

Εκπαιδευτικό λογισμικό για επιλεγμένες ενότητες της Φυσικής - Ατομική Φυσική

Β. Μανταδάκης¹, Β. Παπαβασιλείου², Μ. Παπαδάκης³, Σ. Πετράκης⁴
emant@edc.uoc.gr, vrapav@edc.uoc.gr, mrapad@edc.uoc.gr,
petrakisstelios@hotmail.com

¹Δρ. Φυσικής Ε.Τ.Ε.Π - Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Κρήτης

²Επικ. Καθηγητής Η.Υ Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Κρήτης

³Ε.Τ.Ε.Π - Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Κρήτης

⁴Εκπαιδευτικός - Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστήμιο Κρήτης*

Περίληψη

Η παρούσα εισήγηση αφορά το σχεδιασμό αλλά και την υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος στο διαδίκτυο για τον εκσυγχρονισμό της διδασκαλίας της Φυσικής. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο συνδυάζει τις δυνατότητες των νέων τεχνολογιών με κατάλληλο παιδαγωγικό σχεδιασμό, έτσι ώστε να προσφέρει το καλύτερο αποτέλεσμα. Ο βασικός σκοπός είναι να κατασκευάσουμε ένα 'μέσο διδασκαλίας', το οποίο μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην κατανόηση της ενότητας της Φυσικής, η οποία αναφέρεται στην Ατομική Φυσική. Αυτή η εκπαιδευτική εφαρμογή αξιοποιεί τις δυνατότητες των πολυμέσων και επομένως ο ήχος, το κείμενο, οι εικόνες - σταθερές και κινούμενες - και τα γραφικά αποτελούν τον πυρήνα γύρω από τον οποίο περιστρέφεται η συγκεκριμένη υλοποίηση.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα, τα οποία προκύπτουν από τη χρήση της εφαρμογής είναι η ελεύθερη επιλογή τόπου, χρόνου και ρυθμού μελέτης, η καθοδήγηση μελέτης, η επεξήγηση όρων, η αποσαφήνιση όλων των βασικών εννοιών με προσομοιώσεις, η εκτέλεση πειραμάτων αλλά και η αξιολόγηση της προόδου.

Λέξεις κλειδιά: Ατομική Φυσική, πολυμέσα, εκπαιδευτικό λογισμικό

Εισαγωγή

Η ομαλή ενσωμάτωση και η πλήρης αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης αποτελούν τις κύριες συνιστώσες για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η παιδαγωγική αξιοποίηση αυτής της καινοτομίας διαμορφώνει ένα νέο, πρωτότυπο αλλά και συνεχώς εξελισσόμενο περιβάλλον διδασκαλίας και μάθησης με κύριο χαρακτηριστικό τη διαφορετική διδακτική προσέγγιση σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία.

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα της Φυσικής είναι σήμερα ένα από τα καλύτερα αλλά και ευρύτερα πεδία για την ανάδειξη των δυνατοτήτων των νέων τεχνολογιών. Αυτό οφείλεται στην πειραματική τους διάσταση, στη δυσκολία επίλυσης διαφόρων προβλημάτων, αλλά και στην αναγκαιότητα της διδασκαλίας με τη χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων. Άρα δημιουργείται η ανάγκη υλοποίησης κάποιων διδακτικών εργαλείων, τα οποία θα βοηθήσουν έτσι ώστε οι μαθητές, μεταξύ άλλων, να προσεγγίσουν έννοιες και νόμους της Φυσικής, να ασκηθούν στην παρατήρηση αλλά και ερμηνεία φυσικών φαινομένων, να αναπτύξουν νοητικές και πρακτικές δεξιότητες, να

* Τα ονόματα εμφανίζονται με αλφαβητική σειρά

Η ηλεκτρονική διεύθυνση των συγγραφέων - οι οποίοι είναι μέλη της ομάδας Η.Υ του Τομέα Θετικών Επιστημών του Π.Τ.Δ.Ε Πανεπιστημίου Κρήτης - είναι vrapav@edc.uoc.gr

καλλιεργήσουν κριτική σκέψη ενώ παράλληλα θα εκτιμήσουν και το ρόλο της Φυσικής Επιστήμης στην ανάπτυξη της τεχνολογίας.

Οι πολυμεσικές εφαρμογές προβάλλουν και αποθηκεύουν δεδομένα - τα οποία περιλαμβάνουν κείμενο, ήχο, γραφικά, κινούμενες εικόνες, βίντεο - σε οποιοδήποτε συνδυασμό και ειδικότερα η χρησιμοποίηση τους στη διδασκαλία οποιουδήποτε γνωστικού αντικείμενου και ειδικότερα της Φυσικής αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η μη γραμμική δομή αναπαράστασης των πληροφοριών σε συνδυασμό με τη δυνατότητα του μαθητή για ελεύθερη επιλογή του τρόπου προσέγγισης των δεδομένων συνεπάγονται την πολλαπλή εφαρμογή τους σε μια σχολική τάξη. Επιπροσθέτως, η χρησιμοποίηση μιας σειράς προσομοιώσεων μας παρέχει τη δυνατότητα να εισάγουμε ή / και να σταθεροποιούμε διαφορετικές κάθε φορά παραμέτρους ώστε η εικόνα του υπό εξέταση φαινομένου να δίνεται με τον πλέον ολοκληρωμένο τρόπο. Αυτή η διεργασία επηρεάζει θετικά την αντίληψη των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα και επιτρέπει την ποιοτική προσέγγιση της αναπαράστασης μιας πραγματικής κατάστασης.

Επομένως, η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία κάθε γνωστικού αντικείμενου και ιδιαίτερα της Φυσικής αποτελεί ένα πολύ δυνατό εργαλείο για τη βελτίωση της ποιότητας της διαδικασίας μάθησης. Φυσικά, η τεχνολογία από μόνη της δεν αποτελεί εγγύηση για την επιτυχία ενώ η λανθασμένη χρήση της μπορεί να δημιουργήσει αρκετά σοβαρά προβλήματα. Άρα είναι απολύτως απαραίτητο, κάθε προηγμένο μαθησιακό περιβάλλον να συνδυάζει αυτές τις δυνατότητες των νέων τεχνολογιών με κάποιο κατάλληλο παιδαγωγικό σχεδιασμό έτσι ώστε να προσφέρει το καλύτερο αποτέλεσμα. Η τεχνολογία θα πρέπει να είναι ένα σημαντικό εργαλείο υποστήριξης αλλά όχι το κέντρο εστίασης για τη μαθησιακή διαδικασία.

Στην παρούσα εισήγηση αναλύεται ο σχεδιασμός αλλά και η υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος για τον εκσυγχρονισμό της διδασκαλίας της Φυσικής. Ο βασικός σκοπός είναι να προσφέρουμε ένα ολοκληρωμένο και πρωτότυπο λογισμικό, το οποίο θα μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην κατανόηση όλων των βασικών εννοιών της Ατομικής Φυσικής. Επιπροσθέτως, έχει καταβληθεί σημαντική προσπάθεια έτσι ώστε να παρουσιαστεί αναλυτικά η συγκεκριμένη ενότητα με προσομοιώσεις, κινούμενες εικόνες και πειράματα με την επεξήγησή τους με συνέπεια να είναι δυνατή η χρησιμοποίηση αυτής της ολοκληρωμένης εφαρμογής από εκπαιδευτικούς και μαθητές.

Εργαλεία δόμησης

Το εκπαιδευτικό περιβάλλον υλοποιείται σε ένα ειδικό λογισμικό σύστημα - Microsoft FrontPage 2003 - το οποίο ανήκει στην κατηγορία εργαλείων για την ανάπτυξη αλλά και τη συντήρηση δικτυακών τοποθεσιών ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται και το επαγγελματικό πρότυπο της Macromedia - Flash 6.0 - για τη δημιουργία προσομοιώσεων στις αντίστοιχες υποενότητες.

Το πρόγραμμα FrontPage της Microsoft είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα εργαλείων σχεδίασης για τη δημιουργία, συντήρηση και διαχείριση τοποθεσιών στο διαδίκτυο. Οι κυριότεροι λόγοι προτίμησης του συγκεκριμένου λογισμικού για την προβολή όλων των σχετικών πληροφοριών αλλά και των αντίστοιχων ασκήσεων είναι τα σημαντικά στοιχεία δόμησης των ιστοσελίδων, το γραφικό σύστημα επικοινωνίας και η απλή εναλλαγή σε προβολή html. Επιπροσθέτως, το πρόγραμμα Flash της Macromedia είναι το ιδανικό εργαλείο αφενός για τη δημιουργία animations - κινούμενα γραφικά - και αφετέρου για το σχεδιασμό δικτυακών τοποθεσιών με διαλογικά χαρακτηριστικά. Επομένως, η επιλογή του συγκεκριμένου εργαλείου υπαγορεύεται από τις ειδικές δυνατότητες κίνησης, οι οποίες είναι

αναγκαίες για την προσομοίωση πραγματικών φαινομένων και την αναπαράσταση αφηρημένων εννοιών.

Φυσικά, όπως άλλωστε συμβαίνει σε όλες τις υλοποιήσεις πολυμεσικών εφαρμογών, για τη βελτιστοποίηση του τελικού αποτελέσματος απαιτήθηκε η συνεργασία αρκετών προγραμμάτων, τα οποία αναφέρουμε επιγραμματικά :

- CorelDraw - Λογισμικό επεξεργασίας εικόνων.
- Adobe Photoshop - Λογισμικό επεξεργασίας εικόνων.
- Ζωγραφική των Windows - Λογισμικό επεξεργασίας εικόνων.
- Unlead Gif Animator - Λογισμικό δημιουργίας κινούμενων εικόνων.
- Adobe Premiere - Λογισμικό επεξεργασίας video.
- Pinnacle Studio - Λογισμικό επεξεργασίας video.
- Microsoft Windows Movie Maker - Λογισμικό επεξεργασίας video.
- WinAVI Video Converter - Λογισμικό επεξεργασίας video.
- Cool Edit Pro - Λογισμικό επεξεργασίας ήχου.
- Eclipse Crossword puzzle engine - Λογισμικό κατασκευής σταυρόλεξων.
- JavaScript - Γλώσσα προγραμματισμού κατασκευής ιστοσελίδων.

Σχεδιασμός εφαρμογής

Αναμφισβήτητα τα πολυμέσα, η παρουσίαση δηλαδή της πληροφορίας με συνδυασμούς κειμένου, ήχου, εικόνας αλλά και κινούμενης εικόνας αποτελεί ένα αποτελεσματικό τρόπο διδασκαλίας αφού εκμεταλλεύεται δύο διαφορετικά κανάλια πρόσληψης πληροφοριών από τον άνθρωπο, το οπτικό και το ηχητικό (Gillani, 2003; Mayer & Moreno, 2003). Φυσικά, η αυξημένη προσοχή είναι απαραίτητη κατά το σχεδιασμό πολυμεσικών εφαρμογών, αφού η υπερβολική χρήση των διαφόρων πολυμεσικών στοιχείων ενισχύει το μέσο εις βάρος της πληροφορίας (Gillani, 2003; Simons, 2006). Επίσης, στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι η αποτελεσματικότητα των πολυμέσων δεν υπόκειται σε περιορισμούς εκπαιδευτικών επιπέδων και η σωστή χρήση τους ενδείκνυται σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης.

Το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό περιβάλλον αξιοποιεί τις δυνατότητες των πολυμέσων και επομένως ο ήχος, το κείμενο, οι εικόνες - σταθερές αλλά και κινούμενες - και τα γραφικά αποτελούν τον πυρήνα υλοποίησης. Επίσης, στο σημείο αυτό θεωρούμε σημαντικό να υπενθυμίσουμε την προτεραιότητα στη μη γραμμική παράθεση των πληροφοριών, τη δυνατότητα μετακίνησης του χρήστη από ένα σημείο της εφαρμογής σε οποιοδήποτε άλλο - 'θερμό' σημείο - και τη βελτιωμένη επικοινωνία του χρήστη με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής δίνει την ευκαιρία για αυθόρμητη εμπλοκή μιας τάξης ή ομάδας μαθητών σε συζητήσεις σχετικά με τις δραστηριότητές κατά τη χρησιμοποίηση κάποιου λογισμικού, τις δυσκολίες και τους τρόπους αντιμετώπισης τους, καθώς και με το περιεχόμενο της εργασίας τους. Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι κατά τη χρήση ενός λογισμικού στην εκπαιδευτική διαδικασία, ένα σημαντικό μέρος της μάθησης λαμβάνει χώρα σε συζητήσεις της ομάδας μακριά από τον υπολογιστή (Κόκκοτας, 2002).

Κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος είναι απαραίτητο να μελετήσουμε όλες τις παραμέτρους, οι οποίες επηρεάζουν με οποιοδήποτε τρόπο τη μαθησιακή διαδικασία. Τον προηγούμενο αιώνα, η μάθηση αποτέλεσε το αντικείμενο συστηματικών επιστημονικών μελετών με επακόλουθο την ανάπτυξη τριών βασικών θεωριών - προτάσεων σχετικών με την ψυχολογία της. Κάθε θεωρία προσπάθησε να εξηγήσει το πώς μαθαίνουν οι άνθρωποι και στήριξε τα συμπεράσματά της σε ερευνητικές μεθόδους και σε πορίσματα της ψυχολογίας. Ουσιαστικά, κάθε πρόταση συνδυάζει στοιχεία Ψυχολογίας και Παιδαγωγικής για να διατυπώσει υποθέσεις και συμπεράσματα σχετικά με το φαινόμενο της μάθησης :

- Συμπεριφορισμός - Μπιχεβιορισμός (Behaviorism), ο οποίος υποστηρίζει την άποψη ότι με την παρατήρηση της συμπεριφοράς μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για το φαινόμενο της μάθησης.
- Γνωστικισμός (Cognitivism), ο οποίος εστιάζει στις διαδικασίες της σκέψης που καθοδηγούν τη συμπεριφορά και προτείνει τη δημιουργία και τη μελέτη νοητικών μοντέλων με βάση τα οποία κάποιος ρυθμίζει τη συμπεριφορά του.
- Εποικοδομητισμός - Κονστρουκτιβισμός - Δομισμός (Constructivism), ο οποίος τοποθετεί στο κέντρο της μάθησης τον εκπαιδευόμενο, τους στόχους, τα ενδιαφέροντα και τις προτιμήσεις του. Η βασική ιδέα είναι ότι ο άνθρωπος κατασκευάζει μια αποκλειστική οπτική του κόσμου μέσα από τις προσωπικές εμπειρίες αλλά και τις αντιλήψεις, τις οποίες ο ίδιος αναπτύσσει (Κασωτάκης-Φλουρής, 2003).

Καθεμιά από τις προαναφερθείσες σχολές προσεγγίζει τη μάθηση με ένα διαφορετικό τρόπο και προτάσσει τις αντίστοιχες διδακτικές μεθόδους. Στην εκπαιδευτική δικτυακή τοποθεσία, η οποία συζητείται στην παρούσα εργασία, έχουν ενσωματωθεί και οι τρεις βασικές θεωρίες αλλά με διαφορετικό τρόπο.

Υλοποίηση εφαρμογής

Το άνοιγμα της εισαγωγικής ιστοσελίδας [index.htm](#) - με διπλό αριστερό 'κλικ' του ποντικιού στο αντίστοιχο εικονίδιο - ενεργοποιεί την εκπαιδευτική δικτυακή τοποθεσία. Η οθόνη εμφανίζει τις συνδέσεις με τις ιστοσελίδες όλων των επιμέρους γνωστικών αντικειμένων - Ατομο, Ατομικά Πρότυπα, Φάσματα και Περιοδικός Πίνακας, - και τα αντίστοιχα εικονίδια για άμεση πρόσβαση στα σημαντικότερα περιεχόμενα της εφαρμογής - ιστορικά στοιχεία, βιογραφίες, βοήθεια, κινούμενες εικόνες, χάρτης εργασίας, videos, πειράματα, δραστηριότητες.

Οι συνδέσεις με τις υποενότητες του υπό εξέταση γνωστικού θεματικού πεδίου μεταφέρουν σε ιστοσελίδες με την ακόλουθη διάρθρωση :

- Περιεχόμενο (κύριο τμήμα ιστοσελίδας) - Πλήρης θεωρητική τεκμηρίωση του αντίστοιχου θέματος και οι απαραίτητες συνδέσεις με πειράματα, videos, κινούμενες εικόνες και δραστηριότητες.
- Συνδέσεις περιεχομένων τρέχουσας ενότητας (άνω τμήμα ιστοσελίδας).
- Συνδέσεις κάθε ενότητας (αριστερό τμήμα ιστοσελίδας) με τις ιστοσελίδες όλων των περιεχομένων υποενότητων.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι όλες οι ιστοσελίδες του περιβάλλοντος διδασκαλίας και μάθησης διατηρούν την προαναφερθείσα διάρθρωση - περιεχόμενο, συνδέσεις ενότητων και περιεχομένων τρέχουσας ενότητας. Παράλληλα, στο κάτω τμήμα κάθε ιστοσελίδας έχουν δημιουργηθεί πλήκτρα πλοήγησης, τα οποία μεταφέρουν τον έλεγχο προβολής στην αρχική ιστοσελίδα της δικτυακής τοποθεσίας και στην προηγούμενη ή στην επόμενη ιστοσελίδα της τρέχουσας ενότητας. Επίσης, οπουδήποτε έχει κριθεί χρήσιμο, κάποια ειδικά πλήκτρα εσωτερικής σύνδεσης έχουν ενσωματωθεί στο κεντρικό περιεχόμενο αρκετών ιστοσελίδων για την προβολή συγκεκριμένου τμήματος του εκπαιδευτικού υλικού σε νέο παράθυρο. Τέλος, επειδή τα πειράματα για την καλύτερη κατανόηση των αντίστοιχων εννοιών αποτελούν ένα σημαντικό τμήμα της εφαρμογής, η παρουσίαση των οδηγιών είναι οπτική αλλά και ηχητική με τις επιλογές απενεργοποίησης ήχου και πολλαπλής επανάληψης.



Σχήμα 1. Η αρχική σελίδα της εφαρμογής

Στο σημείο αυτό θεωρούμε απαραίτητο να αναφέρουμε τις ενότητες και τις περιεχόμενες υποενότητες του συγκεκριμένου γνωστικού αντικειμένου, το οποίο εξετάζεται διεξοδικά στην πολυμεσική εφαρμογή.

➤ **Ατομική Φυσική**

☐ **Άτομο**

- ✓ Πυρήνας
- ✓ Ιόντα
- Χημικοί δεσμοί
- Εφαρμογές ανιόντων

☐ **Ατομικά Πρότυπα**

☐ **Περιοδικός Πίνακας**

- ✓ Ηλεκτρονιακή δομή
- ✓ Αρχές δόμησης

☐ **Φάσματα**

- ✓ Φωτόνια
- Φύση του φωτός
- ✓ Ακτίνες Χ
- Εφαρμογές
- ✓ Laser
- Εφαρμογές
- ✓ Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο
- Φαινόμενο Compton

☐ Κοινά Στοιχεία Ιστοσελίδων

- ✓ Ιστορικά στοιχεία
- ✓ Βιογραφίες
- ✓ Βοήθεια
- ✓ Χάρτης εργασίας
- ✓ Κινοούμενες εικόνες
- ✓ Videos
- ✓ Πειράματα
- ✓ Δραστηριότητες

Αξιολόγηση εφαρμογής

Στο τελευταίο τμήμα της εργασίας έχει γίνει μια ικανοποιητική πιλοτική προσπάθεια για την αξιολόγηση του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού λογισμικού. Τα αποτελέσματα της έρευνας - παρουσίαση και μελέτη της εφαρμογής αλλά και αξιολόγηση με βάση σχετικό ερωτηματολόγιο - παρουσιάζονται παρακάτω και είναι πάρα πολύ αξιόλογα.

Η συγκεκριμένη έρευνα διεξήχθη σε μια ομάδα φοιτητών του Π.Τ.Δ.Ε, η οποία περιελάμβανε τα 30 άτομα ενός σεμιναρίου Φυσικής. Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί προσήλθαν στο εργαστήριο Η.Υ του Π.Τ.Δ.Ε όπου μελέτησαν - μέσω του Internet Explorer - εμπειρισταπόμμένα την εφαρμογή. Ακολούθως, η συλλογή όλων των δεδομένων αξιολόγησης έγινε με τη συμπλήρωση σχετικού ερωτηματολογίου και αρκετές ερωτήσεις κλειστού τύπου ενώ η ανάλυση τους - πάντα σε σχέση με τους στόχους, οι οποίοι έχουν διατυπωθεί στο θεωρητικό πλαίσιο - πραγματοποιήθηκε με τη συνδρομή του προγράμματος επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων SPSS 14.0. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι κάθε άξονας αξιολόγησης θεωρήθηκε ως μία απάντηση.

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα αξιολόγησης

ΑΞΟΝΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ				
	ΚΕΝΟ	ΛΙΓΟ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΟΛΥ	ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ
<i>Το εκπαιδευτικό υλικό...</i>					
<i>καθοδηγεί τον χρήστη στη μελέτη του;</i>	0	1	5	10	14
<i>προάγει την αλληλεπίδρασή του με τον χρήστη;</i>	1	0	5	14	10
<i>είναι κατανοητό, επεξηγεί δύσκολα σημεία και έννοιες;</i>	2	1	2	8	17
<i>αξιολογεί και ενημερώνει τον χρήστη για την πρόοδό του;</i>	1	1	1	12	15
<i>εμφυγχώνει και ενθαρρύνει τον χρήστη να συνεχίσει;</i>	0	0	2	10	18
<i>επιτρέπει στον χρήστη να επιλέγει ελεύθερα τον τόπο και το χρόνο, καθώς και το ρυθμό της μελέτης του;</i>	0	1	5	10	14
<i>έχει καλή δομή, εμφάνιση και αποτελεσματικότητα</i>	1	0	1	8	20

Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη της εκπαιδευτικής δικτυακής τοποθεσίας αποτελεί απαιτητική και πολύπλοκη διαδικασία, η οποία εντάσσεται στο πεδίο του σχεδιασμού και της υλοποίησης λογισμικού συστήματος και άπτεται πολλών μεθοδολογιών και τεχνολογιών. Τα βήματα σχεδιασμού αλλά και υλοποίησης του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος ταξινομούνται σε χρονική σειρά ως ακολούθως :

- Επιλογή γνωστικού αντικείμενου και καθορισμός ομάδας στόχων.
- Οργάνωση περιεχομένου και δημιουργία σεναρίου.
- Δόμηση του περιεχομένου σε αυτόνομες υποενότητες.
- Υλοποίηση των εφαρμογών υποενοτήτων.
- Σχεδίαση αλληλεπίδρασης.
- Υλοποίηση επιφάνειας διασύνδεσης.
- Ενοποίηση όλων των αυτόνομων υποενοτήτων.
- Εγκατάσταση της εφαρμογής στο περιβάλλον λειτουργίας της.
- Διορθώσεις, τροποποιήσεις και βελτιώσεις.
- Παραγωγή τελικού προϊόντος.

Κατά την υλοποίηση των ανωτέρω φάσεων δόθηκε εξαιρετική προσοχή και ιδιαίτερη φροντίδα, έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι επιδιωκόμενοι στόχοι :

- Ελεύθερη επιλογή τόπου, χρόνου και ρυθμού μελέτης.
- Καθοδήγηση μελέτης.
- Αποδοτική αλληλεπίδραση.
- Επεξήγηση όρων και αποσαφήνιση εννοιών.
- Καθοδήγηση εκτέλεσης απλών πειραμάτων.
- Βελτίωση της αναλυτικής - συνθετικής σκέψης μέσω της Ιστοεξερεύνησης.

Ο μελλοντικός στόχος είναι η βελτίωση αλλά και παράλληλα η σταδιακή επέκταση της εφαρμογής έτσι ώστε να ενσωματωθεί το μεγαλύτερο ποσοστό των ενοτήτων της Φυσικής. Επειδή αυτού του είδους οι εφαρμογές παρέχουν αρκετά πλεονεκτήματα, τα οποία είναι αδύνατον να προσφερθούν από κάποιο βιβλίο, η ολοκλήρωση αυτής της ιδέας θα αποτελέσει αφενός ένα καινοτόμο εργαλείο για τη βελτίωση της διαδικασίας μάθησης και αφετέρου ένα βοήθημα για την αναθεώρηση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

Αναφορές

- Αλεξόπουλος, Κ., & Μαρίνος, Δ. (1992). *Γενική Φυσική*. Αθήνα: Ολυμπία.
- Γεωργόπουλος, Α. (2000). *Γη - Ένας μικρός και εθραστός πλανήτης*. Αθήνα: Gutenberg.
- Δαπόντες, Ν., Κασέτας, Α. & Μουρίκης, Στ. (1991). *Φυσική Ενιαίου Πολυκλαδικού Λυκείου Β' τάξης, 2^ο τεύχος*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Δημητριάδης, Σ. (2004) *Σχεδίαση - Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Υλικού, Σημειώσεις μαθήματος*, Θεσσαλονίκη.
- Καγιαφάς, Ε., Λούμος, Β. & Παπαοδυσσεύς, Χ. (2000). *Τεχνολογία πολυμέσων*. Αθήνα: Ε.Μ.Π Ανακτήθηκε από www.medialab.ntua.gr/education/MultimediaTechnology/MultimediaTechnologyNotes/index.htm
- Καλκάνης, Γ. & Κωστόπουλος, Δ. (1995). *Φυσική - Από το Μικρόκοσμο στο Μακρόκοσμο*. Αθήνα: ομώνυμες εκδόσεις.
- Κασσωτάκης, Μ. & Φλουρής, Γ. (2003). *Μάθηση & Διδασκαλία. Σύγχρονες απόψεις για τις διαδικασίες της μάθησης και τη μεθοδολογία της διδασκαλίας. Τόμος Α': Μάθηση*. Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (1998). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών - Εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Κόκκοτας, Π. (2000). *Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες: Σύγχρονοι προβληματισμοί*. Αθήνα: Δαρδανός.
- Κόκκοτας, Π. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Κόκκοτας, Π. (2002). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: ομώνυμες εκδόσεις.
- Μικρόπουλος, Τ., *Εκπαιδευτικό Λογισμικό, Σχεδίαση και Αξιολόγηση λογισμικού υπερμέσων*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2002). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών - Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Α' & Β' τόμοι*. Αθήνα.
- Παναγιωτακόπουλος, Χρ., Πιερράκης, Π. & Πιντέλας, Π. (2003). *Το εκπαιδευτικό λογισμικό και η αξιολόγηση του*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Παπαβασιλείου, Β. & Τερτίπης, Δ., (2001). 'Σχεδιασμός και Υλοποίηση μιας Σχολικής ιστοσελίδας - Η περίπτωση του 2ου Δημοτικού Σχολείου Χανίων', Ημερίδα 'Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση', Ρέθυμνο.
- Ράπτης, Α., Ράπτη, Α. (2001). *Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας*. Τόμοι Α' και Β'. Αθήνα: ομώνυμες εκδόσεις.
- Στυλιανός, Ν. (2000). *Μεθοδολογία πειραμάτων Φυσικής Πειραματικής και Χημείας*. Αθήνα: Συμρονιωτάκη.
- Arons, A. (1992). *Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής*. (μετάφραση Βαλαδάκης Α.). Αθήνα: Τροχαλία.
- Bower, G. H. & Hilgard, E. R. (1981). *Theories of Learning*. London: Prentice Hall.
- Feynman, R., Leighton, R., & Sands, M. (1963). *The Feynman lectures on Physics*. USA: Addison Wesley Publishing Company.
- Gillani, B. (2003). *Learning Theories and the Design of E-Learning Environments*. University Press of America.
- Gonick, L., & Huffman, A. (1998). *Τα πάντα για τη Φυσική σε κόμικς*. (μετάφραση Κλαδούχου Α. και Μάμαλης Α.) Αθήνα: Κάτοπτρο.
- Jarvis, P. (2003). *Συνεχιζόμενη εκπαίδευση και κατάρτιση, Θεωρία και πράξη*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Jonassen, D. H. (1994). *Computers in the classroom: mindtools for critical thinking*. N.J., Merrill: Englewood Cliffs.
- Hewitt, P. (1997). *Οι Έννοιες της Φυσικής*. 1ος και 2ος τόμοι Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Hinostroza, J. E. & Mellar, H. (2004). Pedagogy Embedded in Educational Software design: Report of a case study. *Computers Education*, 42, 1-23.
- Kerman, Ph. (2004). *Εγχειρίδιο του Macromedia Flash MX 2004*. (μετάφραση Σαμαράς Γ.). Αθήνα: Μ. Γκιουρδας.
- Kumpulainen, K. & Mutanen, M. (1998). Collaborative Practice of Science Construction in a Computer - Based Multimedia Environment. *Computers Education*, 30, 75-85.
- Macromedia Flash MX (2004). *Learning Flash*. USA: Macromedia.
- Macromedia Flash MX (2004). *Using Components*. USA: Macromedia.
- Mayer, R. & Moreno, R., A. (forthcoming). Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles. Άρθρο based on an entry entitled "Instructional Technology". In F. Durso (ed.), *Handbook of Applied Cognition*. Wiley.
- Muir - Herzig, R. G., (2004). Technology and its Impact in the Classroom. *Computers Education*, 42, 111-131.
- Murphy, C. (2003). *Literature Review in Primary Science and ICT*, report 5, Nesta Futurelab Series.
- Newton, L., & Rogers, L. (2001). *Teaching Science with ICT*. London: Continuum.
- Osborne, J., & Hennessy, S. (2003). *Literature Review in Science Education and the role of ICT: Promise, Problems and Future Directions*, report 6, Nesta Futurelab Series.
- Sears, F., Zemansky, M., & Young, H. (1987). *University Physics*. USA: Addison Wesley Publishing Company.
- Simons, T., *The Multimedia Paradox* http://www.presentations.com/presentations/trends/article_display.jsp/vnu_content_id=1000734183
- Watkins, J. Evaluation of a Physics Multimedia Resource. *Computers Education*, 28(3), 571-594.
- Young, H. (1994). *Πανεπιστημιακή Φυσική*. 1ος και 2ος Τόμοι. Αθήνα: Παπαζήσης.