

**Η συμβολή των δυναμικών οπτικοποιήσεων στη διδασκαλία/μάθηση
φυσικών, μηχανικών και πειραματικών διαδικασιών
Μια εφαρμογή σε φοιτητές/υποψήφιους δασκάλους και
επιμορφούμενους δασκάλους στο Παιδ. Τμήμα Δημ. Εκπαίδευσης**

Κοσμάς Μ. Δενδρινός, Γεώργιος Θ. Καλκάνης
Τομέας Φυσικών Επιστημών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημ. Εκπαίδευσης Ε.Κ.Π.Α.
kdendrinos@primedu.uoa.gr

Περίληψη. Καθώς επιχειρείται η ενίσχυση της διδασκαλίας των φυσικών στο δημοτικό σχολείο με την ενσωμάτωση αντίστοιχου εκπαιδευτικού λογισμικού, προέκυψε η ανάγκη για την ερευνητική θεώρηση των παραμέτρων που αφορούν σε μια τέτοια αναδιοργάνωση της διδασκαλίας. Η εργασία αυτή συνίσταται στη μελέτη των χαρακτηριστικών που θα πρέπει να έχει ένα λογισμικό με δυναμικές οπτικοποιήσεις ώστε να προάγει τη μάθηση φυσικών, μηχανικών και πειραματικών διαδικασιών. Σχεδιάστηκε ένα εκπαιδευτικό λογισμικό σύμφωνα με τις αρχές όπως προκύπτουν από τη βιβλιογραφία και ενταγμένο στα στάδια μιας κατευθυνόμενης ανακαλυπτικής διδακτικής προσέγγισης. Το περιεχόμενό του καλύπτει ένα μεγάλο μέρος της ύλης της Ε΄ και Στ΄ τάξης της φυσικής του Δημοτικού σχολείου και περιλαμβάνει -εκτός των άλλων- δυναμικές οπτικοποιήσεις των αντίστοιχων πειραματικών διαδικασιών. Εφαρμόστηκε σε φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών και τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση των δεδομένων είναι ενθαρρυντικά ως προς την συνεισφορά των δυναμικών οπτικοποιήσεων στη διεξαγωγή και ερμηνεία πειραματικών διαδικασιών.

Εισαγωγή

Ο ενθουσιασμός για τα γραφικά όλων των ειδών βασίζεται στην πεποίθηση ότι είναι ωφέλιμα στην κατανόηση και τη γνώση και υιοθετούν την εσωτερικότητά της (Levie & Lentz 1982, Larkin & Simon, 1987, Winn, 1987,1989, Levin & Mayer 1993, Schnotz & Kulhavy, 1994, Tversky, 1995, 2001, Sceife & Rogers 1996). Έχουν προβληθεί πολλά από τα πλεονεκτήματα των γραφικών. Προσφέρουν έναν επιπλέον τρόπο να μορφοποιούν την πληροφορία, δύο κώδικες, τον εικονικό και το λεκτικό. Επίσης μπορεί να είναι καλαίσθητα ή χιουμοριστικά, να προσελκύουν την προσοχή και να διατηρούν το ενδιαφέρον. Ακόμα μπορούν να περιγράψουν πράγματα με πιο σύντομο τρόπο απ' ότι οι λέξεις. (Tversky & Morrison, 2002)

Η χρήση γραφικών για να αναπαραστήσουν ορατά αντικείμενα ή έννοιες είναι εξαπλωμένη χωροχρονικά. Η χρήση όμως γραφικών για την απεικόνιση σχέσεων ανάμεσα σε μεγέθη μη ορατά αποτελεί σύγχρονο δυτικό επίτευγμα. (Beniger & Robyn, 1978, Tute, 1983, Carswell & Wickens, 1988) Δεδομένης της λειτουργικότητάς τους η συνεισφορά τους στη μάθηση είναι ευρεία. (Tversky & Morrison, 2002)

Δυναμικές οπτικοποιήσεις

Οι δυναμικές οπτικοποιήσεις αποτελούν μία από τις πιο σύγχρονες μορφές γραφικών. Ο όρος δυναμική οπτικοποίηση αναφέρεται σε μία καθορισμένα κινούμενη εικόνα.. Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτού του ορισμού είναι: (1) εικόνα – η δυναμική οπτικοποίηση αποτελεί μία οπτική αναπαράσταση, (2) κινούμενη – γιατί αποτυπώνει μία κίνηση και (3) καθορισμένα

– αποτελείται από αντικείμενα που δημιουργήθηκαν τεχνητά είτε με σχέδιο είτε με άλλες μεθόδους προσομοίωσης (Mayer, 2002)

Από τη στιγμή που εμπεριέχει την κίνηση στην εικόνα, είναι και ο πιο φυσικός τρόπος να αποδοθεί η κίνηση ρεαλιστικά και μεταφορικά. Η χρήση του Υπολογιστή που διευκόλυνε το σχεδιασμό οπτικοποιήσεων και το μεγάλο εύρος των εφαρμογών του δημιούργησε έναν μεγάλο αριθμό υποστηρικτών των οπτικοποιήσεων στην εκπαίδευση. (Tversky & Morrison, 2002,)

Μοντέλα επεξεργασίας της εικονικής και της λεκτικής επεξεργασίας

Παρόλο που ετησίως σχεδιάζονται και κυκλοφορούν πολλά λογισμικά, μόνο το 5% -10% αξιολογούνται ως καλής ποιότητας όσον αφορά τη διδακτική τους εφαρμογή. Αυτό συμβαίνει γιατί σπάνια ένα εκπαιδευτικό λογισμικό έχει σχεδιαστεί με βάση μια γνωστική θεωρία μάθησης καθώς δεν υπάρχει το θεωρητικό πλαίσιο για το σχεδιασμό του λογισμικού. (Baker & O’Neil, 1994) Συνήθως ένα εκπαιδευτικό λογισμικό σχεδιάζεται με βάση τις τεχνολογικές δυνατότητες του Υπολογιστή και όχι με βάση τα δεδομένα των ερευνών για το πώς μαθαίνουν οι μαθητές με τη χρήση του Υπολογιστή. Επομένως χρειάζεται ένα υψηλού επιπέδου λογισμικό που να στηρίζεται στις θεωρίες μάθησης. (Rezai & Kentz, 2002)

Έχουν διαμορφωθεί μέσα από την έρευνα διάφορες θεωρίες σχετικά με τη συνεισφορά του εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία και τη μάθηση κυρίως φυσικών, μηχανικών και πειραματικών διαδικασιών. Ανάμεσά τους είναι τα παρακάτω.

Γνωσιακή θεωρία της μάθησης με Πολυμέσα του Mayer

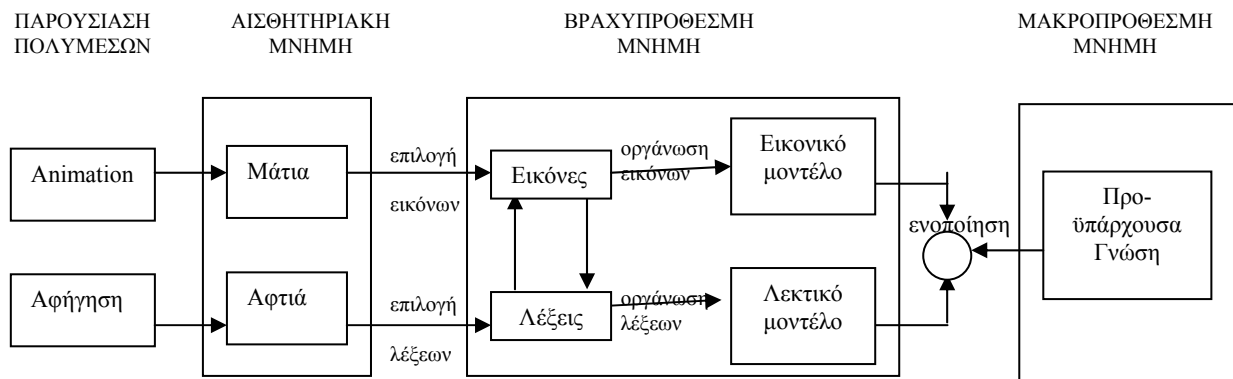
Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, μάθηση με κατανόηση συντελείται όταν οι μαθητές δημιουργούν συνεκτικές μαθησιακές αναπαραστάσεις (Mayer, 1996). Η γνωσιακή θεωρία της μάθησης με πολυμέσα βασίζεται σε τρεις θεωρίες που προτείνονται από τις σχετικές έρευνες:

(1) η θεωρία της διπλής κωδικοποίησης, που υποστηρίζει ότι οι άνθρωποι έχουν ξεχωριστούς διαύλους επεξεργασίας των οπτικών/εικονικών αναπαραστάσεων και των ακουστικών/λεκτικών αναπαραστάσεων (Baddeley 1998, Paivio, 1986).

(2) η θεωρία της περιορισμένης χωρητικότητας, σύμφωνα με την οποία μόνο μία δεδομένη ποσότητα πληροφορίας μπορεί να επεξεργάζεται κάθε φορά σε κάθε δίαυλο επεξεργασίας. (Baddeley, 1998, Sweller, 1999) και

(3) η θεωρία της ενεργής επεξεργασίας, κατά την οποία η μάθηση με κατανόηση συντελείται όταν ο εκπαιδευόμενος εμπλέκεται σε γνωσιακές διεργασίες όπως είναι η επιλογή σχετικού υλικού, η οργάνωσή του σε συμπαγή αναπαράσταση και η ενσωμάτωσή της στην υπάρχουσα γνώση. (Mayer, 2002)

Το σχήμα (Εικ.1) συνοψίζει τη γνωσιακή θεωρία για τη μάθηση με πολυμέσα. Το animation εισέρχεται μέσω των ματιών, ο μαθητής επιλέγει μερικές από τις εικόνες για περαιτέρω επεξεργασία στον οπτικό δίαυλο, οργάνωνει τις εικόνες σε μία αιτιοκρατική αλληλουχία και την ενοποιεί με το λεκτικό υλικό και την προϋπάρχουσα γνώση.



Εικ. 1: Γνωσιακή θεωρία της μάθησης με πολυμέσα.

Μοντέλο κατανόησης δυναμικών συστημάτων των Narayanan και Hegarty

Οι Narayanan και Hegarty (2002) παρουσίασαν ένα μοντέλο κατανόησης δυναμικών συστημάτων που περιλαμβάνει πέντε βήματα για τη δόμηση μιας δυναμικής αναπαράστασης. Περιλαμβάνει μία αποσύνθεση όλων των στοιχείων, ανάλογα με την οπτική ή τη λεκτική τους φύση. Μία πρώτη οργάνωση οδηγεί σε στατικά νοητικά μοντέλα (ένα λεκτικό και ένα οπτικό) και τη δημιουργία συσχετίσεων ανάμεσά τους. Το δυναμικό νοητικό μοντέλο οικοδομείται μετά την αναγνώριση αιτιοκρατικών σχέσεων και μία τελική ενοποίηση. Έπειτα είναι δυνατή η νοητική αναπαράσταση της κίνησης του συστήματος και η κατανόηση της λειτουργίας του υπό άλλες πλέον συνθήκες. Η ποιότητα του νοητικού μοντέλου που δομεί κάποιος εξαρτάται από την ποιότητα του εκπαιδευτικού υλικού στο οποίο βασίστηκε. (Rebetz et al., 2005)

Μοντέλο της ενοποίησης κειμένου και γραφικών των Schnotz και Bannert

Το μοντέλο της ενοποίησης κειμένου και γραφικών των Schnotz και Bannert (2003) είναι πιο σύνθετο. Χωρίζει την τελική οργάνωση της γνώσης σε δύο μέρη. Σε πρώτο στάδιο γίνεται η συγκέντρωση της πληροφορίας καθώς δημιουργείται παράλληλα ένα νοητικό μοντέλο από την πληροφορία που επιλέγεται από το κείμενο και ένα νοητικό μοντέλο από την πληροφορία που επιλέγεται από την εικόνα. Οι δύο αναπαραστάσεις συσχετίζονται ισχυρά και έχουν παρόμοια δομή. Στη συνέχεια ακολουθεί η οργάνωση αυτής της γνώσης για τη δημιουργία ενός νέου νοητικού μοντέλου. (Rebetz κ.α., 2005)

Το ανακαλυπτικό μοντέλο των Resai και Katz

Η πορεία της εννοιολογικής αλλαγής μέσα από το ανακαλυπτικό μοντέλο όπως αποτυπώνεται στο σχεδιασμό του αντίστοιχου λογισμικού περιλαμβάνει τέσσερα στάδια:

A. Οπτικοποιημένα και βιντεοσκοπημένα πειράματα σχεδιάζονται στηριγμένα στη βιβλιογραφία σε θέματα που φαίνεται πως δυσκολεύουν περισσότερο τους μαθητές. (di Sessa, 1987, Dykstra et al, 1992, Halloun & Hestenes, 1985 a,b, Masur, 1997, Mestre, 1994, Trowbridge & McDermott, 1981)

Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε μια σειρά από καλοσχεδιασμένες ερωτήσεις προσπαθώντας να προβλέψουν και να αιτιολογήσουν την πρόβλεψή τους σχετικά με την πιθανή έκβαση του πειράματος που αναπτύσσεται στο βίντεο

B. Προσομοιώσεις και οπτικοποιήσεις συναφών περιπτώσεων προβάλλονται και οι μαθητές πάλι καλούμενοι να απαντήσουν σε μια σειρά από ερωτήσεις, συνδέουν προϋπάρχουσες γνώσεις με την καινούργια, προκειμένου να ενισχύσουν τα επιχειρήματά τους.

Γ. Ελέγχουν τις προβλέψεις τους με την πραγματική έκβαση του πειράματος, εκτελώντας το, και κατόπιν μελετούν οπτικοποιημένες παρόμοιες περιπτώσεις

Δ. Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει με τη χρήση του Υπολογιστή παρόμοιες περιπτώσεις και καλεί τους μαθητές με βάση αυτά που έμαθαν να δώσουν λύση σε προβληματικές περιπτώσεις που τις αφορούν.

Η πορεία της διδασκαλίας θα χαρακτηριζόταν, κυρίως κατά το Β και Δ στάδιο ως κατευθυνόμενη ανακαλυπτική.

Τα οπτικοποιημένα πειράματα, συμπληρώνουν τα πραγματικά πειράματα δίνοντας στους μαθητές τη δυνατότητα να δουν με μεγαλύτερη προσέγγιση αυτό που υπαγορεύει η θεωρία δημιουργώντας ιδανικές συνθήκες (Rezai & Kentz, 2002)

Βασικές αρχές της μάθησης με πολυμέσα

Από τα δεδομένα των ερευνών αυτών έγινε προσπάθεια να οριοθετηθούν κάποιες γενικές αρχές που θα πρέπει να διέπουν το σχεδιασμό λογισμικού με δυναμικές οπτικοποιήσεις.

Αρχή των πολυμέσων Η πρώτη αρχή υποστηρίζει ότι οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα με δυναμική οπτικοποίηση σε συνδυασμό με αφήγηση παρά μόνο με αφήγηση. Έχει αποδειχτεί επίσης ότι η προσθήκη εικονικής επεξήγησης (δηλ. animation) σε μία λεκτική (δηλ. αφήγηση) συντελεί σε βελτίωση της επίδοσης του μαθητή σε μεταφορά της γνώσης σε καταστάσεις επίλυσης προβλήματος. (Mayer & Anderson, 1991,92, Moreno & Mayer, 1999b)

Αρχή της χωρικής εγγύτητας Η δεύτερη αρχή τονίζει ότι οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν το κείμενο στην οθόνη παρουσιάζεται δίπλα στο τμήμα του animation το οποίο περιγράφει πάρα όταν το κείμενο στην οθόνη παρουσιάζεται σε απόσταση από τη δυναμική οπτικοποίηση με την αντίστοιχη δράση. Αποδείχτηκε ότι βοηθάει ιδιαίτερα το κείμενο να βρίσκεται δίπλα στο αντίστοιχο στιγμιότυπο της δυναμικής οπτικοποίησης. (Moreno & Mayer, 1999a)

Αρχή της χρονικής εγγύτητας Η τρίτη αρχή είναι ότι οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν τα στιγμιότυπα της δυναμικής οπτικοποίησης με τα αντίστοιχα αποσπάσματα της αφήγησης παρουσιάζονται ταυτόχρονα παρά σε ξεχωριστά χρονικά διαστήματα. (Mayer, 1999, Mayer & Sims, 1994, Mayer & Anderson, 1992)

Αρχή της συνάφειας 56_12 Η τέταρτη αρχή υποστηρίζει ότι οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα με τη δυναμική οπτικοποίηση και την αφήγηση όταν αφαιρούνται μη απαραίτητες λέξεις, ήχοι (και μουσική) και βίντεο παρά όταν περιλαμβάνονται. (Mayer κ.α., 2001, Moreno & Mayer, 2000a)

Αρχή του διαύλου επικοινωνίας Η πέμπτη αρχή τονίζει οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα με το animation σε συνδυασμό με την αφήγηση παρά με το animation σε συνδυασμό με το κείμενο στην οθόνη. (Chandler & Sweller, 1992, Mousavi, Low & Sweller, 1995, Moreno & Mayer, 1999a, Mayer & Moreno, 1998, Moreno κ.α., 2000)

Αρχή της αχρηστίας Σύμφωνα με αυτή την αρχή οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα με animation σε συνδυασμό με αφήγηση παρά με animation σε συνδυασμό με κείμενο στην οθόνη και αφήγηση. Βασίζεται στην ίδια θεωρητική λογική με την αρχή του καναλιού επικοινωνίας. (Mayer κ.α., 2001)

Αρχή της οικειοποίησης Συντελείται καλύτερη μάθηση όταν η αφήγηση ή το κείμενο στην οθόνη είναι σε μορφή διαλόγου παρά σε επίσημο ύφος. Στις σχετικές έρευνες προσαρμόστηκε ο λόγος σε πρώτο και δεύτερο πρόσωπο. Η θεωρητική λογική είναι ότι οι μαθητές προσπαθούν περισσότερο για να καταλάβουν μία επεξήγηση όταν προσωπικά εμπλέκονται σε μία συνομιλία. (Moreno & Mayer, 1999,2000β, Mayer, 2002)

Το λογισμικό

Δημιουργήθηκε ένα εκπαιδευτικό λογισμικό με στόχο να ενισχύσει την εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής. Το περιεχόμενό του καλύπτει ένα μεγάλο μέρος της ύλης της Ε΄ και Στ΄ τάξης της φυσικής του Δημοτικού σχολείου και περιλαμβάνει -εκτός των άλλων- δυναμικές οπτικοποιήσεις των αντίστοιχων πειραματικών διαδικασιών.

Τα χαρακτηριστικά των δυναμικών οπτικοποιήσεων που χρησιμοποιούνται ακολουθούν τις βασικές αρχές σχεδιασμού όπως έχουν προκύψει από τη βιβλιογραφία και έχουν ενταχθεί στα στάδια μιας κατευθυνόμενης ανακαλυπτικής διδακτικής προσέγγισης (Resai & Katz, 2002) αντίστοιχης με την επιστημονική μεθοδολογία που ακολουθούν τα σχολικά εγχειρίδια (Καλκάνης 2001) και τον διαθεματικό / συστημικό σχεδιασμό της (Καλκάνης 2006) και λειτουργεί ως υποστηρικτικό διδακτικό μέσο της πειραματικής διδασκαλίας στην τάξη / εργαστήριο.

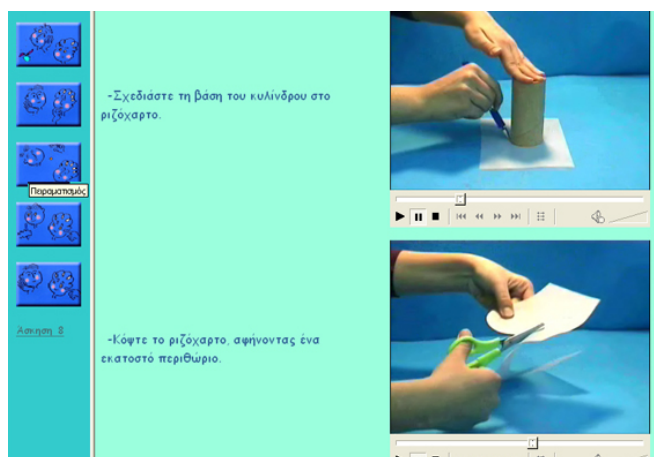
Ειδικότερα η δόμη κάθε ενότητας καθορίζεται ως εξής:

(i) Πρόκληση ενδιαφέροντος. Ένα βιντεοσκοπημένο γεγονός ή μια φωτογραφία ή ένα σχετικό άρθρο χρησιμοποιείται για να διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών. Αυτό το στάδιο

έχει διαθεματικό χαρακτήρα, μιας και οι πληροφορίες αντλούνται από το χώρο της Τέχνης, της Κοινωνίας, του Περιβάλλοντος, της Τεχνολογίας

(ii) Υποθέσεις για να δοθούν λύσεις σε προβληματικές καταστάσεις. Διατυπώνονται κάποια ερωτήματα σχετικά με τα εναύσματα που παρουσιάζονται προηγουμένως και κινητοποιείται η διαδικασία έκφρασης προτάσεων για την απάντησή τους.

(iii) Οδηγίες για τη δόμηση της πειραματικής διάταξης. Για κάθε πείραμα υπάρχει μια ενότητα που περιλαμβάνει οδηγίες με οπτικοποιημένα / βιντεοσκοπημένα στιγμιότυπα της συναρμολόγησης της διάταξης, εστιασμένα στα βασικά σημεία. (εικ. 2)



Εικ. 2. Οθόνη από την ενότητα: Διάδοση του φωτός με οδηγίες για την κατασκευή μιας κάμερας οπής.

Η εκτέλεση του πειράματος δεν προβάλλεται σ' αυτή την ενότητα. Οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν τις προβλέψεις και υποθέσεις τους, πριν εκτελέσουν το πείραμα οι ίδιοι.

(iv) Παρουσίαση του πειράματος και ερμηνεία του. Μόνο αφού οι μαθητές ολοκληρώσουν τη διεξαγωγή του πειράματος και καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους, μπορούν να δουν τη βιντεοσκοπημένη εκτέλεση του πειράματος, ώστε να γίνει ανασκόπηση και να εντοπίσουν τα καίρια σημεία του, και να το επαναλάβουν αν χρειάζεται.

Τελικά, με τη βοήθεια οπτικοποιήσεων οι μαθητές καλούνται να εντοπίσουν τη πιο λογική ερμηνεία του πειράματος, έτσι ώστε να διατυπώσουν κάποια γενικά συμπεράσματα.

(v) Σχετικά θέματα για περαιτέρω μελέτη και συζήτηση. Παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα και εφαρμογές με εξίσου διαθεματικό χαρακτήρα.

Τα θέματα που παρουσιάζονται στο λογισμικό είναι σχετικά με εκείνα που οι υποψήφιοι δάσκαλοι θα κληθούν να διδάξουν στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση σύμφωνα με το νέο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών (Marshall et al. 2000). Ειδικότερα οι ενότητες που περιλαμβάνει το λογισμικό φαίνονται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Θεματικές ενότητες του εκπαιδευτικού λογισμικού όπως διαμορφώθηκε.

Θεματική ενότητα	Θεματική ενότητα
1η Οι νόμοι του Νεύτωνα	5η Συστολή και διαστολή σε στερεά, υγρά και αέρια
2η Η Πίεση στα στερεά και η Υδροστατική πίεση	6η Μηχανικά κύματα
3η Ατμοσφαιρική πίεση - Bernoulli	7η Μετάδοση του ήχου
4η Οι τρόποι διάδοσης της Θερμότητας	8η Ηλεκτρικό ρεύμα
	9η Διάδοση του φωτός.

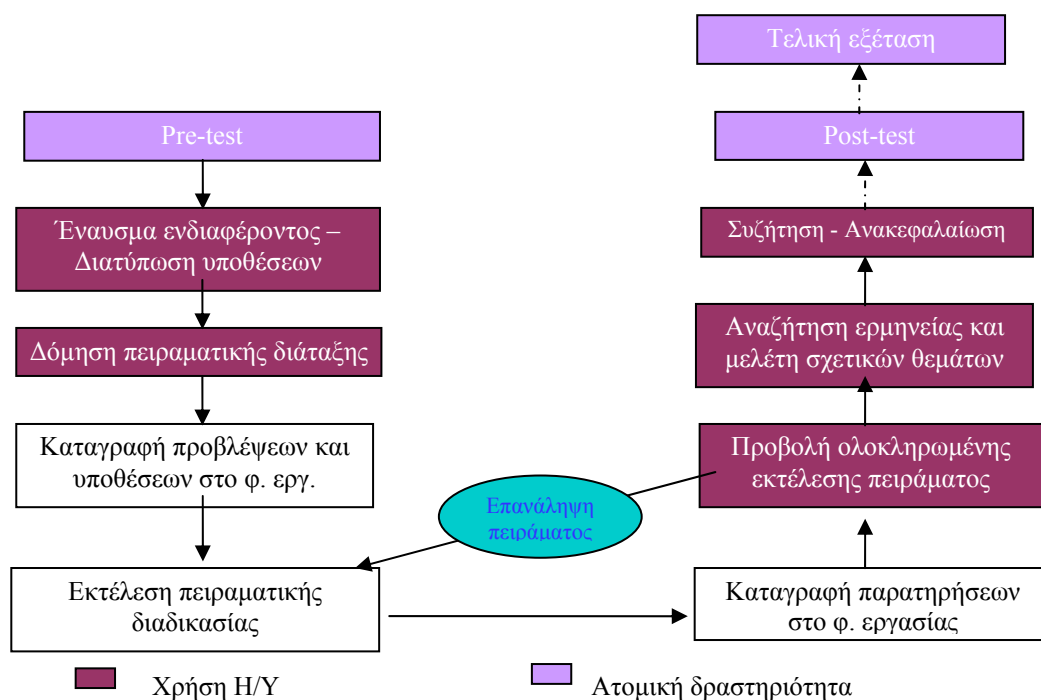
Μεθοδολογία έρευνας

Εφαρμόσαμε την έρευνα μας σε ομάδα εφαρμογής και ομάδα ελέγχου. Η ομάδα εφαρμογής χρησιμοποίησε την έκδοση του λογισμικού με τις δυναμικές οπτικοποιήσεις που αφορούσαν τη διάταξη, την εκτέλεση και την ερμηνεία των πειραματικών διαδικασιών και η ομάδα ελέγχου χρησιμοποίησε την έκδοση του λογισμικού με τις αντίστοιχες στατικές εικόνες.

Πριν την εφαρμογή οι μαθητές απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο που αφορούσε γενικές πληροφορίες και τις προτιμήσεις και στάση τους απέναντι στις σπουδές και τη Φυσική και τη χρήση Η/Υ ειδικότερα. Στην αρχή κάθε μαθήματος, οι μαθητές απαντούσαν γραπτά σε ένα ερωτηματολόγιο που αφορούσε την ενότητα την οποία θα μελετούσαν αμέσως μετά (pre-test). Στη συνέχεια οι μαθητές σε ομάδες των τριών ακολουθούσαν τις οδηγίες όπως παρουσιάζονταν στο λογισμικό, και μελετούσαν την αντίστοιχη ενότητα καθώς εκτελούσαν τα σχετικά πειράματα και συμπλήρωναν το συνοδευτικό έντυπο φύλλο εργασίας. Οι μαθητές έπρεπε να ολοκληρώσουν και να μελετήσουν τέσσερα με πέντε πειράματα με απλά υλικά κάθε φορά. Στο τέλος κάθε εργαστηριακού μαθήματος, ακολουθούσε συζήτηση, ώστε να γίνει ανασκόπηση των βασικών σημείων τόσο των πειραμάτων όσο και της αντίστοιχης θεωρίας. Μερικές ερωτήσεις δίνονταν για την επόμενη φορά ως εργασία.

Την επόμενη φορά, μετά από μία εβδομάδα, οι μαθητές απαντούσαν γραπτά σε ένα ερωτηματολόγιο που αφορούσε την ενότητα την οποία είχαν μελετήσει την προηγούμενη εβδομάδα, και καλούνταν να περιγράψουν και να εκτελέσουν και ένα συγκεκριμένο πείραμα από την προηγούμενη ενότητα. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής αυτού του πειράματος, καταγραφόταν από τους τρεις συντονιστές σε κλειδές παρατήρησης η επίδοσή τους.

Στο τέλος του εαρινού εξαμήνου οι μαθητές εξετάστηκαν γραπτά και στην εκτέλεση αντιπροσωπευτικών πειραμάτων. (εικ. 3)



Εικ. 3: Στάδια ερευνητικής / διδακτικής μεθοδολογίας

Εφαρμογή

Η εφαρμογή διεξάχθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2003-2004 σε 120 φοιτητές / υποψήφιους δασκάλους του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών. Ειδικότερα, οι συγκεκριμένοι φοιτητές φοιτούσαν στο τρίτο έτος σπουδών τους και παρακολουθούσαν την

εργαστηριακή πρακτική τους στο πλαίσιο των μαθημάτων Φυσικής Ι και ΙΙ που είχαν παρακολουθήσει κατά το προηγούμενο έτος σπουδών τους.

Την ομάδα εφαρμογής αποτέλεσαν οι 60 φοιτητές δύο τμημάτων. Αυτοί χρησιμοποίησαν, κατά την εργαστηριακή πρακτική τους, την έκδοση του λογισμικού με τις δυναμικές οπτικοποιήσεις.

Την ομάδα ελέγχου αποτέλεσαν οι 60 φοιτητές άλλων δύο τμημάτων. Αυτοί χρησιμοποίησαν την έκδοση του λογισμικού με τις στατικές εικόνες.

Η διάρκεια της εφαρμογής ήταν 26 ώρες – 13 δίωρα- κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους. Το πρώτο δίωρο αφιερώθηκε για εισαγωγικές διευκρινίσεις και χωρισμό σε ομάδες, στα επόμενα 9 δίωρα έγινε η μελέτη των αντίστοιχων εννοιών, στο τελευταίο διδακτικό δίωρο έγινε συνολική επανάληψη και σε δύο δίωρα έγινε η τελική αξιολόγηση στο θεωρητικό και το πρακτικό μέρος αντίστοιχα.

Η αξιολόγηση όπως διαμορφώθηκε τόσο για την ομάδα εφαρμογής όσο και την ομάδα ελέγχου βασίστηκε:

α. σε γραπτά ερωτηματολόγια που αφορούσαν θεωρητικές γνώσεις. Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν κατά μέσο όρο δέκα ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών.

Αυτού του είδους η αξιολόγηση γινόταν για κάθε θεματική ενότητα πριν από κάθε διδασκαλία, μία εβδομάδα μετά και στο τέλος της εφαρμογής, στο τέλος του εαρινού εξαμήνου.

β. στη γραπτή περιγραφή και ερμηνεία ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος πειραμάτων. Κάθε φορά οι φοιτητές καλούνταν να περιγράψουν αναλυτικά ένα δεδομένο πείραμα από εκείνα που είχαν μελετήσει την προηγούμενη φορά. Το κείμενό τους θα έπρεπε να περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τα: Υλικά, Σύνθεση πειραματικής διάταξης, Παρατηρήσεις και Συμπεράσματα σχετικά με τη συγκεκριμένη πειραματική διάταξη.

γ. στην παρατήρηση και καταγραφή της επίδοσης των φοιτητών κατά την εκτέλεση του πειράματος που αξιολογούνταν και γραπτά. Η καταγραφή των δεδομένων γινόταν για κάθε φοιτητή ξεχωριστά σε μία κλείδα παρατήρησης και αφορούσε την επίδοσή του στη σύνθεση της πειραματικής διάταξης και την εκτέλεση του πειράματος.

Οι δύο προηγούμενες μορφές αξιολόγησης γίνονταν μία εβδομάδα μετά από κάθε διδασκαλία – για κάθε θεματική ενότητα- και στο τέλος της εφαρμογής, στο τέλος του εαρινού εξαμήνου.

δ. σε γραπτά ερωτηματολόγια που αφορούσαν τις απόψεις τους για το μάθημα της Φυσικής, τη χρήση του Η/Υ στη διδασκαλία του, την εργαστηριακή πρακτική και την ομαδική διδασκαλία. Αυτή η αξιολόγηση έγινε στην αρχή και στο τέλος της εφαρμογής μας.

Η αξιολόγηση των επιδόσεων των φοιτητών για τις τρεις πρώτες μορφές αξιολόγησης ήταν ποσοτική με άριστα το 10 ενώ για την αξιολόγηση της τέταρτης κατηγορίας χρησιμοποιήθηκε πενταβάθμια κλίμακα με άριστα το 5.

Αποτελέσματα

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του Στατιστικού Πακέτου για τις Κοινωνικές Επιστήμες SPSS –Statistical Package for Social Sciences και το κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε είναι το t-test.

α. Ερωτηματολόγια θεωρητικής γνώσης

Στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες φάνηκε στη συνολική επίδοση στα post test με υπεροχή της ομάδας εφαρμογής. (Πιν. 2)

Πίνακας 2: Επίδοση των δύο ομάδων στα post test συνολικά.

	<i>Ομάδα εφαρμογής</i>	<i>Ομάδα ελέγχου</i>	<i>Πιθανότητα (P)</i>
Post test (συνολικά)	8,1 ± 1,6	7,7 ± 1,8	0,030

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα post και στις αντίστοιχες ερωτήσεις στα final test για την ομάδα εφαρμογής, ενώ παρατηρήθηκε στην ομάδα ελέγχου.(Πιν. 3)

Πίνακας 3: Επίδοση των δύο ομάδων στα post και final test.

	<i>Post test</i>	<i>Final test</i>	<i>Πιθανότητα (P)</i>
<i>Ομάδα εφαρμογής</i>	7,4±1,2	7,2±1,6	N.S.
<i>Ομάδα ελέγχου</i>	7,2±1,5	6,8±1,6	0,040

β. Περιγραφή των πειραματικών διαδικασιών και ερμηνεία τους

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες στη συνολική επίδοση στα final test με υπεροχή της ομάδας εφαρμογής.(Πιν. 4)

Πίνακας 4: Επίδοση των δύο ομάδων στα final test συνολικά.

	<i>Ομάδα εφαρμογής</i>	<i>Ομάδα ελέγχου</i>	<i>Πιθανότητα (P)</i>
Final test (συνολικά)	5,0 ± 3,9	3,8 ± 3,5	0,012

γ. Κλείδες παρατήρησης και αφορούν δεξιότητες σύνθεσης της πειραματικής διάταξης και εκτέλεσης του πειράματος

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες στη συνολική επίδοση στα final test με υπεροχή της ομάδας εφαρμογής.(Πιν. 5)

Πίνακας 5: Επίδοση των δύο ομάδων στα final test συνολικά.

	<i>Ομάδα εφαρμογής</i>	<i>Ομάδα ελέγχου</i>	<i>Πιθανότητα (P)</i>
Final test (συνολικά)	5,8 ± 4,2	4,4 ± 3,9	0,008

Στις περισσότερες από τις υπόλοιπες συγκρίσεις ανάμεσα στις δύο ομάδες παρατηρήθηκε υπεροχή της ομάδας εφαρμογής, αλλά όχι στατιστικά σημαντική.

δ. Καταγραφή στάσεων των φοιτητών απέναντι κυρίως στο μάθημα εργαστηριακής Φυσικής και της χρήσης του Η/Υ.

Η αξιολόγηση έδειξε ότι οι φοιτητές και των δύο ομάδων νιώθουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση να διδάξουν τις ενότητες τις οποίες μελέτησαν στο εργαστήριο, πιστεύουν ότι οι γνώσεις τους είναι επαρκείς ώστε να συντονίσουν εργαστήριο φυσικής με Υπολογιστές και τους αρέσει περισσότερο να μαθαίνουν Φυσική χρησιμοποιώντας Υπολογιστή τώρα από ό,τι πριν την εφαρμογή.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι δυναμικές οπτικοποιήσεις προάγουν τη γνώση σε μεγαλύτερο βαθμό από ό,τι οι στατικές εικόνες κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες, ιδιαίτερα στην ανάκληση πειραματικών διαδικασιών, στην καλλιέργεια δεξιοτήτων ως προς τη σύνθεση και τη διεξαγωγή πειραμάτων αλλά και στην απόκτηση και διατήρηση θεωρητικής γνώσης.

Τα δεδομένα προβάλλουν ότι ένα άρτιο εκπαιδευτικό λογισμικό αναδεικνύεται όταν ενσωματωθεί σε ένα κατάλληλο διδακτικό πλαίσιο. Θα πρέπει επομένως να έχει προηγηθεί ο κατάλληλος σχεδιασμός και αναδιοργάνωση και των δύο, ώστε το εκπαιδευτικό λογισμικό να εξυπηρετεί τις διδακτικές ανάγκες αλλά και το διδακτικό πλαίσιο – εκπαιδευτικός, μαθητές, διδακτέα ύλη, διδακτική μεθοδολογία, διδακτική αίθουσα – να είναι σε θέση να αξιοποιήσει τις δυνατότητες που τους προσφέρει αυτό το εργαλείο.

Βιβλιογραφία

ΚΑΛΚΑΝΗΣ, Γ.Θ. (2005). ΕκΠαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ ΙΙ. τα Φαινόμενα.

BADDELEY, A. (1998). Human Memory (Allyn and Bacon, Boston).

BAKER, L. O'NEIL, F. (1994). Technology Assessment: In Education and Training (Erlbaum, Hillsdale, NJ.).

BENIGER, R. & ROBYN, R. (1978). Quantitative graphics in statistics. *The American Statistician*, 32, 1-11.

CARSWELL, M & WICKENS, D. (1988). Comparative graphics: history and applications of perceptual integrality theory and the proximity compatibility hypothesis. Technical Report, Institute of Aviation, University of Illinois at Urbana-Champaign.

CHANDLER, P. & SWELLER, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62, 233-246.

di SESSA, A. (1987). *Toward an Epistemology of Physics* (Berkley Cognitive Science Series, University of California, Berkely, CA).

DYKSTRA, D., BOYLE και F. MONARCH, A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, 76, 615-652.

HALKIA K. (1995). The Greek teachers of Primary and Secondary Education towards the subject of Physics. Ph.D. Thesis, University of Athens, 220-223.

HALLOUN, A. και HESTENES, D. (1985a). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, 1056-1065.

KALKANIS, G. (2001). Which and how science and technology education for future citizens. 1st IOSTE Symposium, Science and Technology Education: Prepare future citizens, Paralimni, Cyprus.

MARGARI M. (2000). An Inquiry-Orientated Educational Laboratory-An alternative Approach to an Introductory Physics Laboratory for Undergraduate Students in Primary Education, Ph. D. Thesis, University of Athens, 130-136.

LARKIN, H. & SIMON, A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 1, 65-99.

LEVIE, H. & LENTZ, R. (1982). Effects of text illustrations: a review of research. *Educational Communication and Technology*, 30, 195-232.

MARSHALL A. JILL and DORWARD T. JAMES, (2000). Inquiry experiences as a lecture supplement for preservice elementary teachers and general education students. *Phys. Educ. Res.*, American Journal of Physics. Sypl. 68 (7), S27-S36.

MAYER, R. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Cambridge (MA). Cambridge University Press).

- MAYER, R. & ANDERSON, R. (1992). The instructive animation: helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84, 444-452.
- MAYER, R. & ANDERSON, R. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 484-490.
- MAYER, R. BOVE, W., BRYMAN, A. MARS, R. & TAPANGCO, L. (1996). When less is more: meaningful learning from visual and verbal summaries of Science textbook lesson. *Journal of educational Psychology*, 88, 64-73.
- MAYER, R., HEISER, J. & LONN, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. *Journal of Educational Psychology*, 93, 187-198.
- MAYER, R. & MORENO, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-99.
- MAYER, R. & MORENO, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational psychology*, 90, 312-320.
- MAYER, R. & SIMS, V. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, 389-401
- MAZUR, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual* (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.).
- MESTRE, P. (1994). Cognitive aspects of learning and teaching science. Fitsimmons, j. και Kerpleman, C., *Teacher Enhancement for Elementary and Secondary Science and Mathematics: Status, Issues, and Problems* (National Science Foundation, Washington).
- MORENO, R. & MAYER, R. (2000a). A coherence effect in multimedia learning: The case from minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages. *Journal of Educational Psychology*, 92, 117-125.
- MORENO, R. & MAYER, R. (2000b). Engaging students in active learning: The case for personalized multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 93, 724-733.
- MORENO, R., MAYER, R. & LESTER, J. (2000). Life-like pedagogical agents in constructivist multimedia environments: Cognitive consequences of their interaction. *Proceedings of ED-MEDIA 2000* (AACE Press, Charlottesville, VA, 741-746).
- MORENO, R. & MAYER, R. (1999). Designing multimedia presentations with animation: What does the research say? *Πρακτικά IEEE MULTIMEDIA systems (720-725, Florence, Italy, IEEE Press)*.
- MORENO, R. & MAYER, R. (1999a). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91, 358-368.
- MORENO, R. & MAYER, R. (1999b). Multimedia-supported metaphors for meaning making in mathematics. *Cognitive Instruction*, 17, 215-248.
- MOUSAVI, S., LOW, R. & SWELLER, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87, 319-334.
- NARAYANAN, H. & HEGARTY, M. (2002). Multimedia design for communication of dynamic information. *International journal of human-computer studies*, 57, 279-315.
- PAIVIO, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.
- REBETEZ, C., SANGIN M., BETRANCOURT, M., DILLENBOURG, P. (2005). Learning from animation enabled by collaboration. *Cognitive and sociomotivational aspects in learning from dynamic visualizations. Special Issue of Instructional Science*.
- RESAI, R., και KATZ, L. (2002). Using computer Assisted instruction to Compare the inventive model and the radical Constructivist approach to teaching Physics. *Journal of Science Education and Technology*, 11, 4, 367-380.
- SCAIFE, M. & ROGERS, Y. (1996). External cognition: How do graphical representations work? *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
- SCHNOTZ, W. & KULHAVY, R. (1994). *Comprehension of Graphics*. (Amsterdam: Elsevier).
- SWELLER, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas* (ACER, Camberwell, Australia).
- TROWBRIDGE, E. και McDERMOTT, C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics*, 49, 242-253.
- TUFTE, E. (1983). *The Visual Display of Quantitative Information*. (Cheshire, CT: Graphics Press).

- TVERSKY, B., MORRISON, J. & BETRANCOURT, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *Human computer Studies*, 57, 247-262.
- TVERSKY, B. (2001). Spatial schemas in depictions. M. Gattis, *Spatial Schemas and Abstract Thought*, (79-111. Gambridge: MIT Press).
- TVERSKY, B. (1995). Cognitive origins of conventions. F. Marchese, *Understanding Images*, (29-53, New York: Springer-Verlag).
- VOSNIADOU, S και BREWER, F. (1987). Theories of Knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67.
- WINN, W. (1989). The design and use of instructional graphics. H. Mandl & j. Levin *Knowledge Acquisition from Text and Pictures* (15-144. Amsterdam: North Holland).
- WINN, W. (1987). Charts, graphs, and diagrams in educational materials. D. Willows & H. Houghton, *The Psychology of Illustrations* (1, 152-198, New York: Springer-Verlag).