσεων που δημιουργούνται στη σχολική τάξη και των διαφορετικών προσωπικών αντιλήψεών τους για τη διδασκαλία-μάθηση και τη φύση της επιστήμης, για παράδειγμα οι παραδοσιακές πρακτικές κατά Tobin et al (Tobin et al, 1994).

Ως αποτέλεσμα αυτών των περιορισμών, μπορεί να θεωρηθεί, η αποδυνάμωση της μεθοδολογικής, μαθησιακής και παιδαγωγικής αποτελεσματικότητας των πειραμάτων κατά τη χρήση τους στην εκπαιδευτική διαδικασία των ΦΕ.

ΟΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ/ΜΑΘΗΣΗ ΤΩΝ ΦΕ

Τις τελευταίες δεκαετίες η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ μάλλον θεωρείται αναγκαίος ή τουλάχιστον σημαντικός παράγοντας και στη χώρα μας. Κι αυτό γιατί οι νέες τεχνολογίες επιφέρουν, μέσα από κοινωνικές αλλά και πολιτικές επιλογές, αλλαγές στους στόχους διδασκαλίας, στις διδακτικές και μαθησιακές πρακτικές και στα χρησιμοποιούμενα μέσα διδασκαλίας, διαμορφώνοντας έτσι ένα νέο εκπαιδευτικό πλαίσιο στη γενική εκπαίδευση. (Σολωμονίδου, 1999; Μικρόπουλος, 2003; Κόμης, 2005)

Δύο είναι τα περιβάλλοντα των ΤΠΕ που φαίνεται να συσχετίζονται περισσότερο με τη διδασκαλία-μάθηση των ΦΕ: α) Οι προσομοιώσεις (εκπαιδευτικά λογισμικά ανοικτά ή κλειστά και εικονικά περιβάλλοντα) και β) Τα Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (ΣΣΛΑ) ή Microcomputer Based Laboratory (MBL). Εδώ κάποιος θα μπορούσε να συμπεριλάβει ως τρίτο περιβάλλον των ΤΠΕ, που εμπλέκεται με τη διδασκαλία των ΦΕ, το διαδίκτυο. Επειδή θεωρούμε όμως, ότι στην πράξη, οι εκπαιδευτικοί ή οι μαθητές χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για την ανεύρεση κατάλληλων πειραματικών εφαρμογών, που ανήκουν γενικά στο χώρο των προσομοιώσεων, επιλέγεται στην παρούσα εργασία να μη εξετασθεί ως διαφορετικό περιβάλλον.

α) Οι προσομοιώσεις στη διδασκαλία-μάθηση των ΦΕ

Η προσομοίωση είναι περιβάλλον των ΤΠΕ που σχετίστηκε, σχεδόν με την εμφάνιση της, με τις ΦΕ γιατί θεωρήθηκε ως το καλύτερο σύστημα αναπαράστασης φυσικών και εργαστηριακών φαινομένων.

Ως *προσομοίωση* θεωρείται γενικότερα η μερική μεταφορά και απεικόνιση σε περιβάλλον υπολογιστή, ενός φυσικού, τεχνητού ή κοινωνικού συστήματος αντικειμένων, φαινομένων ή διαδικασιών, με ενσωμάτωση στοιχείων λειτουργικότητας των παραγόντων που παίρνουν μέρος. (Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1996).

Στις ΦΕ υπάρχουν πολλά φαινόμενα που δεν είναι προσιτά ή δεν είναι δυνατόν να αναπαραχθούν στο εργαστήριο και μάλιστα σε βαθμό που να μπορούν να μελετηθούν ικανοποιητικά για να υποστηρίξουν μια διδασκαλία. Η εφαρμογή των προσομοιώσεων κρίνεται απαραίτητη για την περιοχή αυτή. Ο εκπαιδευτικός που θέλει να διδάξει ή ο μαθητής που θέλει να μελετήσει φαινόμενα και να κατανοήσει σχετιζόμενες έννοιες, έχει την δυνατότητα αλληλεπιδρώντας με το περιβάλλον της προσομοίωσης (μέσω Η/Υ) να εκτελέσει πειράματα, να διερευνήσει καταστάσεις, να δοκιμάσει ιδέες και υποθέσεις και να οδηγηθεί με τον τρόπο αυτό στην ανακάλυψη (ή και την εποικοδόμηση) των κανόνων που διέπουν το περιβάλλον που μελετά ή ακόμη και ενός εντελώς φανταστικού περιβάλλοντος. Σε τυχόν προσπάθειες να περιγραφούν αντικείμενα που δεν είναι ορατά, όπως τα μόρια ή να εξηγηθούν αφηρημένες έννοιες ή διαδικασίες, όπως η μετάδοση της θερμότητας, ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει *εικονικά μοντέλα* και μηχανισμούς αναπαράστασης των λειτουργιών τους, χρησιμοποιώντας τις ανάλογες προσομοιώσεις.

Βασικό χαρακτηριστικό των ΤΠΕ είναι η δυνατότητα αναπαράστασης της πληροφορίας και ειδικά των στοιχείων μιας προσομοίωσης με διασυνδεδεμένα κείμενα και με τη χρήση γραφικών, κινητών εικόνων (animation), ήχου και video εικόνας. Δημιουργήθηκαν έτσι διάφορα *πακέτα εκπαιδευτικών προγραμμάτων/ λογισμικών (CD-ROM)*, που ενσωματώνουν τεχνικές πολυμέσων, χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη φιλικότητα στη διασύνδεση Η/Υ και μαθητών και βελτιώνουν την αληθοφάνεια των αναπαραστάσεων, στοιχεία που φαίνεται να συντελούν στην αποδοτικότητα της γνώσης που προσπαθεί να μεταδώσει το σύστημα. Συνήθως τα εκπαιδευτικά αυτά πακέτα είναι «κλειστού περιεχομένου» με την έννοια ότι περιέχουν όλα όσα υποθέτουν οι σχεδιαστές ότι θα πρέπει να μάθουν οι μαθητές/ χρήστες.

Η *εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality)*, αποτελεί ένα καινοτομικό μηχανισμό επικοινωνίας ανθρώπου- λογισμικού περιβάλλοντος που προσπαθεί να φέρει τον άνθρωπο σε αμεσότερη σχέση με την πραγματικότητα. Εδώ οι χειρισμοί του συστήματος, η αλληλεπίδραση με αυτό και η μορφή απεικονίσεων έχουν πιο αληθοφανή και απόλυτη μορφή.

Στην πράξη όμως όλα αυτά, τα περιβάλλοντα των ΤΠΕ, που περιγράψαμε (προσομοιώσεις – εικονικά μοντέλα – εκπαιδευτικά προγράμματα/ λογισμικά CD-ROM – εικονική πραγματικότητα) αποτελούν εξέλιξη και είδος της προσομοίωσης, ανάλογη και με την εξέλιξη των δυνατοτήτων των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και των εφαρμογών τους, εφόσον αυτό που κάνουν είναι να δημιουργούν αναπαραστάσεις του «φυσικού» ή «εργαστηριακού» κόσμου άλλοτε λιγότερο κι άλλοτε περισσότερο αληθοφανείς.

Ταυτόχρονα σχεδόν με την εισαγωγή των προσομοιώσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία προέκυψε και η ανάγκη για τη διδακτική και την παιδαγωγική τους αξιολόγηση, μέσα από *κριτήρια επιλογής* που θα διασφαλίζουν την καταλληλότητά τους για εκπαιδευτική χρήση.

Οι έρευνες σχετικά με τα «κατάλληλα» χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχουν τα προγράμματα υπολογιστών, που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση, χωρίζεται σε δύο ομάδες. Η μία αντιπροσωπεύει έρευνες που έγιναν στις αρχές τις δεκαετίας του '80 και η δεύτερη από τις αρχές της δεκαετίας του '90 και μετά. Οι διαφορές αυτές αντανακλούν και τις εξελίξεις στη τεχνολογία των υπολογιστών.

Το λογισμικό, τα τελευταία χρόνια, έγινε περισσότερο αλληλεπιδραστικό και περισσότερο προσανατολισμένο στο χρήστη. Στη διδακτική των ΦΕ και στο πλαίσιο του εποικοδομισμού (ως κυρίαρχο ρεύμα της διδακτικής των ΦΕ) υπάρχουν κάποια κριτήρια αξιολόγησης για τη χρήση των προσομοιώσεων στην εκπαίδευση. Αν και τα κριτήρια αυτά μπορεί να διαφέρουν από έρευνα σε έρευνα φαίνεται ότι κάποια από αυτά μπορεί να αποτελέσουν «γενική ομπρέλα» που καλύπτει τα υπόλοιπα. (Squires & McDougal, 1994;

Παπάς, 1989; Mayes & Fowler, 1999; Ράπτη & Ράπτης, 1999; Higgins, Boone & Williams, 2000; Μακράκης, 2000).

Οι έρευνες έδειξαν ότι ένα περιβάλλον/λογισμικό θα πρέπει να καλύπτει, τουλάχιστον, τα παρακάτω κύρια χαρακτηριστικά για να θεωρείται ότι μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά στον εποικοδομητικό τρόπο εκπαίδευσης:

- α) οι έννοιες θα πρέπει να είναι παρούσες και διαθέσιμες για σύγκριση από τον χρήστη,
- β) οι έννοιες που παρουσιάζονται πρέπει να σχετίζονται με την εμπειρία του μαθητή και να είναι τέτοιες που να μπορεί να τις κατανοήσει και
- γ) θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να επεκτείνουν το μοντέλο και να το συγκρίνουν με τις δικές τους νοητικές κατασκευές.

Σήμερα θεωρείται ως το σημαντικότερο, ίσως, χαρακτηριστικό ενός λογισμικού που μπορεί να χαρακτηριστεί «εποικοδομητικό», η *αλληλεπίδραση/διαδραστικότητα (interactivity)*. Για να είναι η αλληλεπίδραση αυτή αποτελεσματική, το λογισμικό θα πρέπει να εμφανίζει ορισμένα χαρακτηριστικά όπως τα παρακάτω:

- α) Άμεση απόκριση,
- β) Μη γραμμική πρόσβαση στη πληροφορία,
- γ) Προσαρμοστικότητα, με την έννοια ότι το λογισμικό έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται στις πληροφορίες που εισάγονται από τον χρήστη,
- δ) Αμφίδρομη επικοινωνία, με την έννοια ότι οι πληροφορίες παρουσιάζονται και από τον χρήστη και από το πρόγραμμα και
- ε) Κατάλληλο χρόνο αναμονής μεταξύ των απαντήσεων του χρήστη.

Αυτοί οι παράγοντες είναι σημαντικοί γιατί επιτρέπουν στον μαθητή να ελέγχει, κατά κάποιο τρόπο, το περιβάλλον μάθησης και έτσι να μεγιστοποιεί τα τυχόν μαθησιακά αποτελέσματα.

Θεωρείται επίσης ότι υπάρχουν, τουλάχιστον, πέντε βασικά κριτήρια σχεδιασμού των λογισμικών που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη έτσι ώστε τα παραγόμενα λογισμικά να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες αντιλήψεις της διδασκαλίας και μάθησης των ΦΕ:

1. Θα πρέπει οι έννοιες να παρουσιάζονται καθαρά και να είναι επιλεγμένες έτσι ώστε να αποτελούν ένα καλό πλαίσιο που να προωθεί την εννοιολογική αλλαγή.
2. Το λογισμικό θα πρέπει να είναι εύχρηστο από όλους αυτούς που απευθύνεται. Όλοι οι χρήστες του προγράμματος δεν μπορεί να έχουν την ίδια ευχέρεια χρήσης. Μερικοί μπορεί να είναι experts και άλλοι αρχάριοι. Το λογισμικό δεν πρέπει να υποθέτει ότι όλοι είναι έμπειροι χρήστες.
3. Το λογισμικό θα πρέπει να παρέχει παραδείγματα που είναι σχετικά και κοινά με την εμπειρία και τα βιώματα του χρήστη.
4. Ο χρήστης θα πρέπει να μπορεί να τροποποιήσει το λογισμικό και να το προσαρμόσει στις δικές του ανάγκες, που είναι απαραίτητες για τη δική του γνωστική ανάπτυξη.
5. Θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις εναλλακτικές απόψεις των χρηστών και να επιτρέπει την διαπραγμάτευσή τους έτσι ώστε να μπορούν να συζητηθούν και να συγκριθούν με τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις.

Τα προηγούμενα αφορούν γενικά το λογισμικό που χρησιμοποιείται ή σχεδιάζεται για χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση των ΦΕ. Μια κατηγορία τέτοιου λογισμικού είναι και οι προσομοιώσεις και συνεπώς οφείλουν να καλύπτουν τα παραπάνω κριτήρια και χαρακτηριστικά.

β) Το Εργαστήριο βασισμένο σε υπολογιστή (Microcomputer Based Laboratory) στη διδασκαλία-μάθηση των ΦΕ.

Διαφορετικό περιβάλλον με τις προσομοιώσεις αποτελούν τα εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή (Microcomputer Based Laboratory - MBL) ή Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης (ΣΣΛΑ), όπως επικράτησε ο όρος στην Ελλάδα. Ο υπολογιστής κατάλληλα συνδεδεμένος με ειδικά αισθητήρια (απόστασης, θερμοκρασίας, ακτινοβολιών κλπ.) και βέβαια με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού, συλλέγει μετρήσεις από πραγματικές πειραματικές διατάξεις ή το περιβάλλον, τις επεξεργάζεται και εμφανίζει κατάλληλα προσαρμοσμένο το αποτέλεσμα στην οθόνη. Προσομοιάζει στην ουσία τα εργαστηριακά

όργανα για μετρήσεις πραγματικών φαινομένων και πειραμάτων. Το MBL θεωρείται ότι ευνοεί ιδιαίτερα τη μάθηση των ΦΕ, εφόσον, μέσα από δημιουργική διερεύνηση, συνδυάζεται το πείραμα και το προς εξέταση φαινόμενο με αντικείμενα του πραγματικού κόσμου. (Gagne & Glaser 1987; Tinker & Thornton, 1992; Κόμης, 1996; Σολωμονίδου, 2006)

Τα πλεονεκτήματα του εργαστηρίου MBL σχετικά με την διδακτική τους αξία, μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

1. Ευκολία στο χειρισμό της διάταξης και τη λήψη μετρήσεων. Όλες οι επιλογές, ρυθμίσεις, εξηγήσεις και οδηγίες γίνονται με το κατάλληλο πρόγραμμα.
2. Ταχύτητα και ακρίβεια των μετρήσεων. Υπάρχουν περιπτώσεις που μια κλασική μέτρηση είναι αδύνατη ή απαιτεί πολλή ώρα, ενώ με τον υπολογιστή γίνονται οι μετρήσεις γρήγορα, με λεπτομέρεια στις μεταβολές και ελάχιστη απώλεια πληροφορίας.
3. Κατανοητή ερμηνεία και απεικόνιση. Πολλά κλασικά όργανα έχουν δυσανάγνωστη και δυσνόητη ένδειξη μετρήσεων ενώ ο Η/Υ αναλαμβάνει την οπτικοποίηση με κατανοητή μορφή και με διάφορες εναλλακτικές αναπαραστάσεις και μορφές, κατάλληλες για κάθε περίπτωση.
4. Ταυτόχρονη επεξεργασία και εκμετάλλευση των τιμών των μετρήσεων.
5. Αυτόματη ποσοτική και χρονική καταγραφή των μεταβολών μαζί με πλήθος συνοδευτικών πληροφοριών, για αρχειοθέτηση και μεταγενέστερη χρήση.
6. Άμεση κατασκευή διαγραμμάτων, βάσει των μετρήσεων, ως προς τις διάφορες μεταβλητές και συνδυασμό αυτών.
7. Άμεση εξαγωγή συμπερασμάτων, σύγκριση και εξαγωγή στατιστικών, διαδικασίες που είναι χρονοβόρες με τα συμβατικά μέσα.
8. Οι μετρήσεις ή οι γραφικές αναπαραστάσεις μπορούν να εξαχθούν άμεσα σε άλλα προγράμματα του υπολογιστή (π.χ. επεξεργασίας κειμένου ή υπολογιστικά φύλλα.)
9. Αυτόματος έλεγχος άλλων διατάξεων και «έξυπνη» αντιμετώπιση καταστάσεων, αναμενόμενων ή μη.
10. Ευέλικτο, πρακτικό και οικονομικό εργαστήριο. Με μια μόνο συσκευή, τον υπολογιστή, μπορεί να προσομοιωθεί οποιοδήποτε όργανο και να γίνει οποιαδήποτε μέτρηση σε πληθώρα εφαρμογών.
11. Πλεονεκτούν, έναντι άλλων εφαρμογών των ΤΠΕ, επειδή περιγράφουν την ίδια την πραγματικότητα κι όχι αναπαράσταση ή μοντέλο της πραγματικότητας.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΤΠΕ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ /ΜΑΘΗΣΗ ΤΩΝ ΦΕ

Η χρήση των ΤΠΕ στην σχολική πραγματικότητα, όμως σε σχέση με το κλασικό εργαστήριο των ΦΕ, παρουσιάζει όχι μόνο πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα, που προκύπτουν, είτε από το σχεδιασμό τους είτε από εφαρμογή τους στη τάξη. (Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1996; Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2009)

α) Πλεονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ

1. Η χρήση των ΤΠΕ παρέχει περιβάλλον, εργαλεία και διαδικασίες ελεύθερης ή κατευθυνόμενης διερεύνησης και ανακάλυψης, που εκτός από τη μάθηση του γνωστικού περιεχομένου, εξασκεί και τον κριτικό τρόπο σκέψης (κυρίως στη μοντελοποίηση και το μικρόκοσμο).
2. Γίνεται επιθυμητή επιτάχυνση ή επιβράδυνση της χρονικής κλίμακας, πράγμα αναγκαίο για την μελέτη φυσικών φαινομένων που απαιτούν πολύ χρόνο να γίνουν ή οι ρυθμοί τους δεν γίνονται διακριτοί με το μάτι.
3. Μπορούν να τροποποιηθούν κατάλληλα οι γεωμετρικές διαστάσεις των αντικειμένων και η μεταξύ τους σχετική κλίμακα.
4. Είναι οικονομική και εφικτή σε σχέση με τα κλασικά εργαστήρια των ΦΕ.
5. Είναι ασφαλή, κυρίως για μελέτη καταστάσεων και φαινομένων που εμπεριέχουν κινδύνους για την υγεία.

6. Υπάρχει δυνατότητα εύκολων και συνεχών επαναλήψεων του φαινομένου που διαπραγματεύεται κανείς, μέσω των ΤΠΕ, με τις αναγκαίες τροποποιήσεις κάθε φορά μέχρι πλήρους επιτυχίας του.
7. Υπάρχει ελάχιστος φόβος και επιφύλαξη εκ μέρους των μαθητών στη λειτουργία τους και τους παρέχει κίνητρα (για παράδειγμα: ο υπολογιστής είναι ελκυστικός ως μέσο, κατάλληλο περιβάλλον για υλοποίηση δημιουργικών ιδεών, μη άμεσος έλεγχος από το διδάσκοντα κ.ο.κ.).
8. Παρέχουν κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών, για παράδειγμα μέσα από την αντιμετώπιση κοινών προβλημάτων.
9. Δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να μεταφέρουν και σε πραγματικές και καθημερινές καταστάσεις τις χειριστικές δεξιότητες, που ασκούν στο σχολείο.

β) Μειονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ

1. Η πραγματικότητα είναι πολύπλοκη και πιθανόν η μετάβαση στις προσομοιωμένες καταστάσεις, ακόμα και για τους καταρτισμένους χρήστες, να εισάγει αρκετά κενά αισθητηριακά και χειριστικά.
2. Υπερβολική αφαίρεση στοιχείων και μεγάλες παραδοχές αποπροσανατολίζουν την κατανόηση των φαινομένων, με αποτέλεσμα να δημιουργούν εντελώς εσφαλμένη αντίληψη γι' αυτά.
3. Μια προσομοίωση δεν μπορεί πάντα να προβλέπει και να ενσωματώνει τους αστάθμητους παράγοντες, που πιθανά επηρεάζουν την εξέλιξη ενός πραγματικού φαινομένου.
4. Υπάρχουν θέματα αξιολόγησης του περιεχομένου, από επιστημονική άποψη. Αρκετές φορές το φτωχό περιβάλλον ή η λειτουργικότητα, που προέρχονται από μη πετυχημένη σχεδίαση του μοντέλου που απεικονίζει την πραγματικότητα, αλλοιώνουν τις επιστημονικές έννοιες που διαπραγματεύονται.
5. Η αποκλειστική χρήση των προσομοιώσεων μπορεί να μεταδώσει εσφαλμένη ιδέα στους μαθητές, εάν δεν έρθουν καθόλου σε επαφή και με το πραγματικό μέσο ή το φυσικό περιβάλλον που λαμβάνει χώρα το προς μελέτη φαινόμενο.
6. Τέλος υπάρχει ακόμα περιορισμένη βιβλιογραφία και ερευνητική υποστήριξη, σχετικά με τη χρήση και κυρίως με τα μαθησιακά αποτελέσματα της εφαρμογής των ΤΠΕ, στη διαδικασία της διδασκαλίας και μάθησης των ΦΕ κατά την εκπαιδευτική πράξη.

Κυρίαρχο στοιχείο για την επιτυχή έκβαση μιας διδασκαλίας δεν θεωρείται τόσο η φύση ή η τεχνολογία του μέσου που θα χρησιμοποιηθεί, αλλά ο σωστός σχεδιασμός του διδακτικού υλικού, ώστε κατά την παρουσίαση του να ενεργοποιούνται ταυτόχρονα όσο το δυνατόν περισσότερες δυνατότητες των μαθητών. Κριτήριο επομένως για την επιλογή ενός μέσου δεν μπορεί να είναι μόνο η καλή εικονογράφηση ή η πληθώρα της πληροφορίας αλλά και η παράλληλη ενεργοποίηση της συνολικής σκέψης του χρήστη. Εξάλλου ο δρόμος προς την γνώση δεν είναι μονόδρομος, γι' αυτό και μια αποτελεσματική διδασκαλία επιτρέπει σε κάθε μαθητή να βρει και να ακολουθήσει τον δρόμο του. (Σιμάτος, 1995)

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα προβλήματα λοιπόν, που αναδείχθηκαν από τη βιβλιογραφική αναζήτηση, σχετικά με τη χρήση των πειραμάτων από μέρους εκπαιδευτικών (π.χ. ακατάλληλο διδακτικό πείραμα, επικίνδυνα υλικά, μη κατανόηση της πειραματικής μεθοδολογίας, παρανόηση των πειραματικών αποτελεσμάτων, «μυθοποίηση» των υλικών και των πειραμάτων ή και «απόρριψη» του πειράματος που προκύπτει από την αναποτελεσματικότητα του), καλούνται οι ΤΠΕ να τα καλύψουν όσο μπορούν και να μειώσουν την αναποτελεσματικότητα της μάθησης, χωρίς βέβαια να καταργείται το κλασικό πείραμα και να αμφισβητούνται τα διδακτικά του οφέλη.

Γενική παραδοχή, φαίνεται να αποτελεί το γεγονός ότι οι προσομοιώσεις (σε οποιαδήποτε μορφή κι αν συναντιούνται) δεν ταυτίζονται με την πραγματικότητα. Αποτελούν

μια μεταφορά της στον υπολογιστή και υπόκεινται σε περιορισμούς και αφαιρέσεις που οφείλονται στο μέσο (δυνατότητες υπολογιστών), στο σκοπό κατασκευής του προγράμματος και στις διδακτικές ανάγκες. Το σημαντικό πλεονέκτημα τους είναι ότι με τη χρήση τους μπορεί κανείς να αναπαραστήσει και να παρατηρήσει φαινόμενα που είναι δύσκολο έως αδύνατο να παρατηρηθούν, με διαφορετικό τρόπο, είτε στη φύση είτε στο εργαστήριο.

Επίσης το Microcomputer Based Laboratory - MBL ή Συστήματα Συγχρονικής Λήψης και Απεικόνισης-ΣΣΛΑ, είναι ένας άλλος τρόπος χρήσης των ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ. Το σημαντικό είναι ότι οι μετρήσεις και η επεξεργασία μπορεί να γίνουν σε πραγματικό χρόνο και έτσι να παρατηρηθεί το φαινόμενο και οι μεταβολές του, με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτή των παραδοσιακών οργάνων μέτρησης σε ένα εργαστήριο. Ακόμα η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων δίνει τη δυνατότητα να γίνουν μετρήσεις σε μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς τη παρουσία του παρατηρητή και η επεξεργασία τους να γίνει στον κατάλληλο χρόνο. Τέλος η επεξεργασία και η εξαγωγή συμπερασμάτων μπορεί να γίνει άμεσα. Σε όλα αυτά έγκειται και η εκπαιδευτική χρησιμότητά του MBL (ή ΣΣΛΑ) στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ.

Στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ η χρήση των ΤΠΕ (μέσα από τις προσομοιώσεις και το MBL) καλείται να αλλάξει τη μορφή διεξαγωγής των πειραμάτων και να δημιουργήσει τις προϋποθέσεις για πληρέστερη και αποτελεσματικότερη μελέτη των φαινομένων.

Από τη μια μεριά ο μαθητής τώρα γίνεται ο ίδιος ερευνητής και με την κατάλληλη καθοδήγηση ανακαλύπτει και μαθαίνει το περιβάλλον του. Η εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων, που προαναφέρθηκαν, επιλύουν αρκετά προβλήματα κατανόησης από μέρους των μαθητών και προσδίδουν νέο ρόλο στην εκπαιδευτική χρήση των ΤΠΕ.

Από την άλλη ο ρόλος του εκπαιδευτικού κατά την χρήση των ΤΠΕ στη διάρκεια της διδασκαλίας, δεν περιορίζεται αλλά αντίθετα διευρύνεται από τον «παραδοσιακό» ρόλο που καλούταν να παίξει ως τώρα. Οι ευθύνες του απέναντι στις διδακτικές του υποχρεώσεις μεγαλώνουν και πρέπει να προετοιμαστεί και να βοηθηθεί κατάλληλα ώστε να μπορέσει να πετύχει, με την εφαρμογή των ΤΠΕ, τα πιο ισχυρά μαθησιακά οφέλη για τους μαθητές του.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχοντας υπόψη τα ευρήματα της βιβλιογραφικής αναζήτησης σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τις αδυναμίες, τόσο του «κλασικού» εργαστηρίου και του πειράματος όσο και της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πράξη, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:

α) Η χρήση του ενός είδους δεν αποκλείει το άλλο, αντίθετα μια επιτυχημένη διδασκαλία στις ΦΕ είναι απαραίτητο να εμπεριέχει όσες μπορεί περισσότερες μορφές πειραμάτων (εργαστηριακών ή με χρήση ΤΠΕ), αρκεί η επιλογή να γίνεται με βάση το προς διαπραγμάτευση περιεχόμενο και τις δυνατότητες του εκπαιδευτικού και των μαθητών.

β) Όποιο είδος πειράματος και αν επιλεγθεί απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό, από το μέρος του εκπαιδευτικού, για να έχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

γ) Η εμπλοκή των μαθητών με όλη τη διαδικασία θεωρείται απαραίτητη. Μέσα από τα υλικά, τις διατάξεις και τα αποτελέσματα των πειραμάτων, των σωστά σχεδιασμένων φύλλων εργασίας και των ακριβή οδηγιών για τον τρόπο χρήσης των μέσων που χρησιμοποιούνται, αυξάνεται η πιθανότητα για αποτελεσματικότερη μάθηση.

δ) Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να επιμορφωθούν και να ασκηθούν, τόσο στην εφαρμογή, στην αξιολόγηση και στο ρόλο, που παίζουν τα «κλασικά» και τα «νέα» πειράματα των ΤΠΕ, όσο και στις διδακτικές μεθοδολογίες που θεωρούνται κατάλληλες για μια αποτελεσματική χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πράξη κατά τη διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών.

ε) Γενικά από τη βιβλιογραφική αναζήτηση αναδείχθηκε η σημαντική εκπαιδευτική αξία της χρήσης των προσομοιώσεων και του εργαστηρίου βασισμένου σε υπολογιστή (MBL) κατά τη διδασκαλία των ΦΕ. Μέσα από τα εργαλεία αυτά των ΤΠΕ μπορεί κανείς να παρατηρήσει φαινόμενα (φυσικά ή εργαστηριακά) που είναι δύσκολο ως αδύνατο να παρατηρηθούν με διαφορετικό τρόπο. Το σημαντικότερο είναι ότι μπορεί ο χρήστης να παρατηρήσει το φαινόμενο όσες φορές επιθυμεί, από όποια πλευρά θέλει, να μεταβάλλει παραμέτρους που το επηρεάζουν και να παρατηρήσει ή και να μετρήσει τις επιπτώσεις, πάντα

βέβαια κάτω από τους περιορισμούς του λογισμικού, του υπολογιστή και του εκπαιδευτικού πλαισίου.

στ) Τέλος επισημαίνεται ότι οι εξελίξεις στη τεχνολογία των υπολογιστών δίνουν τη δυνατότητα να κατασκευάζονται ολοένα και πιο «πιστά» αντίγραφα της πραγματικότητας. Η εισαγωγή όμως πολλών παραμέτρων στα φαινόμενα, είναι πιθανό να δημιουργήσει περισσότερες παρανοήσεις στους μαθητές από όσες θα λύσει. Για το λόγο αυτό απαιτείται περισσότερη διερεύνηση κι έρευνα, για το πώς και τι είδους περιβάλλοντα των ΤΠΕ θα χρησιμοποιηθούν στην εκπαιδευτική πράξη, ώστε να βοηθήσουν αποτελεσματικά τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989). *Science for all Americans*. A Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology. Washington, DC: AAAS.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1993). *Benchmarks for scientific literacy*. Oxford: Oxford University Press.

Duit, R. and Treagust, D. (1998). Learning in Science – From Behaviorism Towards Social Constructivism and Beyond. In: B. Fraser & K. Tobin (Eds), *International Handbook of Science Education*. GB: Kluwer Academic Publishers, 3-25

Duit R. and Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25 (6), 671-688.

Gagne, R., & Glaser, R. (1987). *Foundations in learning research*. In R.M Gagne (Ed.), *Instructional technology foundations*. NJ: Erlbaum: Hillsdale.

Ganiel, U., Hofstein, A. (1982). Objective and Continuous Assessment of Students Performance in the Physics Laboratory. *Science Education*, 66 (4), 581-591.

Gott, R. (1987). The assessment of practical investigations in science. *The School Science Review* (Mar), 411-421.

Higgins, K., Boone, R., & Williams, D. (2000). Evaluating Educational software for Special Education. *Intervention in School and Clinic*, 36 (2), 109-15.

Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

Hofstein, A and Lunetta, V.N. (1982).The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52 (2), 201-217.

Hofstein, A and Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28-54

Leach, J. (1999). Learning science in the laboratory: The importance of epistemological understanding. In: J. Leach and A.C. Paulsen (eds). *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies*. Roskilde University Press, 134-147.

Lunetta, V.N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In: B. Fraser & K. Tobin (Eds), *International Handbook of Science Education*. GB: Kluwer Academic Publishers, 249-262

Mayes, J., & Fowler, C. (1999). Learning technology and usability: a framework for understanding courseware. *Interacting with computers*, vol. 11, issue 5, 485-497.

Millar, R. & Osborne, J. (Eds.), (1998), *Beyond 2000: Science Education for the future*. London: King's College London.

Millar, R., Marécal, J. & Tiberghien, A. (1999). “Mapping” the domain Varieties of practical work. In: J. Leach and A.C. Paulsen (eds). *Practical Work in Science Education – Recent Research Studies*. Roskilde University Press, 33-59.

Psillos, D., Niedderer, H. & Séré, M.G. (1998). Effectiveness of Labwork as defined from case studies of different types of Labwork. In *Labwork in Science education*. Project PL 95-2005 - WORKING PAPER 8. 1998. EUROPEAN COMMISSION.

Squires, D., & McDougall, A. (1994). *Choosing and using educational software: a teacher's guide*. London: The Falmer Press, 3-5, 17-40, 72-110.

Tinker, R.F. & Thorton, R.K. (1992) *Constructing Student Knowledge in Science in New Directions in Educational Technology*. New York, Springer-Verlag, 153-170

Tobin, K., Tippins, D.J. and 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 Publishing Company.

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

Ελληνόγλωσση

Βεζυρτζής, Ι., Λυκίδης, Δ., Μπινιάρης, Ε., Πατεράκης, Α., Πατσαδάκης, Ε., Τσελφές, Β. και Χατζοπούλου, Β. (1999). Το πείραμα στις διδακτικές πρακτικές των εκπαιδευτικών της Α' βάθμιας Εκπαίδευσης. Στο: *Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Φυσικής*, Τόμος Α', Αθήνα: ΕΕΦ, 203-207.

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη, Γράφημα.

Κόμης, Β.(1996). Πληροφοριακά Περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης. Ανασκόπηση, εξέλιξη, τυπολογία και προοπτικές. *Παιδαγωγικός λόγος* 2, 50-80.

Κόμης, Β.(2005). *Εισαγωγή στη Διδακτική της Πληροφορικής*. Αθήνα: Κλειδάριθμος
Κουμαράς, Π. (1998). Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών Ι, ΑΠΘ-ΠΤΔΕ, ΔΔΕ Δημήτρης Γληνός, Θεσσαλονίκη.

Μακράκης, Β. (2000). *Υπερμέσα στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Μεταίχμιο, 27-36.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2003). Οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Κριτική θεώρηση και προτάσεις. Στο Ε. Τσιτοπούλου, Χ. Χαλέτσος & Π. Φιλντίσης (Επιμ.), *Πρακτικά 8^{ου} Κοινού συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών: «Προοπτικές, εξελίξεις και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»*, τ. Α. Αθήνα: ΕΕΦ, 22-28.

Μπισδικιάν, Γ., Ψύλλος, Δ. (1996). Οι προσομοιώσεις μέσω υπολογιστών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, ΑΠΘ-ΠΤΔΕ, Θεσσαλονίκη.

Ολυμπίου, Γ., & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών*, 621-631.

Παπάς, Γ. (1989). *Η πληροφορική στο σχολείο. Υλικό, Λογισμικό, Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών*. Αθήνα: Συμεών, 123-127.

Πατσαδάκης, Μ., Χατζοπούλου, Β. και Τσελφές, Β. (2000). Απόψεις Εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για τον Διδακτικό Χειρισμό των Γνώσεων των Μαθητών από την Καθημερινή Ζωή, στα Μαθήματα ΦΕ. Στο: Νίκος Βαλανίδης (επιμ.), *Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου*, Λευκωσία: Τυπογραφείο Imprinta Ltd., Τόμος ΙΙ, σσ. 61-69.

Ράπτης, Α., & Ράπτη, Α., (1999), *Πληροφορική και Εκπαίδευση. Συνολική Προσέγγιση. Α' Τόμος*. Αθήνα: Α. Ράπτης.

Σιμάτος, Α. (1995). *Τεχνολογία και Εκπαίδευση*. Αθήνα: Πατάκης.

Σολωμονίδου, Χ. (1999). *Εκπαιδευτική Τεχνολογία. Μέσα, Υλικά, διδακτική χρήση και αξιοποίηση*. Αθήνα: Καστανιώτη.

Σολωμονίδου, Χ. (2006), *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία, Επικοινωνιασμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.