

## **Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών**

### **- Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε;-**

Αγγελική Δημητρακοπούλου  
Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

### **1. Εισαγωγή**

Οι τρόποι αξιοποίησης του υπολογιστή για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών αποτελούν αντικείμενο έρευνας από τα μέσα της δεκαετίας του '60. Οι πρώτες προσπάθειες για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών εφαρμογών των νέων τεχνολογιών της πληροφορίας, έδωσαν τα αποτελέσματά τους με τη μορφή εκπαιδευτικών λογισμικών προσομοίωσης φυσικών φαινομένων, πάνω στα οποία εργάστηκαν φοιτητές των Πανεπιστημίων Stanford και Irvine της Αμερικής. Στις αρχές τις δεκαετίας του '70, οι προσπάθειες αυτές εντάθηκαν μετά την εισαγωγή των υπολογιστών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση της Μεγάλης Βρετανίας και της Γαλλίας.

Στη δεκαετία του '80, η εμφάνιση των μικροπολογιστών κάνει πιο αισθητή τη χρήση των εφαρμογών της τεχνολογίας της πληροφορίας στην εκπαίδευση. Η εξέλιξη των χαρακτηριστικών των συσκευών αυτών ευνοεί την ανάπτυξη νέων προσεγγίσεων, μέσα από τη διαδομένη χρήση σύνθετων αριθμητικών μεθόδων, τη λήψη δεδομένων μέσω υπολογιστή από πειραματικές συσκευές, τη παραγωγή γραφημάτων και την αξιοποίηση των ψηφιοποιημένων εικόνων που έχουν ληφθεί για παράδειγμα από δορυφόρους.

Κατά τη δεκαετία του '90, είναι κυρίως η τεχνολογία των πολυμέσων που δίνει νέα ώθηση στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών λογισμικών, ενώ παράλληλα δημιουργείται ένα γενικότερο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση των εφαρμογών αυτών στην εκπαίδευση.

Τι προσφέρουν όμως τα συστήματα αυτά; Για ποιους λόγους θέλουμε να τα εντάξουμε στην εκπαίδευση και στη διδασκαλία της φυσικής; Οι λόγοι που έχουν εκφραστεί εντάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- ♦ **Επιστημολογικοί λόγοι:** Η χρήση των νέων τεχνολογιών της πληροφορίας έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες εργάζονται και αναπτύσσουν σήμερα τη φυσική. Η δυνατότητες των γρήγορων υπολογισμών, της επεξεργασίας συμβόλων, της παραγωγής εικόνων, της προσομοίωσης και της μοντελοποίησης φαινομένων, έχει μετατρέψει τον υπολογιστή σε βασικό εργαλείο κάθε φυσικού επιστήμονα.
- ♦ **Μαθησιακοί λόγοι:** έχουν αναπτυχθεί εκπαιδευτικά λογισμικά που δίνουν νέες δυνατότητες τόσο για τις δραστηριότητες με τις οποίες μπορούν πλέον να ασχοληθούν οι μαθητές, όσο και για την υποστήριξη της ίδιας της διαδικασίας της μάθησης.

Στην Ελλάδα, χρησιμοποιούνται ήδη πειραματικά ορισμένα εκπαιδευτικά λογισμικά κυρίως στο Γυμνάσιο, στο Λύκειο και στα Πανεπιστήμια. Τα τελευταία χρόνια, το υπουργείο Παιδείας μέσω του Β' ΚΠΣ, δίνει ώθηση στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών λογισμικών και γενικότερα στην αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην εκπαίδευση. Στα πλαίσια της ενέργειας «Οδύσσεια» αναπτύσσονται εκπαιδευτικά λογισμικά από ελληνικούς φορείς, ενώ παράλληλα διεθνή εκπαιδευτικά λογισμικά προσαρμόζονται για την ελληνική εκπαίδευση. Οι προσπάθειες αυτές θα δώσουν σύντομα τα αποτελέσματά τους και στην αρχή του 2000 θα έχει αναπτυχθεί μια σειρά εκπαιδευτικών λογισμικών φυσικής για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Πέρα όμως από την ανάπτυξη κατάλληλων εφαρμογών, αν ενδιαφερόμαστε όχι απλά για την χρήση του υπολογιστή στη διδασκαλία, αλλά για το πώς μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην αναβάθμιση του διδακτικού έργου, θα πρέπει να απαντήσουμε σε μια σειρά ερωτήματα, που δημιουργούνται:

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', Νο 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

- Ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας εκπαιδευτικού λογισμικού που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τη διδασκαλία και τη μάθηση της φυσικής;
- Τι μπορεί πραγματικά να προσφέρει κάθε είδος εκπαιδευτικού λογισμικού; Νέες δραστηριότητες, ή υποστήριξη στη μάθηση ήδη υπαρχόντων θεμάτων;
- Σε ποια σημεία μπορεί να υποστηρίξει πραγματικά τη διαδικασία μάθησης, και ποια είναι τα σημεία εκείνα που ίσως προκαλούν νέες δυσκολίες στους μαθητές;
- Πως ο διδάσκων πρέπει να διαχειριστεί τα συστήματα αυτά κατά τη διδακτική πράξη, και ποιες είναι οι κατάλληλες στρατηγικές για να επιφέρει τα αναμενόμενα μαθησιακά αποτελέσματα;

Αντικείμενο του παρόντος άρθρου είναι να διερευνήσει τα παραπάνω ερωτήματα, μέσα από τη συνοπτική παρουσίαση των βασικών ειδών εκπαιδευτικού λογισμικού φυσικής που μπορούμε να αναζητήσουμε σήμερα στο εμπόριο.

## 2. Κατηγορίες εκπαιδευτικών εφαρμογών της τεχνολογίας της πληροφορίας στη φυσική

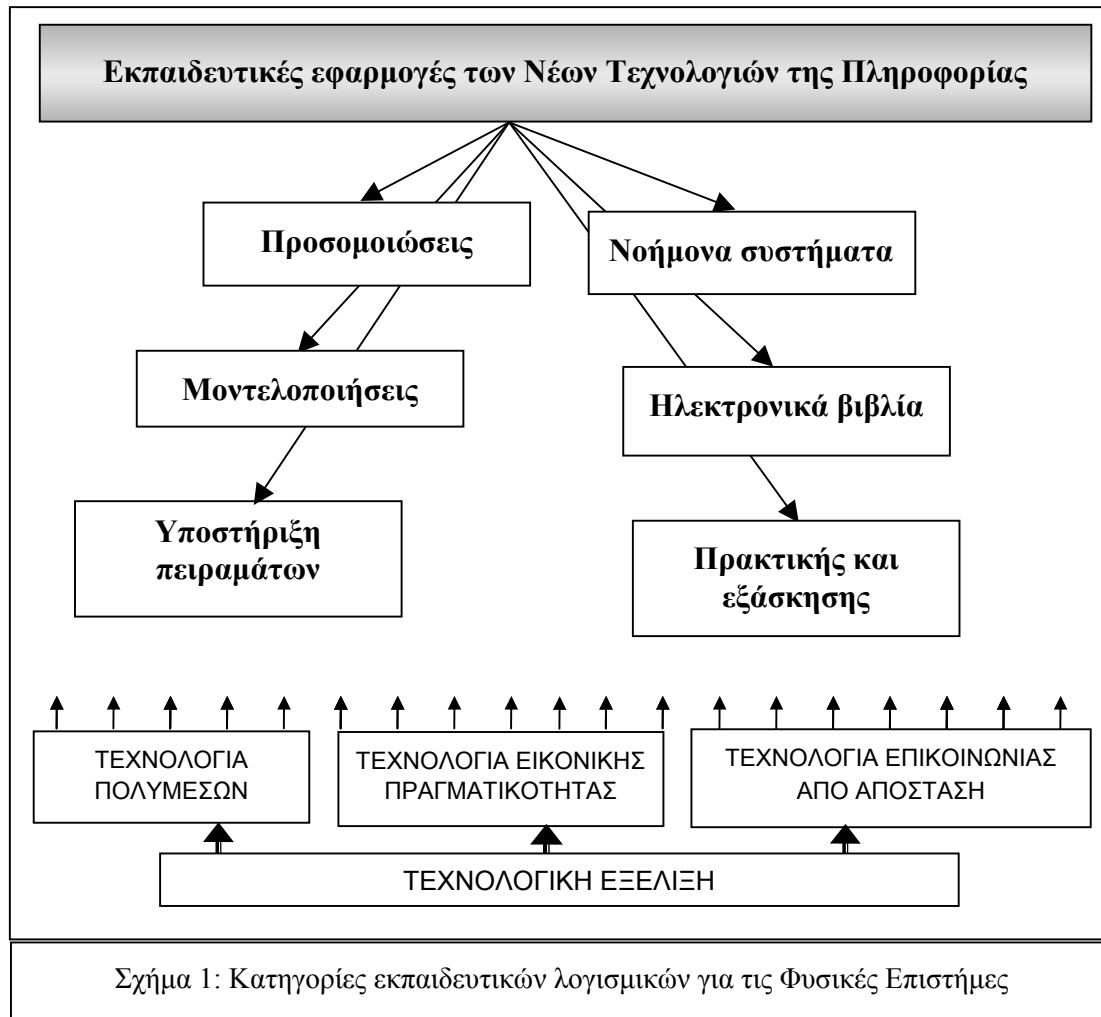
Κατά τη διάρκεια των τριών τελευταίων δεκαετιών έχουν δημιουργηθεί διαφορετικά είδη εκπαιδευτικών λογισμικών που χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο σχήμα 1, παρουσιάζονται τα κυριότερα από αυτά τα είδη, όπως:

- ◆ Λογισμικά που παράγουν προσομοιώσεις φαινομένων, καταστάσεων ή συσκευών
- ◆ Λογισμικά που επιτρέπουν τη δημιουργία και δοκιμή μοντέλων
- ◆ Συστήματα υποστήριξης και λήψης δεδομένων από πειραματικές διατάξεις
- ◆ Νοήμονα συστήματα διδασκαλίας
- ◆ Ηλεκτρονικά βιβλία πολυμέσων, και
- ◆ Λογισμικά πρακτικής και εξάσκησης

Υπάρχουν βέβαια και εκπαιδευτικά λογισμικά που συνδυάζουν στοιχεία από δύο ή περισσότερες κατηγορίες και δύσκολα θα μπορούσαν να ενταχθούν στη μία ή στην άλλη. Για παράδειγμα, συχνά τα λογισμικά πρακτικής και εξάσκησης εμπεριέχουν και ένα τμήμα παρουσίασης περιεχομένου με τη μορφή πολυμέσων, ή ακόμα και κάποιες πολύ απλές προσομοιώσεις.

Οι κατηγορίες αυτές αν και διατηρούν τα βασικά τους χαρακτηριστικά, τροποποιούνται με την πάροδο του χρόνου, μέσω της ανάπτυξης και της εξέλιξης της τεχνολογίας. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η πρόσφατη τεχνολογική ανάπτυξη των «πολυμέσων» που έδωσε τη δυνατότητα του συνδυασμού ήχου, εικόνας, φωτογραφίας, animation και βίντεο, κάνοντας τα ιδιαίτερα ελκυστικά στους μαθητές. Η εφαρμογές της Εικονικής Πραγματικότητας και τα τρισδιάστατα γραφικά έδωσαν νέες δυνατότητες στην αλληλεπίδραση και στην αμεσότητα της δράσης, και αναμένεται να παίξουν ένα ιδιαίτερο σημαντικό ρόλο κατά την επόμενη δεκαετία (Μικρόπουλος 1998). Τέλος, η τεχνολογία της επικοινωνίας από απόσταση μέσω δικτύων και διαδικτύων επικοινωνίας (INTERNET) επηρεάζει τις υπάρχουσες κατηγορίες με δύο τρόπους: είτε ενσωματώνοντας εργαλεία επικοινωνίας (ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, τηλεσυνδιάσκεψη) σε υπάρχοντα εκπαιδευτικά λογισμικά, είτε αναπτύσσοντας νέα λογισμικά ειδικά για να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα από διαφορετικούς χρήστες που βρίσκονται σε διαφορετικούς τόπους, χώρες ή ηπείρους.

Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τα διαφορετικά είδη εκπαιδευτικού λογισμικού φυσικής, δίνοντας έμφαση στα πιο διαδεδομένα αυτά (όπως είναι αυτά των προσομοιώσεων και των μοντελοποιήσεων) και αναφερόμενοι κυρίως σε εφαρμογές που δεν είναι πλέον πειραματικές αλλά μπορούν να αναζητηθούν στο εμπόριο.



## 2.1. Συστήματα προσομοιώσεων

Σύστημα προσομοίωσης είναι κάθε σύστημα μίμησης ενός πραγματικού ή φανταστικού περιβάλλοντος που αναπτύσσεται για επιστημονικούς ή εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Οι επιστημονικές προσομοιώσεις παρέχουν στους επιστήμονες ένα μέσο μελέτης ενός συγκεκριμένου συστήματος, βοηθώντας τους να προσδιορίσουν ή να βελτιώσουν μια θεωρία και να κατανοήσουν ένα σύστημα ή ένα φαινόμενο.

Τα εκπαιδευτικά λογισμικά προσομοιώσεων σχεδιάζονται για τη διδασκαλία, τη μελέτη και την κατανόηση ενός φαινομένου μέσα από την παρατήρηση της συμπεριφοράς του φαινομένου και της ανάδρασης που παράγεται από την προσομοίωση σε χρόνο πραγματικό, ταχύτερο, ή βραδύτερο.

Με τα λογισμικά προσομοιώσεων δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να μελετήσουν φαινόμενα που θα ήταν αδύνατο να διερευνηθούν διαφορετικά, εξ αιτίας της μη εύκολης προσπέλασης, της εξέλιξης σε πολύ σύντομο ή μεγάλο χρονικό διάστημα, ή ακόμα της υψηλής επικινδυνότητας τους. Η χρήση των προσομοιώσεων επιτρέπει τον χειρισμό και τον έλεγχο των μεταβλητών, πιο εύκολα από ότι στις κλασσικές πειραματικές διατάξεις των σχολικών εργαστηρίων, κάτι που ευνοεί τη διερεύνηση και τη μάθηση μέσω ανακάλυψης, για τους μαθητές που ενθαρρύνονται να κάνουν υποθέσεις και να διερευνούν. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι, τα περισσότερα συστήματα προσομοιώσεων εμπεριέχουν δυναμικές αναπαραστάσεις (γραφικές παραστάσεις, πίνακες τιμών,

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', Νο 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

αναπαραστάσεις εξέλιξης διανυσματικών μεγεθών, κ.λ.π.), που παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση του φαινομένου και στη μάθηση.

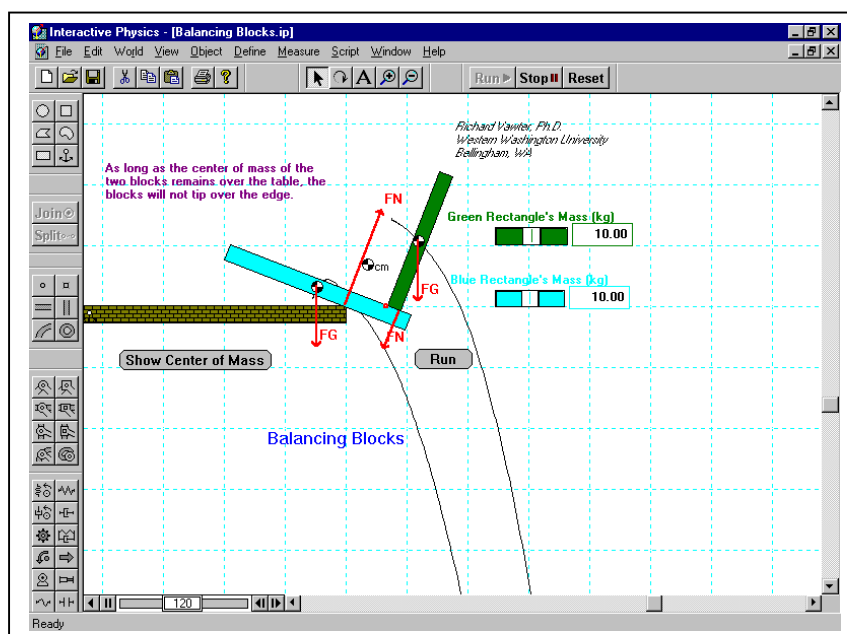
Είναι χρήσιμο να κάνουμε μια γενική διάκριση ανάμεσα στα διαφορετικά είδη προσομοιώσεων.

Όσον αφορά στο αντικείμενο της προσομοίωσης μπορούμε να διακρίνουμε ανάμεσα σε:

- i.) Λογισμικά που προσομοιώνουν ένα φαινόμενο ή κατάσταση, για παράδειγμα προσομοιώσεις:
  - διαδικασιών που είναι είτε: πολύ επικίνδυνες, πολύ αργές, ή πολύ γρήγορες (π.χ. κρούσεις)
  - φαινομένων που δε φαίνονται με γυμνό οφθαλμό (π.χ. μικρο-επίπεδο μορίων, ατόμων, κλπ.)
  - καταστάσεων που εμπλέκουν οντότητες μη υπαρκτές ή ιδανικές (π.χ. ιδανικό αέριο, λείες επιφάνειες δίχως τριβές, τέλεια ελαστικά σώματα)
  - θεωριών και μοντέλων (π.χ. κινητική θεωρία, κυματοειδές μοντέλο του φωτός).
- ii.) Λογισμικά που προσομοιώνουν τη λειτουργία μιας συσκευής, ή ενός μηχανήματος: Μπορεί να πρόκειται για την προσομοίωση της λειτουργίας μιας συσκευής: π.χ. το αμπερόμετρο, η το ζυγό του Roberval.

Όσον αφορά στην ποικιλία των φαινομένων που προσομοιώνουν τα λογισμικά αυτά, μπορούμε να διακρίνουμε δύο γενικές κατηγορίες εκπαιδευτικών λογισμικών προσομοίωσης:

- i.) *Κλειστά συστήματα*: τα οποία παράγουν προσομοιώσεις συγκεκριμένων και προσδιορισμένων εκ των προτέρων φαινομένων.
- ii.) *Ανοιχτά συστήματα* : όπου ο χρήστης μπορεί να προσδιορίσει και να κατασκευάσει ο ίδιος το υπό μελέτη φαινόμενο, επιλέγοντας τα επιθυμητά στοιχεία μέσα από μια βιβλιοθήκη βασικών οντοτήτων μιας κατηγορίας (π.χ. στοιχεία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, ή στοιχεία διατάξεων που μελετά η μηχανική όπως, στο λογισμικό Interactive Physics [4]). Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν τη μελέτη ενός μεγάλου εύρος φαινομένων, όμως συχνά υστερούν σε πιστή εικονική αναπαράσταση των φαινομένων αυτών.



Σχήμα 2: Οθόνη του εκπαιδευτικού λογισμικού 'Interactive Physics'

### Μάθηση και λογισμικά προσομοίωσης

Η μάθηση κατά την αλληλεπίδραση με λογισμικά προσομοίωσης μπορεί να επικεντρώνεται ή να αφορά σε όλα ή μερικά από τα ακόλουθα:

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', Νο 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

Εντοπισμός των κατάλληλων μεταβλητών: Ένα πρώτο επίπεδο μάθησης είναι αυτό που αφορά στον εντοπισμό και στον προσδιορισμό από τους μαθητές των παραγόντων που επιδρούν στο φαινόμενο. Σε σύνθετα φαινόμενα ο διδακτικός στόχος μπορεί να περιορίζεται στον εντοπισμό των παραγόντων που επιδρούν περισσότερο στην εξέλιξη του φαινομένου. Αν και ο προσδιορισμός των παραγόντων αυτών αποτελεί μία από τις βασικές διαδικασίες της πειραματικής μεθόδου, λίγα συστήματα προσομοιώσεων το επιτρέπουν πραγματικά εφόσον τα περισσότερα παρουσιάζουν στον χρήστη έτοιμη τη λίστα με τις μεταβλητές που επηρεάζουν το φαινόμενο, δίχως να του επιτρέπουν να εμπλακεί στη διαδικασία εντοπισμού τους<sup>1</sup>.

Τρόπος επίδρασης των μεταβλητών: Γνωρίζοντας τους παράγοντες που επιδρούν στο υπό μελέτη σύστημα (γνωρίζοντας ίσως ότι και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες μπορούν να παρέμβουν κάτω από ορισμένες συνθήκες), ένας από τους δυνατούς στόχους μάθησης είναι να προσδιορίσουν οι μαθητές το συγκεκριμένο τρόπο επίδρασης της κάθε μεταβλητής στην εξέλιξη του φαινομένου, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο η μία μεταβλητή επηρεάζει την άλλη. Για τη μελέτη του τρόπου επίδρασης των μεταβλητών, οι ενέργειες των μαθητών επικεντρώνονται στην τροποποίηση των τιμών που αποδίδονται στις μεταβλητές (π.χ. αρχικές συνθήκες) ή σε ορισμένες παραμέτρους και στην παρατήρηση της επίδρασής τους. Σημαντικές βελτιώσεις έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια, μέσα από τη δυνατότητα δράσης (μεταβολής τιμών μεταβλητών) σε πραγματικό χρόνο κατά τη διάρκεια της εξέλιξης της προσομοίωσης.

Στρατηγική διερεύνησης ενός φαινομένου: Για να αντλήσουν οι μαθητές από την προσομοίωση σημαντικές πληροφορίες, είναι απαραίτητο να κάνουν διερευνήσεις με οργανωμένο τρόπο, δηλαδή να ενεργοποιήσουν μια μέθοδο ανακάλυψης, συλλογής και ανάλυσης δεδομένων. Αυτή η συστηματική μέθοδος έχει άρρητη σχέση με τις νοητικές δραστηριότητες που συνδέονται με την πειραματική μέθοδο.

Από τα τρία αυτά πεδία εστίασης των στόχων μάθησης, συχνά οι διδάσκοντες επικεντρώνονται, κατά την τρέχουσα πρακτική, μόνο στο δεύτερο πεδίο, αμελώντας τα άλλα δύο που είναι όμως εξ ίσου σημαντικά (A. Weil-Barais 1994).

Πολυάριθμα κείμενα αναφέρονται στα πλεονεκτήματα των προσομοιώσεων. Υπάρχουν όμως ορισμένα θέματα που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής, και θα πρέπει να αντιμετωπιστούν από τους διδάσκοντες. Παραθέτουμε στη συνέχεια, ορισμένα από αυτά που είναι ενδογενή των συστημάτων προσομοίωσης, εμπλέκονται δηλαδή ανεξάρτητα από τον τρόπο που έχει σχεδιαστεί ένα συγκεκριμένο σύστημα:

Η 'ευκολία' χειρισμού των μεταβλητών: Οι προσομοιώσεις μπορεί να δώσουν στους μαθητές την εντύπωση ότι οι μεταβλητές μιας φυσικής διαδικασίας μπορούν πάντα εύκολα, ισότιμα και ανεξάρτητα να ελεγχθούν.

Μοντέλα, γεγονότα και προϋποθέσεις που δεν τίθενται υπό εξέταση: Κάθε προσομοίωση βασίζεται σε ένα σαφώς προσδιορισμένο μοντέλο της πραγματικότητας (συχνά πρόκειται για μαθηματικό μοντέλο, προκαθορισμένο εσωτερικά στο σύστημα). Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα μόνο να χειριστούν τους παράγοντες και τις μεταβλητές του μοντέλου, δίχως να έχουν ουδεμία αλληλεπίδραση με το ίδιο το μοντέλο ή γνώση αυτού. Όμως, όλα τα μοντέλα βασίζονται σε ορισμένες θεωρήσεις (συχνά απλοποιήσεις της πραγματικότητας) που είναι ενδογενείς του μοντέλου. Ποιες είναι αυτές οι θεωρήσεις; Γίνονται ποτέ γνωστές στους μαθητές που εργάζονται πάνω στις παραγόμενες προσομοιώσεις; Όλες οι προσομοιώσεις συνδέονται και αναφέρονται σε μια σειρά δεδομένων: από πού πηγάζουν τα δεδομένα αυτά; Ποιες πηγές έχουν χρησιμοποιηθεί; Θεωρείται ότι, οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα, θα έπρεπε να δίνονται με σαφήνεια στους μαθητές, και ακόμα περισσότερο, οι ίδιοι οι μαθητές να παρακινούνται να θέτουν ερωτήματα πάνω στα πλαίσια ισχύος και στην καταλληλότητα των προσομοιώσεων.

<sup>1</sup> Το θέμα αυτό έχει αντιμετωπιστεί από το SIMrw, λογισμικό μελέτης βασικών φαινομένων μηχανικής για μαθητές Δημοτικού σχολείου, το οποίο δεν παρουσιάζει άμεσα τις μεταβλητές (Dimitracopoulou and all. 1997)

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', Νο 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

Από την «πιστή» προσομοίωση, στην προσομοίωση «καρικατούρα» της πραγματικότητας: Κάθε μοντέλο είναι μια απλοποίηση και ίσως μια εξιδανίκευση της πραγματικότητας (π.χ., αγνοούμε την επίδραση ορισμένων παραγόντων προκειμένου να επικεντρωθούμε στην επίδραση άλλων). Κάποιες απλοποιήσεις μπορεί να είναι χρήσιμες και αποδεκτές, ενώ άλλες να παραπλανούν, ή να είναι ανακριβείς. Στις περιπτώσεις αυτές, οι προσομοιώσεις αποτελούν μάλλον καρικατούρες της πραγματικότητας παρά αναπαραστάσεις αυτής.

Σύγχυση με την πραγματικότητα: Οι μαθητές συχνά δεν κάνουν σαφή διάκριση ανάμεσα στο μοντέλο που ο προγραμματιστής έχει ενσωματώσει στο πρόγραμμα και στην ίδια την πραγματικότητα. Κατά συνέπεια, η προσομοίωση του φαινομένου στον υπολογιστή μπορεί να δημιουργήσει την αίσθηση ενός διαφορετικού κόσμου, που είναι πολύ πιο απλός και εύκολος στον χειρισμό από ότι συμβαίνει στην πραγματικότητα.

Διπλές απλοστεύσεις και απλοποιήσεις: Όλα τα παραπάνω γίνονται ακόμα πιο επικίνδυνα όταν πρόκειται για προσομοιώσεις που χρησιμοποιούν υπολογιστικά μοντέλα ενός επιστημονικού μοντέλου ή μιας θεωρίας, η οποία είναι από μόνη της απλοποίηση της πραγματικότητας (για παράδειγμα η κινητική θεωρία). Καταλήγουμε τότε να εργαζόμαστε με ένα μοντέλο του μοντέλου, δίχως συχνά αυτό να γίνεται σαφές στους μαθητές.

### **Διδακτική διαχείριση της μαθησιακής αξιοποίησης των συστημάτων προσομοίωσης**

Η μάθηση δεν επέρχεται αυτόματα μέσα από την αλληλεπίδραση με ένα εκπαιδευτικό λογισμικό προσομοιώσεων (όπως και με οποιοδήποτε άλλο λογισμικό). Ουσιαστικά, ο διδάσκων για να εργαστεί με τους μαθητές του θα πρέπει να έχει προετοιμάσει τις κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές, έτσι ώστε να μπορέσει να επιτύχει τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα. Παραθέτουμε στη συνέχεια συνοπτικά μερικά από τα σημεία που θα ήταν χρήσιμο να λάβουν οι διδάσκοντες υπόψη τους κατά τη διδακτική διαχείριση των εκπαιδευτικών λογισμικών προσομοίωσης φαινομένων:

- i. Ειδική πρόβλεψη πρέπει να γίνει προκειμένου να αντιμετωπιστούν ζητήματα μάθησης όπως αυτά που αφορούν στην αίσθηση της μεταβολής των μεταβλητών, ή τις προϋποθέσεις των μοντέλων που είναι εσωτερικά του συστήματος προσομοίωσης.
- ii. Κατά τη διαδικασία διερεύνησης της συμπεριφοράς ενός μοντέλου, οι μαθητές χρειάζεται να υποστηριχτούν από τον διδάσκοντα μέσω μιας διακριτικής καθοδήγησης (π.χ. για τη συστηματική μεταβολή των παραγόντων, μεταβάλλοντας έναν μόνο παράγοντα κάθε φορά και διατηρώντας σταθερούς τους υπόλοιπους).
- iii. Θα πρέπει να προσδιοριστούν τα περιθώρια ελευθερίας που θα δοθούν στους μαθητές, κατά τη διερεύνηση και την αναζήτηση λύσεων, μια δραστηριότητα που δεν είναι κοινότυπη. Οι μαθητές αν αφεθούν ελεύθεροι, κινδυνεύουν είτε να χαθούν είτε να βρίσκουν λύσεις μέσω δοκιμής και πλάνης, κάτι που προφανώς δεν μεταφράζεται αυτόματα σε μάθηση και εννοιολογική συγκρότηση.
- iv. Για τη διάκριση ανάμεσα στην προσομοίωση και το πείραμα είναι απαραίτητη η πρότερη ή η παράλληλη εργασία με πειράματα. Θα πρέπει να σημειώσουμε όμως ότι εξ ορισμού, οι προσομοιώσεις επιτρέπουν την απόκτηση μεγάλου αριθμού δεδομένων, ανάλογα με τη μεταβολή των παραγόντων του μοντέλου. Κατά συνέπεια, ο μαθητής δε βρίσκεται σε μια κλασσική κατάσταση όπου μόνο ένας περιορισμένος αριθμός πειραματικών δοκιμών μπορεί να πραγματοποιηθεί. Οι δραστηριότητες της αντιπαραβολής και της οργάνωσης των βημάτων γίνεται λοιπόν κρίσιμη, η έλλειψη των οποίων μπορεί να οδηγήσει τον μαθητή στο να χαθεί με τα δεδομένα που αποκτά τόσο εύκολα.

Για όλα τα ανωτέρω, η διερεύνηση των φαινομένων, καταστάσεων ή συσκευών μέσω λογισμικών προσομοίωσης, πρέπει λοιπόν να απαντά στις απαιτήσεις ενός πραγματικού πειράματος και συγκεκριμένα να συνοδεύεται από σκέψη, αναλογισμό και πρόβλεψη που θα καθοδηγεί και θα προηγείται της δράσης, και θα οδηγήσει σε μορφοποίηση των αποτελεσμάτων από τους μαθητές, δημιουργία ενδιάμεσων και συνολικών εκθέσεων των εργασιών τους, κ.ά.. Για την αντιμετώπιση των θεμάτων αυτών, πέρα από την επίγνωση από την πλευρά του

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', Νο 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

Διδάσκοντα και τις κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές, συχνά είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη με τη διερεύνηση της προσομοίωσης χρήση κατάλληλων φύλλων εργασίας όπου οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν τις προβλέψεις, παρατηρήσεις και εξηγήσεις τους, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από κάθε ενέργεια. Εξ άλλου, τα λογισμικά που πραγματικά υποστηρίζουν τη διδασκαλία συνοδεύονται από οδηγίες για τον διδάσκοντα και φύλλα εργασίας για τον μαθητή.

## 2.2. Συστήματα μοντελοποίησης

Η μοντελοποίηση αν και συνιστά μια βασική μέθοδο της επιστήμης της φυσικής, και αν και παράλληλα οι στόχοι της διδασκαλίας της φυσικής στα λύκεια είναι να μάθουν οι μαθητές να εφαρμόζουν επιστημονικές μεθόδους, παραδόξως, διαπιστώνουμε ότι οι δραστηριότητες μοντελοποίησης είναι πρακτικά ανύπαρκτες στις σχολικές τάξεις, όπου αρκούμαστε να χρησιμοποιούμε μοντέλα και στην καλύτερη περίπτωση να εξετάζουμε τα όρια ισχύος τους. Πολλοί επιστήμονες της διδακτικής της φυσικής θέτουν το ερώτημα κατά πόσο «μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη διδασκαλία αυτή ως επιστημονική;» (Winther 1990).

Ενώ λοιπόν από τα μέσα της δεκαετίας του '60 τα πρώτα εκπαιδευτικά λογισμικά ήταν λογισμικά προσομοίωσης, διδακτικοί λόγοι ώθησαν κατά το τέλος σχεδόν της δεκαετίας του '80, να στραφεί το ενδιαφέρον προς την ανάπτυξη και χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών που επιτρέπουν στους μαθητές να ασχοληθούν με την επινόηση και κατασκευή μοντέλων (δημιουργία μοντέλου, δοκιμή μέσα από προσομοίωση του φαινομένου που απορρέει από το μοντέλο, βελτίωση του μοντέλου μέσα από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του με αυτά της πραγματικότητας).

Μπορούμε να διακρίνουμε τρία διαφορετικά είδη εκπαιδευτικών λογισμικών που υποστηρίζουν δραστηριότητες μοντελοποίησης:

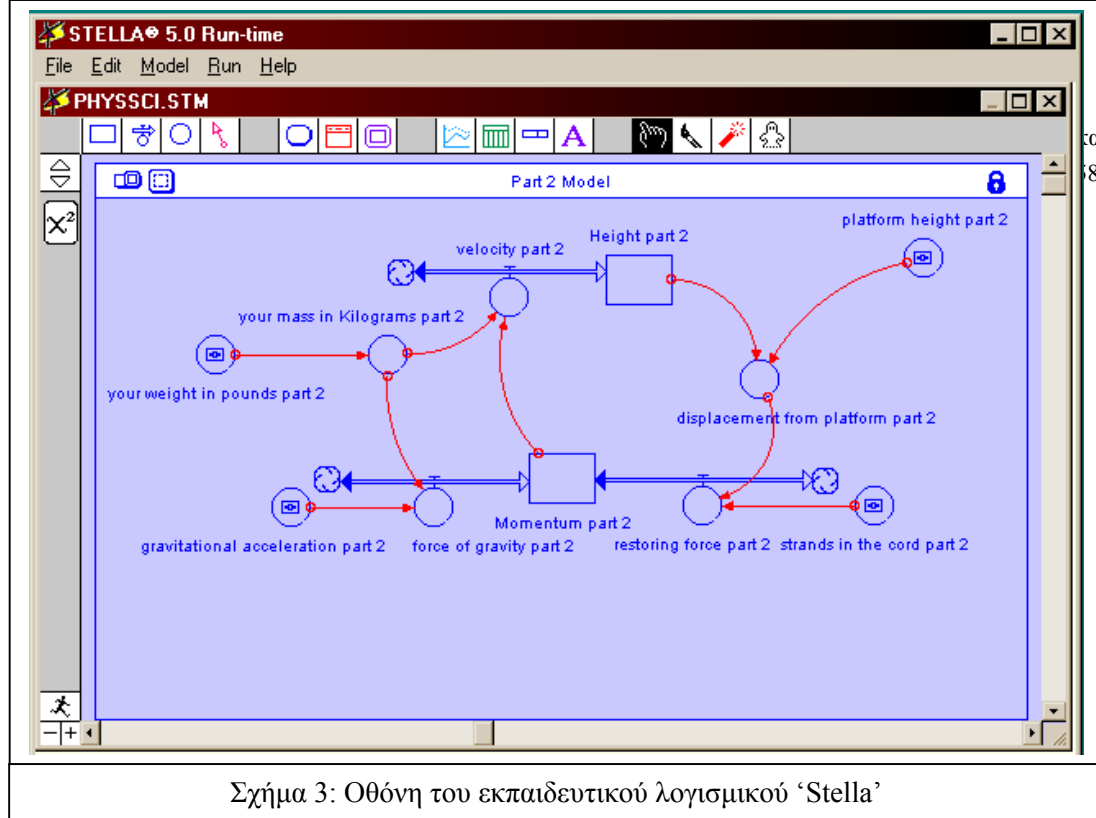
i.) Μοντελοποίηση μέσω διαδικασιών προγραμματισμού Κατά τα μέσα της δεκαετίας του '80, η μοντελοποίηση γινόταν μέσω γλωσσών προγραμματισμού (π.χ. τύπου LOGO) που επέτρεπαν τη δημιουργία μαθηματικών ουσιαστικά μοντέλων.

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν εξειδικευμένα εκπαιδευτικά λογισμικά, κατάλληλα για ειδικά μαθηματικά μοντέλα, όπως το "Dynamic Modelling System" (Ogborn 1986). Η μοντελοποίηση εθεωρείτο ως μια δραστηριότητα που πλησιάζει αυτή του προγραμματισμού, και μπορεί να οδηγήσει στη διερεύνηση και στην κατανόηση φαινομένων που μοντελοποιούνται μέσω σύνθετων μαθηματικών μοντέλων, όπως για παράδειγμα αυτά των διαφορικών εξισώσεων.

ii.) Ειδικά εκπαιδευτικά λογισμικά μοντελοποίησης με ποσοτικά μοντέλα: Κατά την τελευταία δεκαετία αναπτύχθηκαν πιο εξελιγμένα συστήματα όπως το Stella [13] και το πρόσφατο Modellus [4]. Τα λογισμικά αυτά έχουν ως κοινό στοιχείο ότι ζητούν από τον χρήστη να ονομάσει και να καθορίσει μεταβλητές, να τους αποδώσει τιμές, και να περιγράψει σχέσεις που τις συνδέουν μεταξύ τους.

Για τη δημιουργία των μοντέλων, το Stella προσφέρει ένα γραφικό περιβάλλον, όπου οι μεταβλητές αναπαριστούνται από ειδικά σύμβολα, ενώ παράλληλα απαιτεί τον προσδιορισμό των σχέσεων μέσω μαθηματικών εκφράσεων. Υποστηρίζει την επινόηση και δημιουργία μιας μεγάλης ποικιλίας μοντέλων που συναντάμε σε διάφορες επιστήμες όπως οικονομία, μελέτη φυσικού περιβάλλοντος, φυσική, μαθηματικά, κλπ.

Το Modellus είναι ένα σύστημα μαθηματικής μοντελοποίησης, που παράγει δυναμικές προσομοιώσεις, ενώ προσφέρει ένα ιδιαίτερα ευέλικτο περιβάλλον για τη σύνταξη των μαθηματικών σχέσεων (εξισώσεων), ανάλογο με τον τρόπο που γράφουμε σε χαρτί και μολύβι.



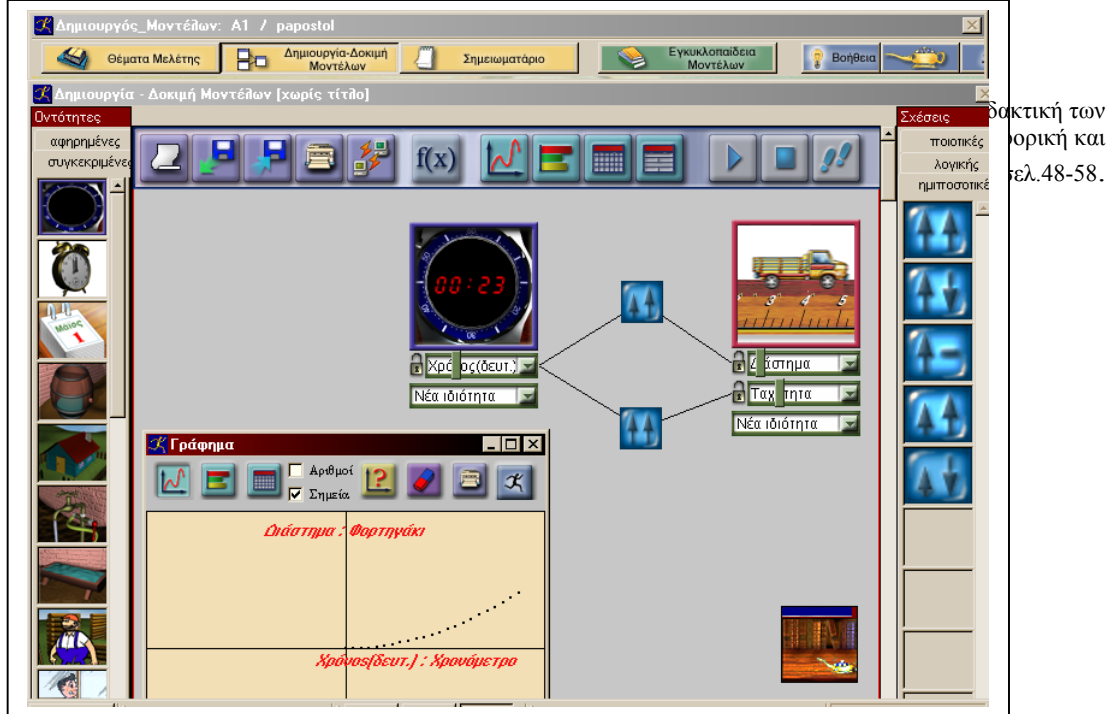
Σχήμα 3: Οθόνη του εκπαιδευτικού λογισμικού ‘Stella’

iii.) Συστήματα που υποστηρίζουν την ποιοτική και ημιποσοτική μοντελοποίηση: Μοντελοποίηση δε γίνεται ή δεν είναι κατάλληλο να γίνεται μόνο μέσω ποσοτικών μαθηματικών μοντέλων. Και αυτό γιατί, πρώτον, όλα τα μοντέλα δεν είναι μαθηματικά μοντέλα, δεύτερον η μαθηματική μοντελοποίηση δεν είναι κατάλληλη για μικρούς σε ηλικία μαθητές (μαθητές Γυμνασίου), και τρίτον η άμεσα μαθηματική μοντελοποίηση δε βοηθά στη διαδικασία κατανόησης και οικοδόμησης των εννοιών. Μέσα από τον προβληματισμό αυτό, αναπτύχθηκαν στις αρχές τις δεκαετίας του ‘90 από επιστήμονες της Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και γνωστικούς ψυχολόγους (Bliss, Ogborn, and all 1992), τα πρώτα εκπαιδευτικά λογισμικά που στηρίζουν τις διαδικασίες μοντελοποίησης μέσα από την εφαρμογή ποιοτικού αλλά και ημιποσοτικού συλλογισμού

Το σύστημα IQON (Bliss and all 1992) είναι το πρώτο λογισμικό που σχεδιάστηκε εφαρμόζοντας ημιποσοτικό συλλογισμό, (βασίζεται στον προσδιορισμό σχέσεων, με όρους κατεύθυνση αλλαγής των μεγεθών, και στηρίζει το σταδιακό πέρασμα από τον ποιοτικό στον ποσοτικό συλλογισμό) δίχως όμως να είναι κατάλληλο για μοντέλα φυσικής.

Πρόσφατα αναπτύχθηκε το λογισμικό ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (Κόμης & άλλοι 1998) (στα πλαίσια του προγράμματος Σειρήνες), που υποστηρίζει τον ποιοτικό, ημιποσοτικό και ποσοτικό συλλογισμό, για δραστηριότητες μοντελοποίησης σε μια ποικιλία γνωστικών αντικειμένων και διαφορετικά είδη μοντέλων (δυναμικά μοντέλα, μοντέλα λογικής, σημασιολογικά μοντέλα). Δίνει επιπλέον τη δυνατότητα, που είναι σημαντική για τη φυσική, άμεσης σύγκρισης πραγματικών πειραματικών δεδομένων με τα δεδομένα που προκύπτουν από το μοντέλο, μέσω ενός ανοιχτού πίνακα τιμών όπου οι μαθητές μπορούν να εισάγουν τα πειραματικά δεδομένα και να συγκρίνουν τις αναπαραστάσεις που προκύπτουν.





Σχήμα 4: Οθόνη του εκπαιδευτικού λογισμικού 'ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ'

### **Μάθηση και λογισμικά μοντελοποίησης:**

Σε αρκετές χώρες έχει δοθεί τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη έμφαση στις δραστηριότητες μοντελοποίησης (δραστηριότητες μοντελοποίησης στο αναλυτικό πρόγραμμα και στα σχολικά εγχειρίδια στη Γαλλία και στη Μεγάλη Βρετανία) και αυτό για μια σειρά από λόγους, που προκύπτουν από έρευνες στον χώρο της Διδακτικής των Επιστημών. Οι δραστηριότητες μάθησης με τα λογισμικά μοντελοποίησης έχουν ως σημείο αφετηρίας την παραδοχή ότι οι βασικές έννοιες και νόμοι της Φυσικής δε θα πρέπει να παρουσιάζονται έτοιμοι και με αξιωματικό τρόπο από τον διδάσκοντα, αλλά να οικοδομούνται προοδευτικά από τους ίδιους τους μαθητές (όταν αυτό είναι δυνατό) μέσα σε ένα πλούσιο περιβάλλον μάθησης.

Η προσέγγιση μοντελοποίησης συνίσταται στη δήλωση των παραγόντων που παίζουν σημαντικό ρόλο στο μοντέλο, στη δήλωση ενός πεδίου τιμών των παραγόντων αυτών και στον προσδιορισμό σχέσεων οι οποίες συνδέουν τους παράγοντες αυτούς και δημιουργούν ουσιαστικά το μοντέλο.

Τα λεπτά σημεία για τη μάθηση κατά την αλληλεπίδραση με τα λογισμικά προσομοίωσης, είναι παρόμοια με αυτά που αναφέρθηκαν για τα λογισμικά προσομοίωσης.

Μια σημαντική δυσκολία που συχνά εμφανίζεται είναι να συσταθούν επαρκείς σύνδεσμοι με την πραγματικότητα ή τα πειραματικά δεδομένα (είτε γιατί λείπουν είτε γιατί παρεμβαίνουν προβλήματα μορφής δεδομένων, κλίμακας παρουσίασης, ακρίβειας μεθόδου, κλπ), κάτι που είναι όμως σημαντικό για τη σύγκριση των μοντέλων με την πραγματικότητα αλλά και τη μεταξύ τους διάκριση.

### **Διδακτική διαχείριση των συστημάτων μοντελοποίησης:**

Κατά την αλληλεπίδραση με λογισμικά μοντελοποίησης, οι μαθητές εργάζονται πάνω σε δύο ειδών δραστηριότητες, δραστηριότητες διερεύνησης μοντέλων, και δραστηριότητες επινόησης μοντέλων.

Κατά τις δραστηριότητες διερεύνησης μοντέλων προτείνεται στους μαθητές:

- ◆ Η επιβεβαίωση και βελτίωση ή επέκταση ενός μοντέλου,
- ◆ Η επιλογή της καταλληλότητας ενός από δύο ή περισσότερα διαφορετικά μοντέλα, η οποία γίνεται μέσω διερεύνησης της συμπεριφοράς τους.

Η δραστηριότητα επινόησης μοντέλων είναι συνήθως μια σύνθετη δραστηριότητα για την οποία απαιτούνται τα ακόλουθα στάδια:

- Ανάλυση προβλήματος: Αρχικό βήμα σε μια διαδικασία μοντελοποίησης είναι η διατύπωση των ερωτημάτων, η συγκεκριμενοποίηση του προβλήματος, και η διατύπωση υποθέσεων.

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', No 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

- Επινόηση ενός αρχικού μοντέλου: Ένα από τα πρώτα ζητήματα για τα οποία οι μαθητές θα προβληματιστούν είναι οι παράγοντες που θα θεωρήσουν (οντότητες/μεγέθη) και θα εισάγουν στο μοντέλο καθώς και προσδιορισμός των σχέσεών τους.
- Δοκιμή του μοντέλου: Κατά την εκτέλεση του μοντέλου λαμβάνονται υπόψη οι προσομοιώσεις και οι αναπαραστάσεις που παράγονται, έτσι ώστε να γίνει η επιβεβαίωση της καταλληλότητάς του, ή να τεκμηριωθεί η ανάγκη βελτίωσής του.
- Βελτίωση μοντέλου: Απαλοιφή η πρόσθεση παραγόντων, επαναπροσδιορισμός των σχέσεων, κλπ., έως να κριθεί ότι το μοντέλο είναι ικανοποιητικό.

Όταν πρόκειται για πολύπλοκα μοντέλα, οι μαθητές μπορούν να ξεκινήσουν από απλές σχέσεις, ή από πληροφορίες που δίδονται και να κατασκευάσουν μια διαδοχή μοντέλων που εμπλουτίζονται διαδοχικά με την ενσωμάτωση μεταβλητών ή συμπληρωματικών συνθηκών.

Η παιδαγωγική διαχείριση της μάθησης μέσω λογισμικών μοντελοποίησης δεν είναι προφανής, εφόσον πρόκειται για προσέγγιση διδασκαλίας μέσω καθοδηγούμενης ανακάλυψης όπου ο διδάσκων δε θα πρέπει να προστρέχει παρουσιάζοντας έτοιμες τις σχέσεις ή τους νόμους, αλλά να υποβοηθά μέσω νύξεων και υποδείξεων παροτρύνοντας τις ομάδες των μαθητών να αναλογίζονται και να διερευνούν.

Στο επίκεντρο της μάθησης, κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων μοντελοποίησης, θα πρέπει να βρίσκονται οι διαδικασίες και οι νοητικές διεργασίες που είναι σύμφυτες με την επιστήμη της φυσικής: «πως φτάνουμε στην επινόηση των φυσικών μεγεθών και των εννοιών;» «πως βρίσκουμε τις σχέσεις ανάμεσα στα μεγέθη», «πως επινοούμε ένα μοντέλο;» «ποιες αναπαραστάσεις δημιουργούμε με σκοπό να απαντήσουμε σχετικά ερωτήματα;» «πως ελέγχουμε την ισχύ των μοντέλων που οικοδομούμε;»

### 2.3. Εργαλεία Σύνδεσης με Εργαστηριακές δραστηριότητες.

Οι εργαστηριακές δραστηριότητες που υποστηρίζονται από Υπολογιστές (Microcomputer-Based Laboratory), είναι εν δυνάμει ακόμα πιο κατάλληλες για να γεφυρώσουν το χάσμα ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και στα εργαλεία ανάλυσης και προσομοίωσης ή μοντελοποίησης στον υπολογιστή.

Ειδικά λογισμικά και συσκευές λήψης δεδομένων από τα εργαστηριακά πειράματα επιτρέπουν, μέσω της κατάλληλης σύνδεσης με τον υπολογιστή, την μεταφορά, ψηφιοποίηση, παρουσίαση και επεξεργασία των δεδομένων των πειραμάτων. Γίνεται έτσι δυνατό για τους μαθητές να μελετήσουν την κίνηση, τον ήχο, τη θερμοκρασία, και άλλα φυσικά φαινόμενα.

Τα συστήματα αυτά είναι ικανά να μετρήσουν για παράδειγμα δύναμη και κίνηση ταυτόχρονα, ενώ άλλα ένταση ρεύματος και τάση, ή ακόμα ένταση φωτός, θερμοκρασία, ιονίζουσα ακτινοβολία και άλλες φυσικές μεταβλητές χρησιμοποιώντας κάθε φορά κατάλληλους ανιχνευτές και αισθητήρες. Στην ανάπτυξη τέτοιων εργαλείων έχει συνεισφέρει ιδιαίτερα το Center for Science and Mathematics Teaching του Tufts University στα πλαίσια του προγράμματος «Tools for Scientific Thinking» [5], κατά το οποίο εργάστηκαν τόσο με μικρούς σε ηλικία μαθητές (μαθητές Γυμνασίου) όσο και με φοιτητές.

Αναφέρουμε ως παράδειγμα τον τρόπο λειτουργίας του ανιχνευτή κίνησης: Ο καταγραφέας κίνησης και το αντίστοιχο λογισμικό είναι ικανό να μετρά, να παρουσιάζει και να καταγράφει τις τιμές του διαστήματος (θέσης ή απόστασης), της ταχύτητας και της επιτάχυνσης ενός αντικειμένου. Το λογισμικό είναι προγραμματισμένο να μετρά τον χρόνο ανάμεσα σε παλμούς που μεταδίδει και παλμούς που δέχεται, και να υπολογίζει τη θέση, ταχύτητα και επιτάχυνση του αντικειμένου που προκαλεί την ανάκλαση. Για κάθε ένα από αυτά τα μεγέθη μπορεί να εμφανίσει πίνακα τιμών και γραφικές παραστάσεις κατά τη διάρκεια της λήψης των δεδομένων. Ο ανιχνευτής κίνησης ανιχνεύει αντικείμενα σε κίνηση που βρίσκονται ανάμεσα σε ½ μέτρα και 6 μέτρα μακριά. Το αντικείμενο σε κίνηση μπορεί να είναι οποιοδήποτε σώμα, ακόμα και το ίδιο το σώμα των παιδιών.

### **Εργαλεία εργαστηριακών πειραμάτων μάθηση και διδακτική διαχείριση**

Τα εργαλεία και τα λογισμικά άμεσης σύνδεσης με εργαστηριακά πειράματα δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να συλλέξουν και να παρουσιάσουν πειραματικά δεδομένα σε μια μορφή κατάλληλη για να τα χειριστούν, να συζητήσουν και να αναλογιστούν πάνω σε αυτά.

Οι μαθητές θα πρέπει να καθορίσουν τους παράγοντες που θα τους επιτρέψουν να μελετήσουν το σύστημα, να κατασκευάσουν με τις γνώσεις τους ένα θεωρητικό μοντέλο (π.χ. μοντέλο τριβών και γενική εξίσωση της κίνησης) και να χρησιμοποιήσουν τον υπολογιστή συγχρόνως τόσο για να αποκτήσουν αυτόματα και να επεξεργαστούν τα πειραματικά δεδομένα, όσο ενδεχομένως και για να λύσουν προτεινόμενες εξισώσεις και να αντιπαραβάλλουν άμεσα τα διάφορα αποτελέσματα.

Ειδικές μελέτες πάνω στην επίδραση των εργαλείων αυτών στη μάθηση, έχουν δώσει θετικά αποτελέσματα, αναφορικά με την κατανόηση των βασικών φυσικών μεγεθών και νόμων (Thornton 1997).

Όσον αφορά στη διδακτική διαχείριση, ισχύουν τα περισσότερα από τα θέματα που αναφέρθηκαν για τα λογισμικά προσομοίωσης και μοντελοποίησης, εκτός από αυτά που αφορούν στη σύνδεση της δραστηριότητας στον υπολογιστή με την πραγματική πειραματική διαδικασία.

## **2.4. Ηλεκτρονικά βιβλία πολυμέσων και λογισμικά πρακτικής και εξάσκησης**

Πολλά από τα λογισμικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο, συνήθως περιέχουν την παρουσίαση του περιεχομένου μιας μικρής γνωστικής περιοχής και στη συνέχεια προτείνουν στο μαθητή μια σειρά από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ή ασκήσεις απλής μορφής, που αποσκοπούν στον έλεγχο της κατανόησης (συντά σε επίπεδο απομνημόνευσης) του περιεχόμενου. Τα λογισμικά αυτά έχουν ενσωματώσει τα πολυμέσα, με την έννοια ότι χρησιμοποιούν κείμενο, ήχο, φωτογραφίες και ενδεχομένως μερικά αποσπάσματα βίντεο, όμως συχνά η χρήση των πολυμέσων δεν αξιοποιείται με τρόπο ώστε να συνεισφέρει ουσιαστικά στη μάθηση (π.χ. αφήγηση που κάνει απλώς ανάγνωση ενός υπάρχοντος κειμένου).

Οι δραστηριότητες που προσφέρουν τα λογισμικά πρακτικής και εξάσκησης (drill and practice) είναι πάντα πολύ περιορισμένες. Η θεώρηση μάθησης που υλοποιούν είναι αυτή της μάθησης μέσω επανάληψης και απομνημόνευσης, υποστηριζόμενη από ένα περιορισμένο σύστημα ανατροφοδότησης (ένδειξη αν η απάντηση/λύση είναι σωστή ή λάθος).

Ο μαθητής για να χρησιμοποιήσει ένα τέτοιο λογισμικό, θα πρέπει να έχει ήδη διδαχθεί ανάλογα θέματα. Ο στόχος της δραστηριότητας είναι να δώσει στον μαθητή την ευκαιρία να εξασκηθεί στην εφαρμογή των αντίστοιχων κανόνων και διαδικασιών. Ο τρόπος με τον οποίο θα αναπτύξουν οι μαθητές τις ικανότητες αυτές είναι σαφώς προσδιορισμένος.

Στην ελληνική πραγματικότητα και από ελληνικές εταιρίες έχουν κάνει την εμφάνισή τους λογισμικά φυσικής πολυμέσων που συχνά δίνουν την αίσθηση φροντιστηριακών βιβλίων.

Τα συστήματα αυτά δεν αξιοποιούν τις δυνατότητες του υπολογιστή για να προσφέρουν νέα πεδία μάθησης, ή νέες δραστηριότητες στους μαθητές. Παρουσιάζουν ενδιαφέρον κυρίως μόνο για την αναλυτική παρουσίαση ενός συγκεκριμένου θέματος. Όσον αφορά στον τρόπο διδακτικής διαχείρισης, συνήθως προσφέρονται για ατομική χρήση από τον μαθητή στο σχολείο ή στο σπίτι. Για την διδακτική αξιοποίηση στο σχολείο, τα λογισμικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον καθηγητή για μια σύντομη παρουσίαση ενός θέματος.

## **1.3. Τα Νοήμονα Συστήματα Διδασκαλίας/ Μάθησης**

Η ανάπτυξη των Νοημόνων Συστημάτων Διδασκαλίας (Intelligent Tutoring Systems) και η εξέλιξη των χαρακτηριστικών τους αποτελεί ένα σημαντικό φαινόμενο της τελευταίας

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', No 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

δεκαπενταετίας. Τα συστήματα αυτά αποτελούν εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence) και είναι ικανά να επιλύουν προβλήματα μιας συγκεκριμένης γνωστικής περιοχής, καθώς και να αναπαραγάγουν και να παρουσιάσουν στον μαθητή τη διαδικασία συλλογισμού που ενεργοποιήθηκε για να παραχθεί η επίλυση.

Ανάμεσα στα διαφορετικά είδη νοημόνων συστημάτων διδασκαλίας, εκείνο που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη μάθηση είναι αυτό της επίλυσης προβλημάτων, ένα πεδίο ιδιαίτερα σημαντικό στη διδασκαλία της φυσικής.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα συστήματα αυτά επιτρέπουν έναν ή περισσότερους τρόπους μάθησης μέσω:

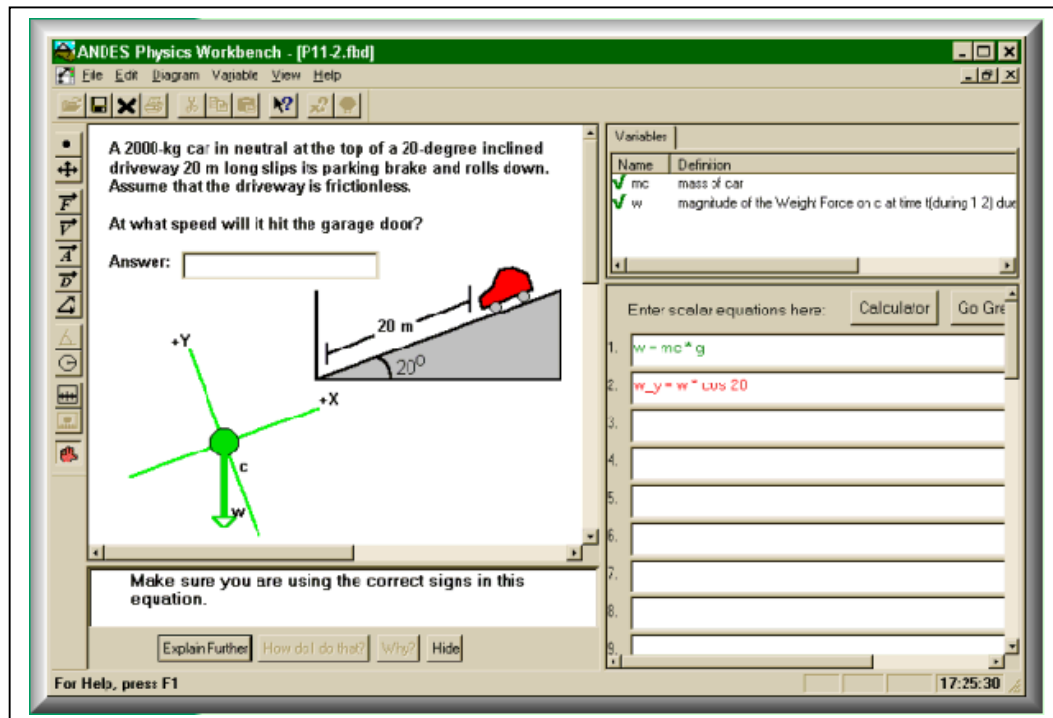
- *Μελέτης παραδειγμάτων επίλυσης*: ο μαθητής παρατηρεί τον τρόπο επίλυσης ενός προβλήματος από το σύστημα, και θέτει ερωτήματα («γιατί», «πώς») προκειμένου να κατανοήσει την επίλυση. Το νοήμον σύστημα προσαρμόζει τόσο την επίλυση που παρουσιάζει όσο και τις απαντήσεις που δίδει, στο γνωστικό προφίλ του μαθητή.
- *Επίλυση προβλημάτων*: ο μαθητής επιλύει προβλήματα και το σύστημα τον «βοηθά» κατά την διαδικασία επίλυσης. Η βοήθεια κατά την επίλυση έγκειται στην παροχή κατάλληλης ανατροφοδότησης, προτείνοντας διορθώσεις ή νύξεις και υποδείξεις αναφορικά με την στρατηγική της επίλυσης ή άλλα διαδικαστικά τοπικά 'λάθη'.

Τα συστήματα αυτά είναι εν δυνάμει ικανά να προσαρμόζουν τις διδακτικές τους ενέργειες στο επίπεδο και στις γνωστικές ανάγκες του μαθητή-χρήστη. Για τον σκοπό αυτό περικλείουν και επεξεργάζονται τουλάχιστον τριών ειδών αναπαραστάσεις γνώσεων:

- το περιεχόμενο του γνωστικού αντικειμένου (expert model), απαραίτητο για να μπορεί το σύστημα να επιλύει μόνο του τα προβλήματα που του τίθενται,
- το μοντέλο του μαθητή (student model), που δημιουργείται μέσα από την ανάλυση των δράσεων και των απαντήσεων που δίνει ο μαθητής κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης και είναι απαραίτητο για να γίνει δυνατή στη συνέχεια η κατάλληλη προσαρμογή των διδακτικών ενεργειών του συστήματος στις ανάγκες του μαθητή,
- τις παιδαγωγικές και διδακτικές στρατηγικές (tutor model). Το σύστημα αναλύει τη δραστηριότητα του μαθητή και προσαρμόζει δυναμικά και κατάλληλα τις διδακτικές του ενέργειες (επιλογή προβλημάτων που του προτείνονται, τρόπος αντιμετώπισης λανθασμένων επιλογών, ειδικά σχόλια, νύξεις ή παροτρύνσεις).

Τα νοήμονα συστήματα επίλυσης προβλημάτων τα χρησιμοποιούμε τυπικά σε συνθήκες όπου, ο μαθητής έχει ήδη «συναντήσει» τις γνώσεις σε θεωρητικό επίπεδο, και καλείται να αναπτύξει τη μάθηση εφαρμόζοντάς τις έννοιες αυτές σε ένα σημαντικό αριθμό περιπτώσεων. Μπορούμε να τα κατατάξουμε σε δύο γενικές κατηγορίες, αναφορικά με την ευελιξία του παιδαγωγικού μοντέλου που εφαρμόζουν:

- i) Τα συστήματα που *κατευθύνουν πλήρως το μαθητή* και δεν αξιοποιούν μαθησιακά τα λάθη, παρέχοντας άμεση ανάδραση και άμεση διόρθωση των λαθών. Στην περίπτωση αυτή το σύστημα ακολουθεί βήμα προς βήμα την επίλυση του μαθητή και δεν του επιτρέπει ενέργειες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε λύσεις μη προβλεπόμενες.
- ii) *Συστήματα διακριτικής βοήθειας*, τα οποία αν και αποδίδουν τον έλεγχο της πρωτοβουλίας στο σύστημα (και όχι στον χρήστη), αφήνουν μια σχετική ελευθερία στον μαθητή, εφόσον δεν επεμβαίνουν άμεσα στην δραστηριότητά του, αλλά μέσα από ένα σύστημα κανόνων που αποφασίζει το πλάνο των αλληλεπιδράσεων σε συνάρτηση με την ανάλυση της συμπεριφοράς του μαθητή. Με τον τρόπο αυτό λειτουργούν τα συστήματα ARPIA (Dimitracopoulou 1995) για την αρχική αναπαράσταση των προβλημάτων μηχανικής (διαγράμματα δυνάμεων και κινήσεων) από μαθητές Λυκείου, και Andes (K.V. Lehn 1997) για ανάλυση και επίλυση προβλημάτων μηχανικής από μαθητές Λυκείου και φοιτητές.



Σχήμα 5: Οθόνη του εκπαιδευτικού λογισμικού 'Andes'

#### Διδακτική διαχείριση Νοημόνων Συστημάτων Διδασκαλίας:

Ένας δυνατός τρόπος χρήσης είναι η ατομική χρήση από τον κάθε μαθητή και φοιτητή. Όσον αφορά στη διαχείριση μέσα στη σχολική τάξη, συνήθως τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για:

- Διάγνωση δυσκολιών: Ομαδική ή ατομική χρήση από τους μαθητές, με σκοπό να καταγράψει ο διδάσκων τις δυσκολίες των μαθητών, για να τις αντιμετωπίσει συνολικά σε επίπεδο τάξης. Τα λογισμικά αυτά κάνουν μια αρκετά επεξεργασμένη διάγνωση που συχνά είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί από έναν καθηγητή, όταν έχει να εργαστεί με έναν μεγάλο αριθμό μαθητών.
- Πρακτική και εξάσκηση σε ώρες αφιερωμένες στην επίλυση προβλημάτων, εφόσον τα λογισμικά αυτά είναι κατάλληλα επεξεργασμένα για ατομική χρήση, λόγω της προσαρμοσμένης ανατροφοδότησης που δίνει στον κάθε μαθητή.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, τα τελευταία χρόνια, υπάρχει η τάση ανάπτυξης λογισμικών που συνδυάζουν τις τεχνικές και τις προσεγγίσεις των συστημάτων προσομοίωσης και μικρόκοσμων με αυτές των νοημόνων συστημάτων.

### **3. Συμπεράσματα- Συζήτηση**

Οι υπάρχουσες κατηγορίες εκπαιδευτικού λογισμικού φυσικής, προσφέρουν ήδη μια σημαντική ποικιλία νέων δυνατοτήτων τόσο για την υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας όσο και για την ενασχόληση με νέες για τους μαθητές δραστηριότητες. Νέες κατηγορίες λογισμικών αναμένεται να αναπτυχθούν σε ευρεία κλίμακα, μέσω της επέκτασης της εφαρμογής των τεχνικών της εικονικής πραγματικότητας, καθώς και της προσπάθειας ανάπτυξης λογισμικών που στηρίζουν τη συνεργατική μάθηση και αλληλεπίδραση των μαθητών μέσω τοπικού δικτύου και διαδικτύου (Internet).

Εκτός όμως από την ύπαρξη αξιόλογων εκπαιδευτικών λογισμικών, ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας για την ένταξή τους στη διδακτική πράξη και την ουσιαστική μαθησιακή αξιοποίησή τους, είναι οι διδάσκοντες. Το έργο της διδασκαλίας με αξιοποίηση

Δημητρακοπούλου Α., (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδακτική των φυσικών επιστημών: Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούμε; Εδικό Αφιέρωμα στη Πληροφορική και Εκπαίδευση, *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, 3<sup>η</sup> Περίοδος, Vol. Η', Νο 30, Άνοιξη 1999, σελ.48-58.

εκπαιδευτικών λογισμικών, δεν μπορεί να θεωρηθεί κοινότυπο στη διαχείρισή τους, εφόσον απαιτεί την εφαρμογή σύγχρονων και δυναμικών παιδαγωγικών και διδακτικών στρατηγικών και ειδικές γνώσεις πάνω στις βέλτιστες και κατάλληλες στρατηγικές.

Για το σκοπό αυτό απαιτείται ευρεία επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, πάνω στις δυνατότητες των νέων αυτών διδακτικών μέσων και τις προσεγγίσεις αξιοποίησής τους, καθώς και σταδιακή αναμόρφωση των αναλυτικών προγραμμάτων, με τρόπο που να ενσωματώνουν τις νέες δραστηριότητες που οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των νέων τεχνολογιών της πληροφορίας και της επικοινωνίας μπορούν να υποστηρίξουν.

### **Βιβλιογραφικές αναφορές**

1. ANDES: <http://www.pitt.edu/~vanlehn/andes.html>
2. BLISS J., OGBORN J., BOOHAN R., BROSANAN, T., BROUGH D., MELLAR (1992). *Tools for Exploratory Learning Program* End of Award Review Report, London, University of London.
3. DIMITRACOPOULOU A., VOSNIADOU S., IOANNIDES C. (1997), Exploring and modelling the real world through special designed technology-based environments for young children, In 7th *European Conference for Research on Learning and Instruction*, Athens, Greece.
4. INTERACTIVE PHYSICS: : <http://www.krev.com>
5. MBL, Tools for Scientific Thinking: <http://www.vernier.com/cmat/tst.html>
6. MODELLUS: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>
7. OGBORN J. (1986). Computational Modelling in Science, In R. Lewis & Tagg (Eds), *Trends in Computer Assisted Learning*, Oxford: Blackwell.
8. WEIL-BARAIS A. (1994). Etude de l'impact de l'utilisation d'outils informatiques par les eleves en Sciences Physiques, *Report de Recherche* Finance par le Minister de L'Education Nationale, Direction de l'Information et des Technologies Nouvelles, pp.106.
9. WINTER J. (1990). L'integration de l'outil informatique dans l'enseignement, Actes de colloque, *Les objectifs de la formation scientifique*, Avril 1990, pp. 281-286.
10. ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ Α. (1993). 'ARPIA': Ένα 'διδασκτικό' έμπειρο σύστημα για την οικοδόμηση της αρχικής αναπαράστασης προβλημάτων μηχανικής. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση" εκδ. Παν/μιο Ιωαννίνων, (σ. 197-216).
11. ΚΟΜΗΣ (Β.), ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ (Α.), ΠΟΛΙΤΗΣ (Π.), "Ζητήματα σχεδιασμού ανοικτών περιβαλλόντων μάθησης: το παράδειγμα του λογισμικού "Δημιουργός\_Μοντέλων"", *Δημερίδα "Η Πληροφορική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση"*, ΕΠΥ - ΥΠΕΠΘ, Δεκέμβριος 1998, σελ. 198-205
12. ΜΙΚΡΟΠΟΥΛΟΣ Α. (1998). Η εικονική πραγματικότητα στην υποστήριξη της διδασκαλίας της φυσικής. *ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ*, Αφιέρωμα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Περίοδος Γ', Τόμος Η', Τεύχος 26, Καλοκαίρι 1998, σελ. 23-28.
13. STELLA: <http://www.hps-inc.com>
14. THORNTON R. (1997). Conceptual Dynamics: Changing Student Views of Force and Motion, in E. Ridish & J. Rigdan (Eds), *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities*, Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education, Wiley, NY, pp. 241-266.