

**ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΓΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ
ΕΝΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ – ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ
ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ**

**EDUCATIONAL SOFTWARE FOR SELECTED
MODULES OF PHYSICS - ATOMIC AND
NUCLEAR PHYSICS**

Σοφία Γυπαράκη
Εκπαιδευτικός
Μεταπτ. Θετικών Επιστημών
Π.Τ.Δ.Ε
Πανεπιστήμιο Κρήτης

Ευάγγελος Μανταδάκης
Δρ. Φυσικής, Ε.Δ.Ι.Π
Π.Τ.Δ.Ε
Πανεπιστήμιο Κρήτης
emant@edc.uoc.gr

Ευάγγελος Παπαβασιλείου
Επικ. Καθηγητής Η.Υ., Π.Τ.Δ.Ε
Πανεπιστήμιο Κρήτης
vrapan@edc.uoc.gr

Περίληψη

Η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία της Φυσικής αποτελεί ένα πολύ δύσκολο εργαλείο για τη βελτίωση της ποιότητας της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Όμως, η τεχνολογία από μόνη της δεν εγγυάται την αποτελεσματική μάθηση 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.

Στο παρόν άρθρο αναλύεται ο σχεδιασμός αλλά και η υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος στο διαδίκτυο για τον εκσυγχρονισμό της διδασκαλίας της Φυσικής. Ο βασικός σκοπός είναι να προσφέρουμε ένα ‘μέσο διδασκαλίας’, το οποίο μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στην κατανόηση των εννοιών της Φυσικής, και συγκεκριμένα στις γνωστικές περιοχές Ατομική και Πυρηνική Φυσική. 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 βασικών εννοιών με προσομοιώσεις, η εκτέλεση πειραμάτων αλλά και η αξιολόγηση προόδου.

Λέξεις κλειδιά

Νέες Τεχνολογίες, Διδασκαλία Φυσικής, Εκπαιδευτικό περιβάλλον, Πολυμέσα.

Abstract

The incorporation of new technologies in the teaching of physics is a very powerful tool for improving the quality of the educational process. However, technology alone does not guarantee effective learning, while its incorrect use can cause several serious problems. So it is absolutely essential, advanced learning environment combines these features of new technologies with a suitable pedagogical design to provide the best result. Technology will be an important tool to support but not the center focus for the learning process.

This paper discusses the design and implementation of an online learning environment for the modernization of teaching physics. The main purpose is to offer a 'medium of instruction', which can effectively contribute to the understanding of the sections of physics, namely the cognitive areas of Atomic and Nuclear Physics.

This educational application leverages the multimedia capabilities and therefore the sound, text, images - static and moving - and the graphics are the core around which revolves the specific implementation.

The major advantages that result from the use of this application is the free choice of place, time and pace of study, study guide, explanation of terms, clarification of key concepts with simulations, running experiments and the evaluation of progress

Key words

New Technologies, Physics Teaching, Educational Environment, Multimedia.

0. 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 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 και σταθερές εικόνες, βίντεο - σε οποιοδήποτε συνδυασμό και επομένως η χρησιμοποίησή τους στη διδασκαλία οποιοδήποτε γνωστικού αντικειμένου 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 αντικειμένου 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.

Στο άρθρο αυτό 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 και Πυρηνικής Φυσικής - η συγκεκριμένη ενότητα αποτελεί τμήμα της διδακτέας ύλης Ε' και ΣΤ' τάξης Δημοτικού, στο μάθημα 'Φυσικά: Ερευνώ κι ανακαλύπτω'. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε ότι έχει καταβληθεί σημαντική προσπάθεια για την πλήρη και ολόπλευρη παρουσίαση του γνωστικού αντικειμένου έτσι ώστε η χρήση της εφαρμογής να καταστεί αποτελεσματική τόσο για τους διδάσκοντες όσο και για τους διδασκόμενους.

1. 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.
- WinAVIVideoConverter - Λογισμικό επεξεργασίας video.
- Cool Edit Pro – Λογισμικό επεξεργασίας ήχου.
- Eclipse Crossword puzzle engine – Λογισμικό κατασκευής σταυρόλεξων.
- JavaScript - Γλώσσα προγραμματισμού κατασκευής ιστοσελίδων.

2. Σχεδιασμός εφαρμογής

ΤΑναμφισβήτητα 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 R., Moreno R, 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 - Κονστрукτιβισμός - 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.

Η υλοποίηση μιας εκπαιδευτικής διαδικτυακής τοποθεσίας είναι αρκετά πολύπλοκη διαδικασία, η οποία προϋποθέτει τον προσεκτικό σχεδιασμό κάθε βήματος με παράλληλη ομαλή διαδοχή των αλληλένδετων φάσεων έτσι ώστε να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Τα στάδια αυτά είναι τα εξής:

- Επιλογή γνωστικού αντικείμενου και καθορισμός ομάδας στόχου

Η επιλογή του συγκεκριμένου γνωστικού αντικείμενου πραγματοποιήθηκε μετά από αναδίφηση στη σχετική βιβλιογραφία, από την οποία προκύπτει η μεγάλη δυσκολία των μαθητών στην κατανόηση των εννοιών της Φυσικής. Επομένως, ο κύριος στόχος ήταν να προσφέρουμε ένα ευχάριστο, λειτουργικό και εύχρηστο εργαλείο, το οποίο θα βοηθήσει και θα εμπλουτίσει τη διδακτική διαδικασία.

- Συλλογή και οργάνωση περιεχομένου:

Στην αρχή ασχοληθήκαμε με τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών, τα Διαθεματικά Ενιαία Πλαίσια Προγραμμάτων Σπουδών της Φυσικής αλλά και της Πληροφορικής του Δημοτικού και Γυμνασίου και στη συνέχεια με την ύλη, η οποία αφορά την Ατομική και Πυρηνική Φυσική. Επιπροσθέτως μελετήσαμε τους στόχους και τις οδηγίες που δίνονται στο βιβλίο του δασκάλου και τον οδηγό του εκπαιδευτικού για τη συγκεκριμένη ενότητα. Με τον τρόπο αυτόν πραγματοποιήθηκε η σταδιακή συλλογή υλικού, σε μορφή κειμένου, εικόνων, σχεδιαγραμμάτων, videos και φωτογραφιών. Τέλος, το υλικό αξιολογήθηκε και περιορίστηκε μόνο σε εκείνο, το οποίο είναι χρήσιμο και κατάλληλο για την εκπαιδευτική διαδικτυακή τοποθεσία.

Ακολουθώς, η ύλη της Ατομικής και Πυρηνικής Φυσικής οργανώθηκε σε κεφάλαια και ενότητες ενώ βιντεοσκοπήθηκαν πειράματα, δημιουργήθηκαν κινούμενες εικόνες και ηχογραφήθηκαν όλα τα κείμενα για τη διευκόλυνση του χρήστη.

Τέλος έγινε ο σχεδιασμός του διαγράμματος ροής αλλά και ο τρόπος της πλοήγησης στις επιμέρους σελίδες της τοποθεσίας.

- Υλοποίηση επιφάνειας διασύνδεσης και ανάπτυξη περιεχομένου

Στη συνέχεια υλοποιήθηκε η επιφάνεια διασύνδεσης και δημιουργήθηκαν όλες οι επιμέρους ιστοσελίδες που απαρτίζουν το περιεχόμενο των διαφόρων κεφαλαίων και ενοτήτων της εφαρμογής με παράλληλη ενσωμάτωση των κειμένων, εικόνων - στατικών ή κινούμενων, videos, ήχων και των υπολοίπων στοιχείων της ενότητας.

- Ανάπτυξη λογισμικού

Στο τέλος πραγματοποιήθηκε η εννοποίηση όλων των στοιχείων σε ένα περιβάλλον και κατασκευάστηκαν οι υπερσυνδέσεις μεταξύ των σελίδων αλλά και οι υπερσυνδέσεις με κείμενα, videos, εικόνες και ήχους.

3. Υλοποίηση εφαρμογής

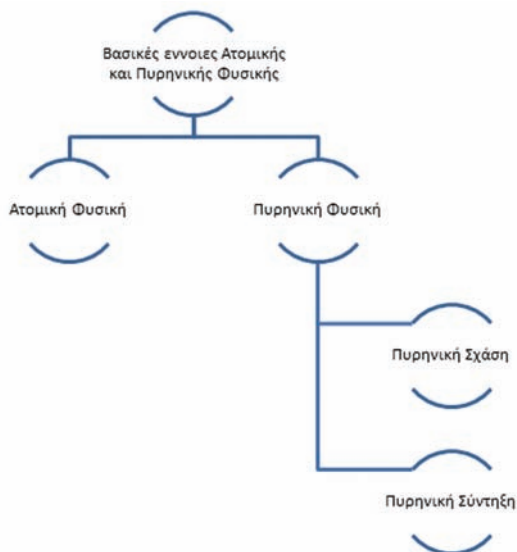
Η εκπαιδευτική διαδικτυακή τοποθεσία – Βασικές έννοιες Ατομικής και Πυρηνικής Φυσικής - αποτελείται από τις δύο βασικές ενότητες της Φυσικής με την τελευταία να διαιρείται σε δύο υποενότητες - Πυρηνική Σχάση και Πυρηνική Σύντηξη. Κάθε ένα από αυτά τα κεφάλαια έχει τη δική του αρχική σελίδα και τις δικές του ενότητες και υποενότητες. Επιπροσθέτως, η δομή των κεφαλαίων είναι ένας συνδυασμός των τριών γνωστών μορφών πλοήγησης:

- Γραμμική – η πρόσβαση γίνεται σειριακά στις επιμέρους ιστοσελίδες.
- Δενδροειδής – η πρόσβαση γίνεται από τις γονικές ιστοσελίδες σε όλες τις άλλες του προηγούμενου και του επόμενου επιπέδου.
- Ιστοειδής - η πρόσβαση γίνεται μέσω συνδέσμων σε οποιαδήποτε σελίδα, οποιασδήποτε ενότητας.

Τέλος, στα πλαίσια των διαφόρων εναλλακτικών μορφών διδασκαλίας - και ειδικότερα της μεθόδου Project – αναπτύχθηκε μια ξεχωριστή ενότητα με τον τίτλο 'Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα'. Η επιλογή του θέματος 'Το ουράνιο ως καύσιμο στους πυρηνικούς αντιδραστήρες σχάσης και η ραδιενεργός ρύπανση από τα ατυχήματα αυτών', το οποίο εντάσσεται στην ενότητα «Ενέργεια», του μαθήματος «Φυσικά: Ερευνώ και ανακαλύπτω» της Στ' Δημοτικού, έγινε με βάση Παιδαγωγικά, Εκπαιδευτικά και Κοινωνικά κριτήρια.

Ο γενικός σκοπός του Project είναι να ενημερωθούν τα παιδιά για τη χρήση του ουρανού ως καυσίμου στους πυρηνικούς αντιδραστήρες σχάσης αλλά και να ευαισθητοποιηθούν σχετικά με τους κινδύνους λειτουργίας ενός τέτοιου πυρηνικού εργοστασίου.

Σχήμα 3.1.: Βασικές διδακτικές ενότητες του εκπαιδευτικού λογισμικού



Στο σημείο αυτό παραθέτουμε μια ομάδα από εικόνες – απεικόνιση της κεντρικής ιστοσελίδας κάθε ενότητας - και διαγράμματα - αναπαράσταση της διάρθρωσης κάθε ενότητας - για την καλύτερη κατανόηση του εκπαιδευτικού διαδικτυακού περιβάλλοντος. Ο σχεδιασμός κάθε ιστοσελίδας ακολουθεί πιστά μια ιεραρχική δομή – για κάθε επιλεγμένη ενότητα οι συνδέσεις της οριζόντιας γραμμής αναφέρονται στα κεφάλαια της ενώ οι αντίστοιχες της κατακόρυφης γραμμής στις επιμέρους υποκατηγορίες των κεφαλαίων. Επιπροσθέτως έχουν δημιουργηθεί συνδέσεις για άμεση μετάβαση τόσο στην κεντρική όσο και στη γονική ιστοσελίδα αλλά και για μετακίνηση από το τέλος στην αρχή σελίδας.

Εικόνα 3.1.: Αρχική ιστοσελίδα για την ενότητα Ατομικής Φυσικής



Ατομική φυσική

Κεντρική
Εισαγωγή
Ατομική φυσική
Πυρηνική σχάση

Πυρηνική σύντηξη

- Χημικά στοιχεία
- Ατομικά πρότυπα
- Συγκρότηση ατόμου
- Διάγνωση
- Ιόνια
- Κύματα ηλεκτρονίων
- Παράλλαξη ηλεκτρονίων
- Ακτίνες X
- Ακτίνες α - β - γ
- Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο
- Φαινόμενο Compton
- Χρόνος ημιζωής
- Μεταστοιχείωση
- Κοιλώα
- Στοιχεία, ενώσεις, μίγματα
- Μόρια
- Ατομική
- Στοιχειώδη

Η ιδέα ότι η ύλη αποτελείται από άτομα ενήργησε στους Έλληνες φιλοσόφους του πέμπτου αιώνα π.Χ. Οι στοχαστές που μελετούσαν τη φύση την εποχή εκείνη αναζητούσαν κατά πόσο η ύλη ήταν συνεχής ή όχι. Μπορούμε να πούμε μια πέτρα σε μικρό βότσαλο και το βότσαλο σε χαλίκια. Τα χαλίκια μπορούν να πάσουν και να μετατραπούν σε λεπτή άμμο, η οποία με τη σειρά της μπορεί να συνθίξει και να γίνει σκόνη. Φαίνεται πιθανό να υπάρχει κάποιο ελάχιστο τμήμα της πέτρας, ένα «άτομο», το οποίο ήταν αδύνατον να διασπείρεται περαιότερο. Αυτό όμως φαίνεται να μην ισχύει για το νερό. Μπορούμε να διασπείρουμε συνεχώς κάποια ποσότητα νερού σε ολόένα και μικρότερες σταγόνες και απ' ό, τι φαίνεται δεν υπάρχει κανένας λόγος για τον οποίο η διαδικασία αυτή να μη μπορεί να συνεχιστεί εκ' άπειρου. Παρ' όλα αυτά, αυτοί οι πρώτοι «ατομιστές» πίστευαν ότι και για το νερό υπάρχει ένα ελάχιστο αδιάσπαστο τμήμα, ένα άτομο νερού.

Ο Αριστοτέλης ο σημαντικότερος ίσως από τους πρώτους Έλληνες φιλοσόφους, δεν αποδέχεται την ιδέα των ατόμων. Στο πλαίσιο του φιλοσοφικού του συστήματος, το οποίο ανέπτυξε τον τέταρτο αιώνα π.Χ., πίστευε ότι όλη η ύλη αποτελείται από συνδυασμούς τεσσάρων στοιχείων ή «ουσιών» - της γης, του αέρα, της φωτιάς και του νερού. Η άποψη αυτή φαίνεται λογική, αφού η ύλη που βλέπουμε στον κόσμο γύρω μας απαντά σε τέσσερις μόνο μορφές: τα στερεά (γη), τα αέρια (αέρας), τα υγρά (νερό), και τις φλόγες (φωτιά). Οι Έλληνες θεωρούσαν τη φωτιά ως το στοιχείο της μεταβολής, αφού είχαν παρατηρήσει ότι η φωτιά προκαλεί μεταβολές στις ουσίες που καίγονται. Οι απόψεις του Αριστοτέλη διατήρησαν την απήχηση τους για περισσότερο από 2.000 χρόνια.

Η ατομική άποψη επανήλθε στο προσκήριο στις αρχές του 19ου αιώνα από έναν Άγγλο χημικό και καθηγητή φυσικής, τον Τζον Ντόλτον (John Dalton). Ο Ντόλτον ελήφθησε τις χημικές αντιδράσεις με βάση την παραδοχή ότι όλη η ύλη αποτελείται από άτομα. Παρόλο, ούτε αυτός, ούτε οι άλλοι επιστήμονες της εποχής εκείνης μπορούσαν να παραθέσουν πειστικές αποδείξεις για την ύπαρξή τους. Κατόπιν, το 1827, ο





Εικόνα 3.2.: Αρχική ιστοσελίδα για την ενότητα Πυρηνικής Σχάσης



Πυρηνική σχάση

Κεντρική
Εισαγωγή
Ατομική φυσική
Πυρηνική σχάση

Πυρηνική σύντηξη

- Σχάση
- Αλυσίδαση αντίδρασης
- Αντιδραστήρες
- Απαιτήματα
- Ραδιενεργές ουσίες

Κίνοντας μια ιστορική αναδρομή, θα λέγαμε ότι χρονιά-ορόσημο για τη πυρηνική ήταν το 1896, όπου ο Μπεκερέλ (H. Becquerel) ανακάλυψε το φαινόμενο της ραδιενέργειας με αφορμή τη διαπίστωση ότι το ουράνιο εκπέμπει μια πολύ δραστική ακτινοβολία. Στη συνέχεια, μια σειρά πειραμάτων και παρατηρήσεων από τον Σίγους Κουρί (M & P Curie), από το Ρόβερφορντ (E. Rutherford) κι από το Βίλλιαμ (Villard) έδειξαν τις ακτινοβολίες που εκπέμπονται από το ραδιενεργό άτομο.

Ο Ρόβερφορντ μαζί με το Σόντι (Soddy) ερμήνευσε το 1902 τη ραδιενέργεια. Σύμφωνα με τους προσυμφωνητές, οι ραδιενεργές ουσίες παράγουν ουσιαστικά άτομα και γίνονται διασπασμένες των ατόμων αυτών (με εκπομπή ακτινοβολιών), ώστε να καταλήξουν σε σταθερά άτομα. Κατά τη διαδικασία αυτή, η ενέργεια που εκπέμπεται είναι 1.000.000 φορές μεγαλύτερη εκ' αυτήν των χημικών αντιδράσεων και προέρχεται από το ατομικό των ατόμων, μέσα στα οποία είναι αποθηκευμένη τεράστια ποσότητα ενέργειας.

Όμως, η χρονιά-ορόσημος της πυρηνικής φυσικής είναι το 1911, όπου ο Ρόβερφορντ ανακάλυψε τον ατομικό πυρήνα. Πιο συγκεκριμένα, ο πυρήνας είναι μερικοί δεκάδες χιλιάδες φορές μικρότερος από το άτομο, έχει θετικό ηλεκτρικό φορτίο και συγκεντρώνει σχεδόν το σύνολο της μάζας του ατόμου. Γύρω από αυτόν κινούνται σε τροχιά τα ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται ταυτόχρονα και γύρω από τον αυτίο τους.

Ακολούθησαν χρόνια πειραμάτων και αναζητήσεων, ώσπου ο Τσάντγουικ (J. Chadwick) να ανακαλύψει το 1932 την ύπαρξη των νετρονίων του πυρήνα και να δώσει απάντηση σε πολλά ερωτήματα που είχαν προκύψει. Τα νετρόνια είναι ηλεκτρικά ουδέτερα σωματίδια και έχουν μάζα σχεδόν ίση μ' αυτήν του ατόμου





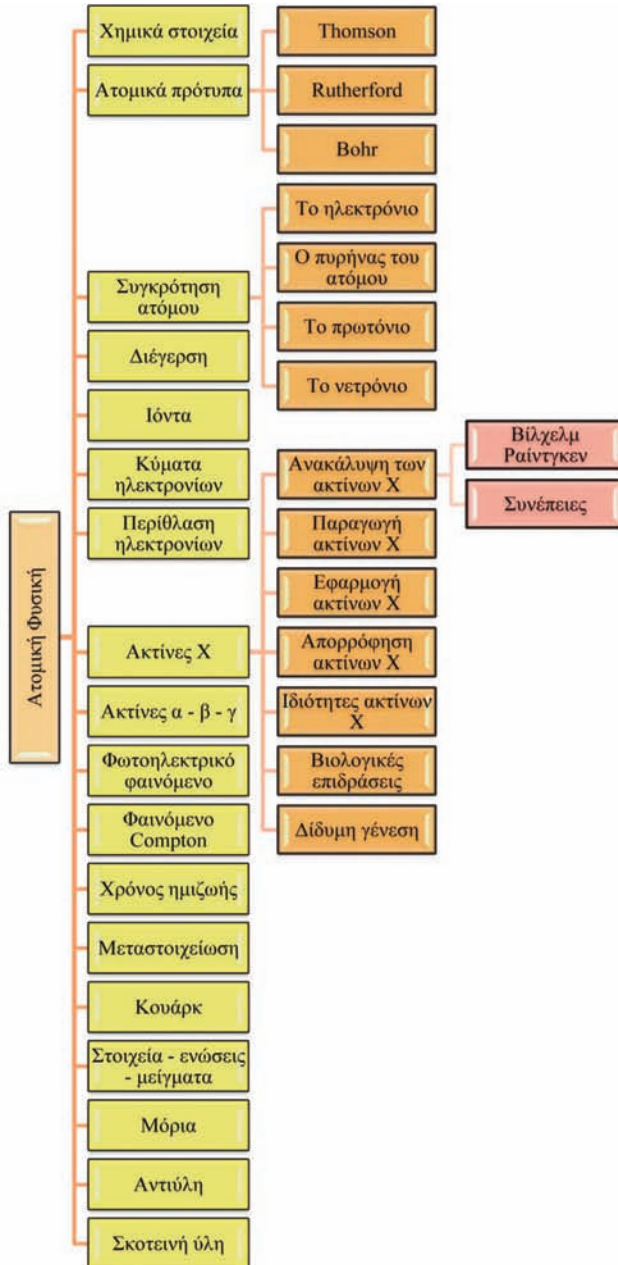
Εικόνα 3.3.: Αρχική ιστοσελίδα για την ενότητα Πυρηνικής Σύντηξης

Εικόνα 3.4.: Αρχική ιστοσελίδα για την ενότητα Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα

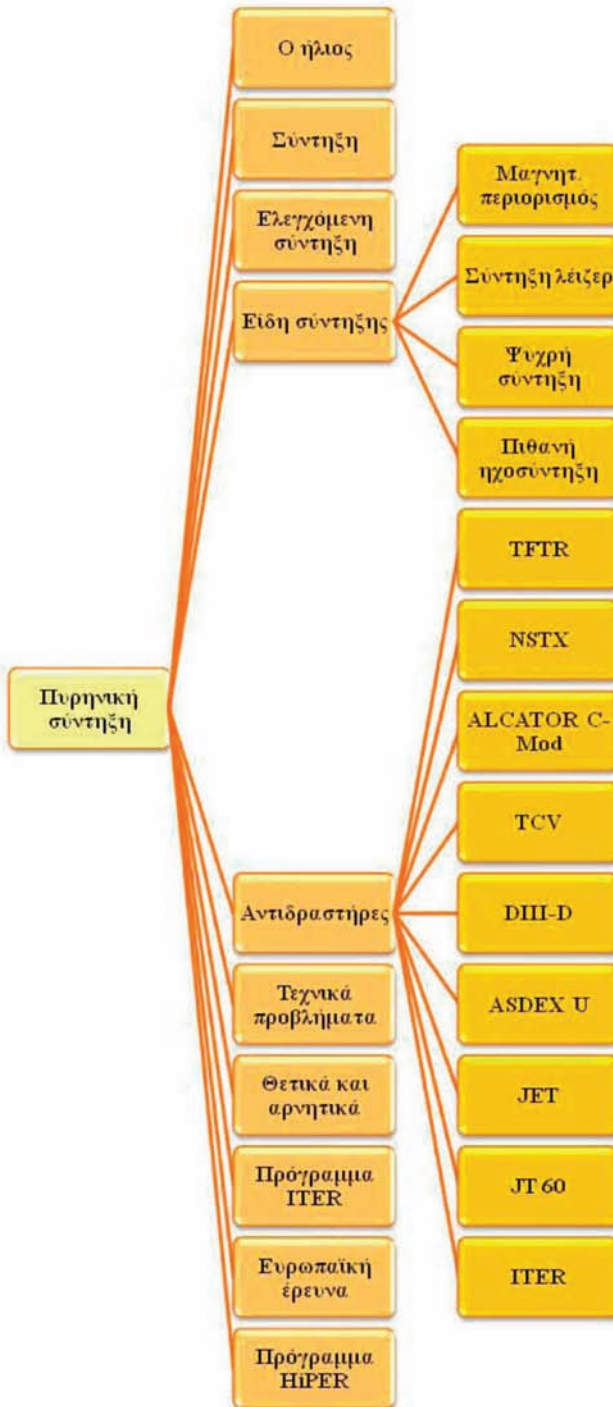
Ολοκληρώνοντας θα πρέπει να επισημάνουμε ότι η εφαρμογή ‘Βασικές έννοιες Ατομικής και Πυρηνικής Φυσικής’ έχει υλοποιηθεί με βασικό στόχο να παροτρύνει και να διευκολύνει το μαθητή να αλληλεπιδρά με τις πληροφορίες, να παρατηρεί, να ερμηνεύει, να πλοηγείται κατά βούληση, να ανακαλύπτει σταδιακά μόνος του, να διαβάζει, να παρακολουθεί βίντεο και κινούμενες εικόνες, να αποκτά επιπλέον πληροφορίες για ιστορικά πρόσωπα και να λύνει ασκήσεις. Η παρουσίαση των πληροφοριών με πολλαπλό τρόπο μετατρέπει τη μάθηση σε μια αφενός ενδιαφέρουσα

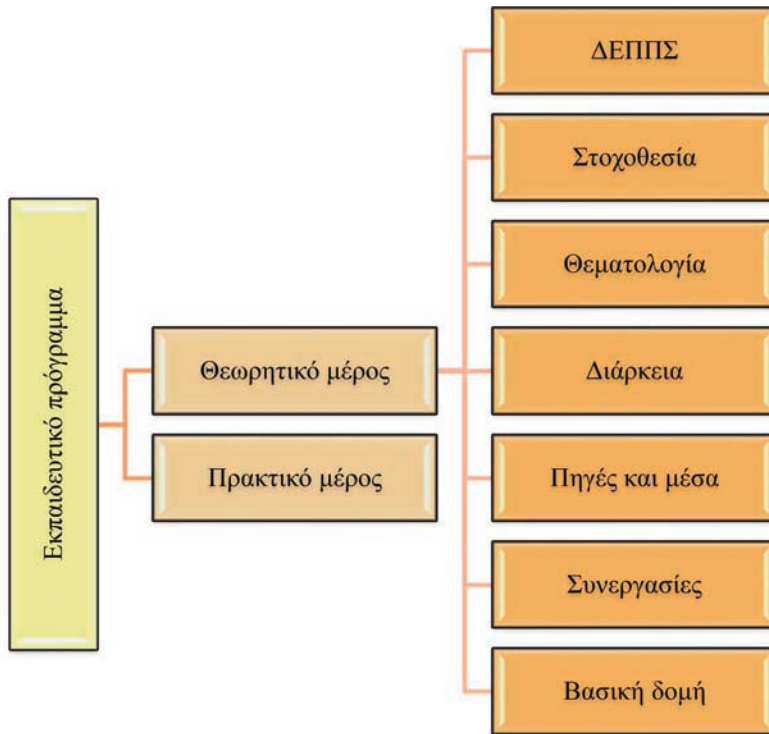
και αφετέρου διασκεδαστική διαδικασία για τον εκπαιδευτικό και τον εκπαιδευόμενο, ενώ βελτιώνει και τα μαθησιακά αποτελέσματα.

Διάγραμμα 3.1.: Η δομή της ενότητας Ατομικής Φυσικής



Διάγραμμα 3.3.: Η δομή της ενότητας Πυρηνικής Σύντηξης



Διάγραμμα 3.4.: Η δομή της ενότητας Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα

4. 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 - εμπειριστατωμένα 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 4.1.: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα αξιολόγησης.

ΑΞΟΝΑΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ				
	ΔΕΝ ΑΠΑΝΤΗΣΑΝ	ΛΙΓΟ	ΜΕΤΡΙΑ	ΠΟΛΥ	ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ
Το εκπαιδευτικό υλικό...					
καθοδηγεί το χρήστη στη μελέτη του;	2	1	5	8	14
προάγει την αλληλεπίδρασή του με το χρήστη;	1	1	4	12	12
είναι κατανοητό, επεξηγεί δύσκολα σημεία και έννοιες;	2	0	1	7	20
αξιολογεί και ενημερώνει το χρήστη για την πρόοδό του;	1	1	1	10	17
εμπυχώνει και ενθαρρύνει το χρήστη να συνεχίσει;	1	1	3	9	16
επιτρέπει στο χρήστη να επιλέγει ελεύθερα τον τόπο και το χρόνο, καθώς και το ρυθμό της μελέτης του;	0	1	5	10	14
έχει καλή δομή, εμφάνιση και αποτελεσματικότητα	1	1	1	12	15

5. 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 υποενοότητες.
- 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.

Βιβλιογραφία

- Αλεξόπουλος Κ., Μαρίνος Δ. (1992) *Γενική Φυσική*, Αθήνα: Ολυμπία.
- Αναστασιάδης Π. (2000) *Στον αιώνα της Πληροφορίας*, Αθήνα: Λιβάνης.
- Γιαννούλας Α. (2009) *Εκπαιδευτικό Λογισμικό – Διδακτική Αξιοποίηση στο Σύγχρονο Ψηφιακό Περιβάλλον*, Αθήνα: Καυκάς.
- Δαφέρμου Χ., Κουλούρη Π., Μπασαγιάννη Ε. (2006) *Οδηγός Νηπιαγωγού: Εκπαιδευτικοί σχεδιασμοί - Δημιουργικά περιβάλλοντα μάθησης*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Δημητριάδης Σ. (2004) *Σχεδίαση - Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Υλικού, Σημειώσεις μαθήματος*, Θεσσαλονίκη.
- Καγιάφας Ε., Λούμος Β. (2000) Παπαοδυσσεύς Χ., *Τεχνολογία πολυμέσων*, Αθήνα: Ε.Μ.Π. www.medialab.ntua.gr/education/MultimediaTechnology/MultimediaTechnologyNotes/index.htm
- Κασσωτάκης Μ., Φλουρή Γ. (2003) *Μάθηση & Διδασκαλία - Σύγχρονες απόψεις για τις διαδικασίες της μάθησης και τη μεθοδολογία της διδασκαλίας*, Α' Τόμος, Αθήνα: Μάθηση.
- Κόκκοτας Π. (2001) *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: Γρηγόρης.
- Κόκκοτας Π. (2002) *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: ομώνυμες εκδόσεις.
- Καμπουράκης Γ., Λουκής Ε. (2006) *Ε-λεκτρονική μάθηση*, Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Καραβελάκη Μ., Κέφη Ε. (2001) *Μαθαίνουμε παίζοντας με Η/Υ - σχεδιαστικές αρχές*

και τρόποι αξιοποίησης εκπαιδευτικού λογισμικού στη βασική εκπαίδευση. http://www.intelearn.gr/images/arhra/Mathainoume_paizontas.pdf

- Καρτσιώτου Θ., Ρούσσος Π. (2011) Κατασκευή και ψυχομετρικός έλεγχος εργαλείου μέτρησης της χρήσης υπολογιστή από εκπαιδευτικούς για διδασκαλία, *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 4^{ος} τόμος. <http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete/article/view/111/73>
- Κολιάδης Ε. (1997) *Θεωρίες Μάθησης και Εκπαιδευτική Πράξη - Γνωστικές Θεωρίες*, Γ' τόμος, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Μητροπούλου Β. (2003) Σχεδιασμός εκπαιδευτικού λογισμικού πολυμέσων από την πλευρά των εκπαιδευτικών, *Νέα παιδεία*, τεύχος 108.
- Μικρόπουλος Τ. (2000) *Εκπαιδευτικό Λογισμικό - Σχεδίαση και Αξιολόγηση λογισμικού υπερμέσων*, Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Μικρόπουλος Τ. (2008) *Ο Υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο*, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Μικρόπουλος Τ., Μπέλλου Ι. (2010) *Σενάρια διδασκαλίας με υπολογιστή*, Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2002) *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών - Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών υποχρεωτικής εκπαίδευσης, Α' & Β' τόμοι*, Αθήνα.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1997) *Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Πληροφορικής*, Αθήνα.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1998) *Η Πληροφορική στο σχολείο*, Αθήνα.
- Παναγιωτακόπουλος Χ, Πιερακέας 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.
- Πρέζας Π. (2003) *Θεωρίες Μάθησης και Εκπαιδευτικό Λογισμικό*, Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Ράπτης Α., Ράπτη Α. (2001) *Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της Πληροφορίας*, τόμοι Α' και Β', Αθήνα: ομώνυμες εκδόσεις.
- Σακελλαρίδης Ο., Παντάνο-Ρόκου Φ. Μ., *Παιδαγωγικές αρχές για το σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού με την τεχνολογία των υπερμέσων*. <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/4th/PDF/128.pdf>
- Σολομωνίδου Χ. (2006) *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία - Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*, Αθήνα: Μεταίχμιο.

- Στυλιανός Ν. (2000) *Μεθοδολογία πειραμάτων Φυσικής Πειραματικής και Χημείας*, Αθήνα: Σμυρνωτάκη.
- 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.
- Depover C., Karsenti T., Κόμης Β. (2010) *Διδασκαλία με χρήση της τεχνολογίας, Προώθηση της μάθησης, ανάπτυξη ικανοτήτων*, Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood Robinson V. (2000) *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Feynman R., Leighton R., Sands M. (1963) *The Feynman lectures on Physics*, USA: Addison Wesley Publishing Company.
- Fischer G., Giaccardi E., Ye Y., Sutcliffe A. G., Mehandjiev N. (2004) Meta-design - A framework for the future of end-user development, *Communications of the ACM*, 47(9).
- Friedrich K., Αλιβίζος Σ. (2007) *Διδακτική των Μέσων: Νέα Μέσα στο πλαίσιο Διδακτικών και Μαθησιακών Διαδικασιών*, μετ. Ε. Νούσια & Ευ. Γεμεντζή, Αθήνα: Gutenberg.
- 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. & 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*, Englewood Cliffs, N.J.: Merrill.
- Hewitt P. (1997) *Οι Έννοιες της Φυσικής*, 1^{ος} και 2^{ος} τόμοι, Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Hinostroza J. E., Mellar H. (2004) Pedagogy Embedded in Educational Software design: Report of a case study, *Computers Education*, vol. 42: 1-23.
- Kumpulainen K., Mutanen M. (1998) Collaborative Practice of Science Construction in a Computer – Based Multimedia Environment, *Computers Education*, vol. 30: 75-85.
- Lee W., Owens L. (2004) *Multimedia-based instructional design: computer based training, web-based training, distance broadcast training, performance-based solutions*, Wiley John and Sons. <http://earthlab.uoi.gr/ojs/thete/index.php/thete/article/view/114/76>
- Macromedia Flash MX (2004) *Learning Flash*, USA: Macromedia.
- Macromedia Flash MX (2004) *Using Flash*, USA: Macromedia.

- Macromedia Flash MX (2004) Using Components, USA: Macromedia.
- Mayer R., Moreno R., A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles. *Article based on an entry entitled "Instructional Technology" in the forthcoming Handbook of Applied Cognition*, edited by Frank Durso and published by Wiley.
- Microsoft FrontPage (2003) *Πλήρης οδηγός FrontPage*, special edition: Αθήνα: Γκιούρδα.
- Muir-Herzig R. G. (2004) Technology and its Impact in the Classroom, *Computers Education*, vol. 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*, vol. 28, no 3: 571-594.
- Young H. (1994) *Πανεπιστημιακή Φυσική*, 1^{ος} και 2^{ος} Τόμοι, Αθήνα: Παπαζήσης.