

“Τεχνολογίες Πληροφόρησης στο διερευνητικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών”

Δημήτρης Ψύλλος¹ – Γκαρώ Μποσδικιάν ²

⁽¹⁾ Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. Α.Π.Θ.

⁽²⁾ Φυσικός, Δρ. Παιδ. Τμήματος, υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ν. Κιλκίς

Σύνοψη

Στη χώρα μας πρόσφατα συντονίζεται από το ΥΠ.Ε.Π.Θ. η ένταξη διερευνητικών Τεχνολογιών Πληροφόρησης στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών των Γυμνασίων και Ενιαίων Λυκείων, με τη μορφή, εκτός των άλλων, περιβαλλόντων αλληλεπιδραστικών πολυμέσων και συστημάτων συγχρονικών διατάξεων.

Στο παραπάνω πλαίσιο και ακολουθώντας τη διεθνή ερευνητική και αναπτυξιακή τάση, το παρόν άρθρο αναλύει χαρακτηριστικά γνωρίσματα των δύο περιβαλ-

λόντων και περιγράφει επιλεγμένες εφαρμογές που αναδεικνύουν δύο βασικές μαθησιακές σκοπιές, τη σύνδεση θεωρίας και φαινομένων από τη μια και την κατανόηση περιεχομένου μαζί με την ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων από την άλλη.

Εισαγωγή

Εκπαιδευτικοί και ερευνητές υποστηρίζουν την ουσιαστική συμβολή της πειραματικής εργασίας στη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Η λήψη δεδομένων που αφορούν την εξέλιξη φαινομένων από μια πειραματική διάταξη ή το περιβάλλον, η επεξεργασία των τιμών, η αναπαράσταση των μεταβολών και η επανάληψη των δραστηριοτήτων με νέες παραμέτρους, με σκοπό τη εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τους νόμους που καθορίζουν τις μεταβολές, αποτελούν σύνθετη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία και απαιτούν εξειδικευμένες λειτουργίες από τις εργαστηριακές συσκευές και διατάξεις. Στο εργαστήριο, η αποτελεσματικότητα μιας διερευνητικής μελέτης των φαινομένων μπορεί να ενισχυθεί ή αντίστοιχα να αποδυναμωθεί, ανάλογα με τα τεχνικά μέσα που διατίθενται, τις πειραματικές τεχνικές που μπορεί να υποστηριχθούν και τους περιορισμούς που επιβάλλει το εκπαιδευτικό περιβάλλον. Σε ένα τυπικό σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, παράγοντες που επηρεάζουν, μεταξύ άλλων, την οργάνωση διερευνητικών εργαστηριακών προσεγγίσεων είναι η έλλειψη των κατάλληλων υλικών και οργάνων για την ανάπτυξη των πολλαπλών εργαστηριακών ασκήσεων και ο περιορισμένος χρόνος που διατίθεται για την ανάπτυξη και υλοποίηση των πειραματικών δραστηριοτήτων. Επιπλέον η δυνατότητα σύνδεσης των υπό μελέτη φαινομένων με τις επιστημονικές θεωρίες και τα μοντέλα, περιορίζεται από την αδυναμία των κλασσικών πειραματικών μεθόδων να προσεγγίσουν τα φαινόμενα και να αναπαραστήσουν τα αποτελέσματα με πολλαπλούς τρόπους.

Από τη διεθνή εμπειρία και έρευνα δείχνεται ότι εφαρμογές Τεχνολογιών Πληροφόρησης μπορούν να υποστηρίξουν πολλές φάσεις των εργαστηριακών μεθόδων και να υπερκεράσουν, ως ένα βαθμό, τους περιορισμούς που πηγάζουν από τις τεχνικές και μεθόδους που είναι εφικτές στο κλασικό σχολικό εργαστήριο. Οι εφαρμογές αυτές, πέρα από την υποστήριξη των κλασσικών λειτουργιών, φαίνεται επίσης ότι εμπεριέχουν νέες δυνατότητες οι οποίες επεκτείνουν τα όρια των μεθόδων του κλασσικού εργαστηρίου. Ο υπολογιστής, με τα μέσα και τις τεχνικές που παρέχει, μπορεί να αναπτύξει καινοτομικούς λειτουργικούς δεσμούς ανάμεσα στη πραγματικότητα και τον εικονικό κόσμο της οθόνης και να καλύψει συμπληρωματικά ορισμένους περιορισμούς που συναντώνται στη κλασική πειραματική πρακτική, χωρίς απαραίτητα να συνεπάγεται αποκοπή από αυτήν (Barton, 1998). Σαν αποτέλεσμα φαίνεται ότι στα εργαστηριακά περιβάλλοντα παρέχονται πολύπλευρες ευκαιρίες για τη διερεύνηση των φαινομένων από τους μαθητές.

Δύο κυρίαρχες τάσεις διερευνητικών περιβαλλόντων έχουν αναπτυχθεί και έχουν αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας και εφαρμογής. Περιβάλλοντα στα οποία **προσομοιωμένα φαινόμενα** αναπαρίστανται και διερευνούνται στην οθόνη μέσω πολυμεσικών πληροφοριών και περιβάλλοντα **συγχρονικών διατάξεων**, με τη βοήθεια των οποίων ο υπολογιστής, ως μετρητικό όργανο, αναλαμβάνει τη μέτρηση και συγχρονική επεξεργασία δεδομένων από μεταβολές σε πραγματικά φαινόμενα.

Στο παραπάνω πλαίσιο και ακολουθώντας τη διεθνή ερευνητική και αναπτυξιακή τάση, το παρόν άρθρο αναλύει χαρακτηριστικά γνωρίσματα των δύο περιβαλλόντων και περιγράφει επιλεγμένες εφαρμογές που αναδεικνύουν δύο βασικές μαθησιακές σκοπιές, τη σύνδεση θεωρίας και φαινομένων από τη μια και την κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου μαζί με την ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων από την άλλη. Επισημαίνεται ότι στη χώρα μας πρόσφατα συντονίζεται από το ΥΠ.Ε.Π.Θ. η ένταξη διερευνητικών Τεχνολογιών Πληροφόρησης στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών των Γυμνασίων και Ενιαίων Λυκείων, με τη μορφή περιβαλλόντων αλληλεπιδραστικών πολυμέσων και συστημάτων συγχρονικών διατάξεων.

A. ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

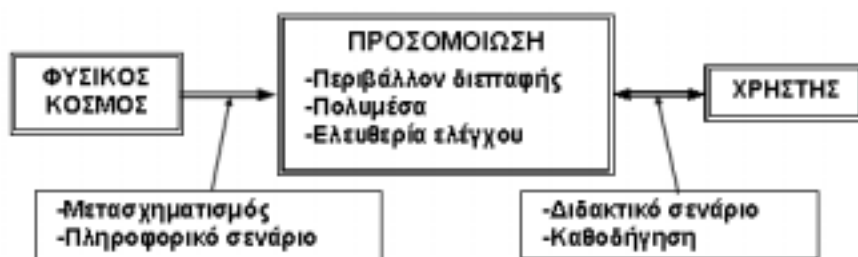
Βασικό χαρακτηριστικό των τυπικών πολυμέσων, αποτελεί η πολλαπλή προσέγγιση στην πρόσβαση, επεξεργασία και απεικόνιση πληροφοριών και η δυνατότητα αναπαράστασης ουσιαστικών πληροφοριών με κείμενα διασυνδεδεμένα με γραφικά, κινητές εικόνες (animation), ήχο και βίντεο (Συγγραφική Ομάδα Π.Ι., 1999). Η αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον μπορεί να πραγματοποιείται μέσω υπερδομημένης πλοήγησης μεταξύ των πληροφοριών. Σε ένα διερευνητικό περιβάλλον στη περιοχή των Φυσικών Επιστημών, η διαχείριση και αναπαράσταση των πληροφοριών σχετίζεται με εξελίξεις φαινομένων και σχέσεις μεγεθών βάσει νόμων. Ως ιδιαίτερα μέσα μετάδοσης πληροφοριών κατά τη μελέτη των φυσικών φαινομένων, συγκαταλέγονται οι διασυνδεδεμένες πολλαπλές αναπαραστάσεις της εξέλιξης ενός φαινομένου, όπως π.χ. οι ενδείξεις από ένα ψηφιακό και αναλογικό θερμόμετρο, η αλλαγή χρώματος κατά τη θέρμανση, η/και σχετικά ηχητικά εφφέ όπως στη περίπτωση του βρασμού, καθώς και οι συμβολικές γραφικές παραστάσεις των μεταβολών στα μεγέθη. Αντίστοιχα οι τεχνικές αλληλεπίδρασης διευρύνονται και περιλαμβάνουν, πέρα από την υπερδομημένη πλοήγηση, τη δυνατότητα παραμετροποίησης και τον

άμεσο χειρισμό των αντικειμένων και παραμέτρων, όπως π.χ. η διερεύνηση της επίδρασης της αλλαγής θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στα φαινόμενα θερμικής αγωγιμότητας.

Ουσιαστικό λειτουργικό γνώρισμα των διερευνητικών περιβαλλόντων αποτελεί η έννοια της προσομοίωσης. Ως **προσομοίωση** θεωρείται η μερική μεταφορά και απεικόνιση σε περιβάλλον υπολογιστή, ενός φυσικού, τεχνητού ή κοινωνικού συστήματος εννοιών και αντικειμένων, φαινομένων ή διαδικασιών, με ενσωμάτωση λειτουργικών στοιχείων των παραγόντων που λαμβάνουν μέρος (Μπισδικιάν κ.α, 1994). Ο όρος προσομοίωση συναντάται ως σύνθετη έννοια η οποία μπορεί να υπονοεί:

- Τα ίδια τα **λογισμικά**. Αναφέρεται για παράδειγμα ως προσομοίωση, το λογισμικό μελέτης ηλεκτρικών κυκλωμάτων.
- Τις **διατάξεις** που αναπαρίστανται στην οθόνη. Προσομοιάζεται για παράδειγμα στον υπολογιστή ένας ατομικός αντιδραστήρας.
- Τις **διαδικασίες** που εκτελούνται. Αφού σχεδιαστεί στον υπολογιστή ένα πειραματικό αεροπλάνο, προσομοιάζεται αν είναι εφικτή η απογείωση του.

Με τη ευρύτερη προσέγγιση του όρου, θεωρείται η προσομοίωση ως σύστημα το οποίο δύναται να παρεμβαίνει διδακτικά σε μια διαδικασία κατανόησης του φυσικού περιβάλλοντος από τον χρήστη της (Hartley et al, 1991). Η διαδικασία αυτή μπορεί να αναπαρασταθεί στο Σχήμα 1.



ΣΧΗΜΑ 1. Χαρακτηριστικά ενός πολυμεσικού διερευνητικού περιβάλλοντος

Σύμφωνα με το Σχήμα, σε ένα σύστημα πολυμεσικού διερευνητικού περιβάλλοντος, διακρίνονται:

- 1.-Ο **λειτουργικός παράγοντας** ο οποίος αφορά το **μετασχηματισμό**, τις παραδοχές και απλοποιήσεις που επιδέχεται η επιστημονική θεωρία, ώστε να προκύψει το αντίστοιχο πληροφοριακό σενάριο μέσω των οποίων, από το πολύπλοκο φυσικό κόσμο, θα αναδειχτούν τα λειτουργικά στοιχεία, που καλείται να διαχειριστεί η προσομοίωση.

- 2.-Το **περιβάλλον διεπαφής** του χρήστη (user interface) το οποίο αφορά την επιλογή των πολυμέσων και καθορίζει τη χειριστική και αισθητική μορφή με την οποία ο προσομοιωμένος κόσμος αλληλεπιδρά με το χρήστη.
- 3.-Ο παράγοντας που αναφέρεται στην **ελευθερία ελέγχου** που παρέχεται στο χρήστη, ώστε να μπορεί να παρεμβαίνει στη συμπεριφορά και τις παραμέτρους του λογισμικού.

Στα παραπάνω χαρακτηριστικά θα πρέπει να εκτιμηθούν επιπλέον, οι **διδασκτικές παράμετροι** που αναφέρονται στη μορφή δραστηριοτήτων για την ένταξη του περιβάλλοντος σε μια διδακτική πρακτική καθώς και με ποια μορφή θα παρέχεται η **καθοδήγηση** από τον εκπαιδευτικό ή από το ίδιο το λογισμικό και θα κατευθύνει τις ενέργειες του χρήστη. Οι τρεις παραπάνω παράγοντες, η δυνατότητα διαμόρφωσή τους, οι διδακτικές επιπτώσεις καθώς και συγκεκριμένα παραδείγματα από υπάρχοντα λογισμικά εξετάζονται στη συνέχεια.

A1. Ο λειτουργικός παράγοντας

Η εσωτερική δομή μιας προσομοίωσης, η οποία αναπτύχθηκε βάσει κάποιου πηγαίου πληροφοριακού κώδικα και ενσωματώνει του νόμους της θεωρίας και τις αντίστοιχες μαθηματικές εκφράσεις, είναι αυτή που καθορίζει τη λειτουργική συνέπεια και την επιστημονική εγκυρότητα του περιεχομένου μιας προσομοίωσης (Hartley et al, 1991). Ο παράγοντας αυτός καθορίζει κατά πόσο οι εσωτερικές λειτουργίες μίας προσομοίωσης είναι σε συμφωνία με το πραγματικό φαινόμενο που αναπαρίσταται και με πόση συνέπεια με την πραγματικότητα οι χειρισμοί του διδάσκοντα ή του μαθητή, προκαλούν επιστημονικά αποδεκτές αποκρίσεις.

Κατά κανόνα επιδιώκεται η λειτουργική δομή μιας προσομοίωσης να είναι συνεπής με το επιστημονικό πρότυπο, για να αποφευχθούν εσφαλμένες αντιλήψεις στους διδασκόμενους. Ο εκπαιδευτικός όμως μπορεί να επιλέξει σκόπιμα αλλοίωση στη λειτουργική συνέπεια, εάν σκοπός του είναι να διερευνήσει την επίδραση κάποιου συγκεκριμένου παράγοντα, απενεργοποιώντας την επίδραση άλλων. Αυτές οι λειτουργίες δεν είναι δυνατές σε πραγματικό πείραμα. Για παράδειγμα, κατά τη διερεύνηση προσομοίωσης ευθύγραμμης κίνησης, μπορεί να επιλέξει να μην λαμβάνονται υπόψη οι δυνάμεις τριβών μεταξύ των σωμάτων και να κατευθύνει τη μέλеть αποκλειστικά στην επίδραση της κινητήριας δύναμης.

Η λειτουργική απόκλιση όμως των προσομοιώσεων είναι αναπόφευκτη. Ο κόσμος της πραγματικότητας είναι σύνθετος και πολύπλοκος, η συμπεριφορά του δεν είναι απόλυτα προσδιορισμένη και μπορεί να απέχει από

την αναμενόμενη από τους θεωρητικούς νόμους που διδάσκονται. Για παράδειγμα, οι γραφικές παραστάσεις που λαμβάνονται μέσω πραγματικών μετρήσεων, ακόμα και για μεταβολές που θεωρητικά καθορίζονται από γραμμικές σχέσεις, απέχουν πολύ από το να αποτελούνται από ευθύγραμμα τμήματα. Μια προσέγγιση ενός φαινομένου μέσω προσομοίωσης επομένως, δεν μπορεί να είναι λειτουργικά απόλυτα συμβατή με τα φαινόμενα του πραγματικού κόσμου. Οι νόμοι και τα μοντέλα που περιγράφουν τα φαινόμενα διέπονται από μετασχηματισμούς με απλοποιήσεις και παραδοχές, στο μέτρο που να μπορούν να περιγράφουν κατά προσέγγιση τα φαινόμενα και να γίνονται κατανοητά από τους διδασκόμενους. Οι σχέσεις, για παράδειγμα, μεταξύ πολλών μεγεθών εμφανίζονται ως γραμμικές και οι γραφικές παραστάσεις που λαμβάνονται μέσω εφαρμογής των μαθηματικών τύπων, αποτελούνται από ευθύγραμμα τμήματα.

Ενώ φαίνεται δηλαδή ότι οι προσομοιώσεις αναπαριστούν καταστάσεις του πραγματικού κόσμου, αποτελούν στην ουσία αναπαραστάσεις που ακολουθούν εξελίξεις σε επίπεδο μοντέλων. Αναδεικνύεται επομένως ως σημαντικός ο συνδετικός ρόλος των προσομοιώσεων μεταξύ της θεωρίας και των πραγματικών φαινομένων.

A2. Το περιβάλλον διεπαφής του χρήστη

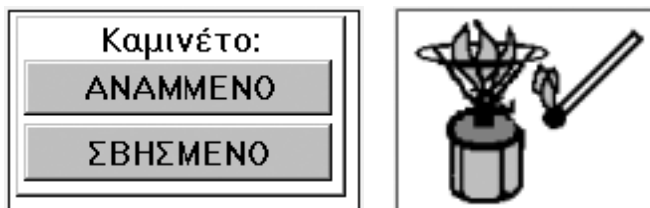
Ως αναπαράσταση, μία προσομοίωση υπόκειται σε σειρά από παραδοχές και αφαιρέσεις σε **χειριστικό** και σε **αισθητικό** επίπεδο, οι οποίες καθορίζονται από το σχεδιασμό του περιβάλλοντος, το διδακτικό σενάριο και τις τεχνικές δυνατότητες του υπολογιστή. Κατά κοινή αντίληψη, με όση μεγαλύτερη πιστότητα πραγματοποιείται η απεικόνιση των αντικειμένων ή των φαινομένων στον υπολογιστή, τόσο πιο αποδεκτό φαίνεται ότι είναι το περιβάλλον διερεύνησης. Τα περιβάλλοντα προσομοίωσης που ενσωματώνουν σύγχρονες τεχνικές πολυμέσων, χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη φιλικότητα στη διασύνδεση του υπολογιστή με το χρήστη και βελτιώνουν την αληθοφάνεια των αναπαραστάσεων, στοιχεία που συντελούν ίσως στη δεκτικότητα της γνώσης που προσπαθεί να μεταδώσει το σύστημα.

Θα ήταν όμως χρήσιμο στον εκπαιδευτικό ένα παρόμοιο περιβάλλον; Μήπως συναντούσε προβλήματα παραπλήσια με αυτά του φυσικού περιβάλλοντος και τα οποία θα επιθυμούσε να αποφύγει; Η πραγματικότητα είναι τόσο πολύπλοκη, ώστε να μην είναι δυνατό να ληφθούν υπόψη όλοι εκείνοι οι παράγοντες που επηρεάζουν τα φαινόμενα και να συμπεριληφθούν στον εσωτερικό κώδικα της προσομοίωσης. Επισημαίνουμε ότι οθόνη πολύ πλούσια σε παραστάσεις και όγκο μη ουσιαστικών πληροφο-

ριών, μπορεί να επισκιάσει τους παράγοντες του περιβάλλοντος των οποίων η μελέτη επιδιώκεται. Για διδακτικούς σκοπούς επομένως, δεν είναι δυνατή αλλά ίσως ούτε και επιθυμητή μια άκρως αληθοφανής αναπαράσταση. Αυτή μάλιστα η επιλεκτική απόκλιση από τη πραγματικότητα, τεκμηριώνει την ανάπτυξη και τη χρήση των περιβαλλόντων προσομοίωσης και συμβάλλει εν δυνάμει στη προσανατολισμένη διερεύνηση των φυσικών φαινομένων.

Κατά το χειρισμό μιας προσομοίωσης, ο χρήστης καλείται να πραγματοποιήσει σειρά ενεργειών που σκοπό έχουν να δηλώσουν εντολές, επιλογές, ρυθμίσεις μεταβλητών ή εισαγωγή ποσοτικών δεδομένων. Ενώ στις αντίστοιχες δραστηριότητες του φυσικού περιβάλλοντος ο χρήστης προβαίνει σε πρακτικές ενέργειες οι οποίες απαιτούν κατάλληλες χειριστικές δεξιότητες, στις προσομοιώσεις οι πληροφορίες εισάγονται συνήθως μέσω πληκτρολόγησης ή δεξιοτεχνικής μετακίνησης του “ποντικιού” και πίεσης των πλήκτρων του. Τα εξαρτήματα και χειρισμοί αυτοί δεν έχουν το λειτουργικό αντίστοιχό τους στη φύση και απαιτούν την ύπαρξη ιδιαίτερης κατηγορίας δεξιοτήτων.

Οι πιο απλοποιημένες χειριστικά μορφές, όπως η επιλογή από λίστα ενεργειών ή η πληκτρολόγηση στοιχείων, αποκλίνουν από την πραγματικότητα και δε φαίνεται να προσφέρουν **αληθοφάνεια χειρισμών**. Στο παράδειγμα του Σχήματος 2, μπορούμε να επιλέξουμε εάν το καμινέτο θα είναι αναμμένο ή όχι, από τη λίστα των δύο επιλογών, χειρισμός που δεν είναι αληθοφανής και επιπλέον απαιτεί ανάγνωση των επιλογών και δέσμευση χώρου στην οθόνη.



ΣΧΗΜΑ 2. Επιλογή από λίστα επιλογών και ο αντίστοιχος άμεσος χειρισμός

Σχετικά αληθοφανείς προσεγγίσεις υλοποιούνται με τον κατάλληλο σχεδιασμό στην οθόνη, εικονικών αντικειμένων και διατάξεων, με μορφή οικεία από την καθημερινότητα και με τη δυνατότητα άμεσου χειρισμού τους (*direct manipulation*), όπως είναι η μετακίνηση και η τοποθέτηση των αντικειμένων σε τυχαίο σημείο. Με το τρόπο αυτό, οι χειρισμοί προσομοιά-

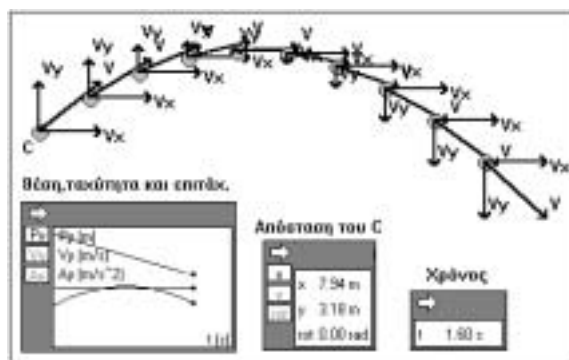
ζουν με τους πραγματικούς και παρέχουν στο χρήστη την αίσθηση ότι αυτός αλληλεπιδρά άμεσα με τα αντικείμενα, παρόλο που αυτά απλά εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή (Teodoro, 1992). Στο προηγούμενο παράδειγμα, με το δείκτη του “ποντικιού” που έχει αποκτήσει τη μορφή ενός σπέρτου, μπορούμε να “ανάψουμε” την εικόνα της φλόγας ενός εικονικού καμινέτου. Σε πιο εξελιγμένες τεχνολογικά εφαρμογές που χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερη αληθοφάνεια, συναντώνται δυναμικές τεχνικές εισόδου δεδομένων και μορφές χειρισμών, όπως αποτελούν η οθόνη αφής, η αναγνώριση ομιλίας και οι αισθητήρες κίνησης που εφαρμόζονται σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας.

Οι χειρισμοί στους οποίους προβαίνει ο χρήστης, ενεργοποιούν τους εσωτερικούς μηχανισμούς της προσομοίωσης, οι οποίοι με τη σειρά τους παράγουν πληροφορίες εξόδου. Οι πληροφορίες εμφανίζονται ως σύμβολα ή αναπαραστάσεις οι οποίες προσπίπτουν στην αντίληψή του. Η διαβάθμιση που εισάγεται από τη μορφή αισθητοποίησης των πληροφοριών από τον χρήστη, λαμβάνοντας υπόψη τη αντίστοιχη μορφή της πραγματικότητας, χαρακτηρίζει την **αισθητική αληθοφάνεια** μιας προσομοίωσης. Στη πιο απλή περίπτωση ένα απλό σχήμα, σύμβολο ή και λέξη παρά τη μικρή αισθητική αληθοφάνεια, μπορεί να είναι εξίσου αποτελεσματική για τις πληροφορίες που μεταφέρει. Για τη κατανόηση της λειτουργίας ενός ατμο-ηλεκτρικού εργοστασίου, αρκεί ο απλός συμβολισμός μόνο των απαραίτητων λειτουργικών τμημάτων του, σε σύγκριση με τη φωτογραφική αναπαράσταση του εργοστασίου.

Είναι επιθυμητό να επιδιώκεται υψηλή αισθητική αληθοφάνεια ώστε να παρέχεται ευκαιρία εξοικείωσης του χρήστη με τις λειτουργίες του φυσικού περιβάλλοντος και ίσως η δυνατότητα μεταφοράς των γνώσεων και δεξιοτήτων μεταξύ του συμβολικού κόσμου και της πραγματικότητας. Δεν παύει όμως ένα υψηλά αληθοφανές περιβάλλον να είναι φορτισμένο με πλήθος δευτερευόντων πληροφοριών, που μπορεί να απομακρύνουν την εστίαση της προσοχής από τις έννοιες που μελετώνται καθώς και τη σύνδεσή τους με τα φαινόμενα. Σταδιακή αφαίρεση περιττών στοιχείων αποκαλύπτει τη προς μελέτη περιοχή, είναι επομένως, σε ειδικές περιπτώσεις, αναγκαία η απόκλιση από την εικόνα της πραγματικότητας και η εισαγωγή πολλαπλών αναπαραστάσεών της. Διαφορετικές μορφές απεικόνισης και αναπαράστασης προσδίδουν διαφορετική άποψη ενός φαινομένου, μεταφέρουν διαφορετικά είδη πληροφοριών και έχουν διαφορετικό βαθμό δεκτικότητας από το μαθητή (Wilson et al, 1992).

Στο παράδειγμα της προσομοίωσης πλάγιας βολής του Σχήματος 3, η εικόνα απομακρύνει την αντίληψη από την αντίστοιχη αληθινή, ταυτόχρο-

να όμως εισάγει σειρά αναπαραστάσεων οι οποίες μεταφέρουν ουσιαστικές πληροφορίες για το φαινόμενο. Ο χρήστης παρακολουθώντας την τροχιά με κινητές εικόνες, μπορεί ταυτόχρονα να διαβάσει τη τιμή της απόστασης που διανύεται, να παρακολουθήσει τον ταυτόχρονο σχηματισμό των χρονικών γραφικών παραστάσεων της ταχύτητας και επιτάχυνσης και να συνδυάσει τα δεδομένα με τις συνιστώσες του διανύσματος της ταχύτητας που εμφανίζονται πάνω στην εικόνα του βλήματος. Η συγχρονική παρουσίαση των μεταβολών και ο σχηματισμός των αντίστοιχων διανυσμάτων και γραφικών παραστάσεων, αποτελούν λειτουργίες που δεν είναι εφικτές σε μια τυπική πειραματική διαδικασία, παρέχει ευκαιρία ολοκληρωμένης μελέτης της περιοχής που προσομοιάζεται, εξυπηρετεί την επιθυμητή διασύνδεση θεωρίας και πραγματικότητας και χαρακτηρίζει τη δυναμικότητα του περιβάλλοντος (Roth, 1995). Η δυνατότητα πολλαπλών αναπαραστάσεων και η άμεση συσχέτιση μεταξύ τους, με τρόπο κατανοητό για τους διδασκόμενους, προσδίδει σημαντικό ρόλο και τεκμηριώνει τη χρήση των προσομοιώσεων μέσω υπολογιστή.



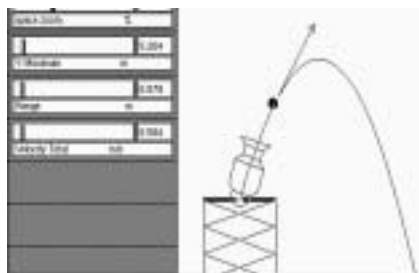
ΣΧΗΜΑ 3. Πολλαπλές αναπαραστάσεις μεταβολών

Α3. Η ελευθερία ελέγχου

Από τη δυνατότητα του χρήστη να ελέγχει τη συμπεριφορά του λογισμικού, καθορίζεται σημαντικά η μορφή αλληλεπίδρασής του με το διερευνητικό περιβάλλον. Οι διαφορετικές μορφές αλληλεπίδρασης και ελευθερίας χρήσης, απαιτούν βεβαίως και διαφορετικούς διδακτικούς σχεδιασμούς. Με κριτήριο το βαθμό ελευθερίας ελέγχου που μπορεί να έχει ο χρήστης, διακρίνονται μορφές προσομοιώσεων. Η ταξινόμηση δεν είναι απόλυτα διακριτή, καθώς χαρακτηριστικά μεταξύ των μορφών είναι δυνατόν να επικαλύπτονται.

ι. Οι παραμετρικές προσομοιώσεις

Η μορφή αυτή αποτελεί εξέλιξη παλαιότερης τάσης ανάπτυξης μεμονωμένων εφαρμογών λογισμικού που εμφανίζονται κυρίως ως μικρής κλίμακας παραμετρικές προσομοιώσεις συγκεκριμένων φαινομένων ή ως προσομοιώσεις κλειστού τύπου με γραμμική συμπεριφορά. Σήμερα εμπεριέχονται ως εργαλεία σε αρκετούς τίτλους πολυμέσων ή ως εφαρμογές *applets* στο διαδίκτυο. Ο κατασκευαστής έχει προ-επιλέξει τα όργανα και τις συσκευές που απαρτίζουν τη πειραματική διάταξη, έχει καθορίσει με ποιους νόμους θα εξελίσσονται τα φαινόμενα και τα προσφέρει προς επίδειξη. Παρέχει όμως τη δυνατότητα παρέμβασης του χρήστη στη ρύθμιση των ανεξάρτητων μεταβλητών που καθορίζουν την εξέλιξη και τη διερεύνηση των φαινομένων.



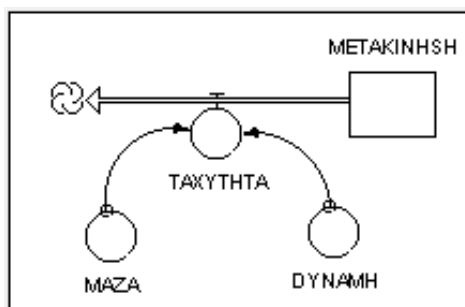
ΣΧΗΜΑ 4. Παραμετρική διερεύνηση πλάγιας βολής

Το παράδειγμα του Σχήματος 4, αναφέρεται στη παραμετρική διερεύνηση της πλάγιας βολής (*“Objects in Motion”, Physics Academic Software*). Ο χρήστης μπορεί να διερευνήσει το φαινόμενο, έχοντας την ελευθερία να μεταβάλλει σειρά παραμέτρων, όπως την αρχική ταχύτητα, τη γωνία κλίσης, την αντίσταση του αέρα κλπ. Η χρήση του περιβάλλοντος γίνεται με απλό τρόπο, χωρίς δικαίωμα επέμβασης στα αντικείμενα και τη λειτουργικότητά τους, με στρατηγική παρόμοια με τη προβολή μιας εκπαιδευτικής ταινίας βίντεο, με όλες τις δυνατότητες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης της ροής, ακινητοποίησης και επανάληψης της παρουσίασης με νέες αρχικές τιμές. Η χρονική στιγμή της επίδειξης και η διαδικασία συμμετοχής των μαθητών, αποτελεί ζήτημα σχεδιασμού της διδασκαλίας.

ii. Ανοικτά μαθησιακά περιβάλλοντα - Μικρόκοσμοι

Οι μικρόκοσμοι στις Φυσικές Επιστήμες, αποτελούν ανοικτά υπολογιστικά περιβάλλοντα κατασκευής και διερεύνησης της συμπεριφοράς των αντι-

ή να δοκιμάσει την επίδραση υποθετικών κανόνων. Η χειριστική και αισθητική σχέση με τη πραγματικότητα είναι περιορισμένη και απλοποιημένη και οι διαδικασίες εστιάζονται στη λειτουργική άποψη των φαινομένων. Οι ιδιότητες που αποδίδονται στα αντικείμενα και οι νόμοι που καθορίζουν τη συμπεριφορά τους, πιθανόν να μην ακολουθούν πάντα τους φυσικούς. Ένα μοντέλο μπορεί να αναπαριστά όχι απαραίτητα ένα πραγματικό φαινόμενο, αλλά κάλλιστα μία έννοια ή μια πειραματική επινόηση. Στο παράδειγμα του Σχήματος 6 παρουσιάζεται μοντέλο που αναπτύχθηκε σε περιβάλλον “*STELLA*” της εταιρίας *High Performance Systems* το οποίο περιγράφει τη σχέση μεταξύ μεγεθών από τη περιοχή της Κινηματικής. Η ενεργοποίηση της προσομοίωσης παράγει συνήθως τη γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων.



ΣΧΗΜΑ 6. Μοντέλο STELLA για τη διερεύνηση κινήσεων

iv. Ολοκληρωμένα περιβάλλοντα

Αποτελούν διδακτικά περιβάλλοντα αλληλεπιδραστικών πολυμέσων (interactive multimedia), με διαμορφούμενη από τον διδάσκοντα ή το χρήστη, ροή διαχείρισης των πληροφοριών. Η αναπαράσταση της πληροφορίας μπορεί να γίνεται με διασυνδεδεμένα κείμενα, καθώς επίσης και με τη χρήση γραφικών, ήχου και εικόνας βίντεο. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν στο χρήστη να ανατρέξει σε μεγάλο όγκο διαθεματικών πληροφοριών, με μεθόδους που προσεγγίζουν τη λειτουργία του ανθρώπινου τρόπου αναζήτησης. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικά τίτλοι πολυμέσων που κυκλοφορούν στην Ελληνική αγορά, υλοποιούν την ηλεκτρονική έκδοση ενός υπερ-βιβλίου (hyper book), το οποίο παραθέτει πληροφορίες χρησιμοποιώντας οπτικοακουστικά μέσα, με περιορισμένες τεχνικές προσομοίωσης. Πρόσφατα επίσης ενσωματώνουν εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα (virtual labs) τα οποία προσομοιάζουν με εικονικό και λειτουργικό τρόπο, εργα-

στήρια Φυσικών Επιστημών στην οθόνη του υπολογιστή. Διαθέτουν επίσης λειτουργίες ανανέωσης της βάσης γνώσης από το διαδίκτυο και δυνατότητα επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ χρηστών. Αντιπροσωπευτικές εφαρμογές της τάσης αυτής είναι το λογισμικό “*ChemLab*” της εταιρίας *Corel*, το λογισμικό “*CULPE*” του *Rensselaer Polytechnic Institute* και η εφαρμογή “*ΣΕΙΤ*” που περιγράφεται στη συνέχεια και είναι προϊόν συνεργασίας πανεπιστημιακών ομάδων και έμπειρων εκπαιδευτικών.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ: Το “Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον”

Το “*Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον*” (“*ΣΕΙΤ*”), αποτελεί ολοκληρωμένο περιβάλλον διερεύνησης εννοιών και φαινομένων από τη περιοχή της Θερμότητας και Θερμοδυναμικής, το οποίο δίνει έμφαση στη ταυτόχρονη μακροσκοπική, μικροσκοπική και γραφική αναπαράσταση των μεταβολών, ώστε να προωθείται η σύνδεση της θεωρίας με τα φαινόμενα. Παράλληλα με το εργαστηριακό περιβάλλον, προσφέρει μια επιλεγμένη σειρά θεμάτων πολυμέσων που άπτονται της τεχνολογίας και των καθημερινών εφαρμογών και σχετίζονται με το γνωστικό περιεχόμενο (Χατζηκρανιώτης, Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1999).

Το περιβάλλον είναι σε άμεση αλληλεπίδραση (interactive) με τον χρήστη, σε επίπεδο πειραματικής διαδικασίας και σε επίπεδο θεωρητικής υποστήριξης της διερεύνησης. Ο χρήστης παρακολουθεί ενεργά, συμμετέχει και κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου, πραγματοποιεί μετρήσεις με εικονικά όργανα, παρακολουθεί το σχηματισμό της γραφικής αναπαράστασης των μεταβολών, έχει πρόσβαση σε πηγές γνώσης και επικοινωνεί με άλλους χρήστες.

Το “*ΣΕΙΤ*” έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι συμβατό με τα τρέχοντα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών Γυμνασίου και Ενιαίου Λυκείου. Ενδεικτικά, ενότητες Φυσικής και Χημείας που μπορούν να υποστηριχθούν μερικά ή ολικά, σύμφωνα με την ανοιχτή δομή του λογισμικού και των συνοδευτικών Φύλλων Εργασίας, περιλαμβάνουν τη μελέτη θερμικών φαινομένων και των καταστάσεων της ύλης και τη διερεύνηση της σχέσης θερμότητας και θερμοκρασίας και της καταστατικής εξίσωσης των αερίων. Επιπλέον, η δομή και το πολυμεσικό υλικό του “*ΣΕΙΤ*” μπορούν να αποτελέσουν αναφορά για την υποστήριξη της διδασκαλίας των μαθημάτων της Πληροφορικής, των Περιβαλλοντικών Επιστημών και ορισμένων Τεχνολογικών Μαθημάτων, καθώς επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πηγή υλικού σε συνθετικές εργασίες κλπ.

Τα εικονικά πειράματα και το υλικό πολυμέσων είναι διαρθρωμένα στο λογισμικό, σε τρεις νοηματικά και οπτικά διακριτούς χώρους:

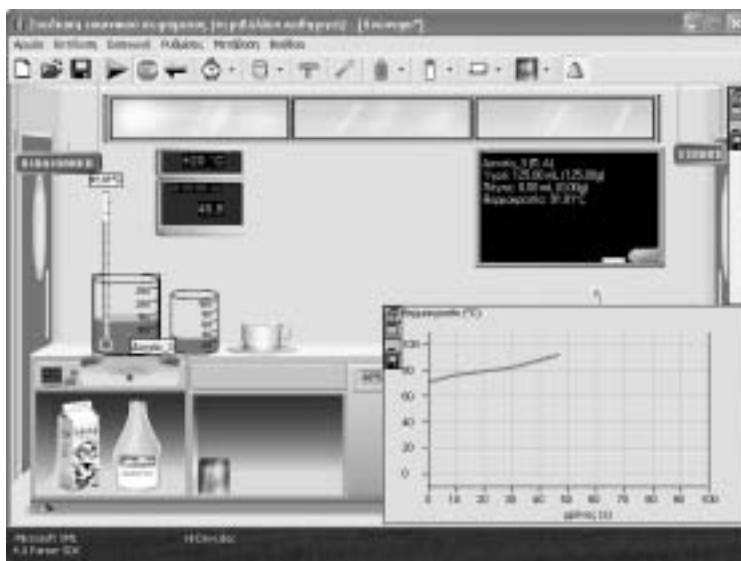
- α. το εικονικό εργαστήριο Θερμότητας
- β. το εικονικό εργαστήριο Θερμοδυναμικής
- γ. την εικονική Βιβλιοθήκη που περιέχει υλικό πολυμέσων

Περιγράφονται στη συνέχεια, τα κύρια χαρακτηριστικά του εικονικού εργαστηρίου Θερμότητας, τα οποία μπορούν να συμβάλλουν στη διερευνητική εργαστηριακή μελέτη και διασύνδεση των θερμικών φαινομένων με την αντίστοιχη θεωρία.

Το “**εικονικό εργαστήριο Θερμότητας**” είναι ένα ανοικτό μαθησιακό περιβάλλον μικρόκοσμου με:

- εικονικά αντικείμενα (δοχεία, συσκευές) και υλικά που τους προσδίδονται ιδιότητες και μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, ανταλλάσσοντας θερμότητα
- εικονικά όργανα για την μέτρηση, καταγραφή και γραφική απεικόνιση των μεταβολών στα εικονικά πειράματα.

Το περιβάλλον χαρακτηρίζεται από υψηλή αισθητική αληθοφάνεια με πλούσια εικονοποίηση των αντικειμένων που δεν επισκιάζουν όμως τα ουσιαστικά δεδομένα της διερεύνησης. Η έμφαση των πληροφοριών κατευθύνεται προς τις πολλαπλές αναπαραστάσεις, οι οποίες αναδεικνύουν διάφορες μορφές περιγραφής των μεταβολών. Ο χειρισμός του περιβάλ-



ΕΙΚΟΝΑ 1: Το εικονικό εργαστήριο Θερμότητας

λοντος είναι απλός και διαισθητικός, καθώς εκμεταλλεύεται τη τεχνική του άμεσου χειρισμού των αντικειμένων και των παραμέτρων, με απλές κινήσεις του “ποντικιού”, παρόμοιες των αντίστοιχων πραγματικών. Το περιβάλλον καθοδηγεί το χρήστη στους διάφορους χειρισμούς και διαδικασίες, εμφανίζοντας κατάλληλα μηνύματα βοήθειας. Οι πειραματικές διατάξεις υλοποιούνται πάνω σε πάγκο εργασίας (Εικόνα 1).

Το εργαστήριο λειτουργεί σε δύο καταστάσεις, του εκπαιδευτικού και του μαθητή (Ψύλλος καλ, 2000). Στην κατάσταση του εκπαιδευτικού, είναι διαθέσιμο όλο το υλικό (όργανα, συσκευές κλπ) για τη σύνθεση ενός εικονικού πειράματος. Ο εκπαιδευτικός δηλαδή, κατά την κρίση του, είτε επιλέγει τα εικονικά όργανα και συνθέτει μια πειραματική διάταξη, είτε επιτρέπει την επιλεκτική διάθεση των εικονικών οργάνων στο μαθητή, ώστε να συνθέσει αυτός μια εικονική διάταξη. Αντίστοιχα, ο χρήστης - μαθητής έχει στη διάθεσή του είτε μια προ-κατασκευασμένη πειραματική διάταξη (κλειστό ή παραμετρικό πείραμα), είτε μια ελεύθερη διάταξη που μπορεί ο ίδιος να συνθέσει από τα διαθέσιμα σ' αυτόν όργανα (θερμόμετρα, θερμιδόμετρα), συσκευές (δοχεία διαφόρων ειδών, λύχννοι Bunsen, θερμοθάλαμος) και υλικά (υγρά, μεταλλικοί κύβοι, ουσίες).

Η δυνατότητα που παρέχεται στον εκπαιδευτικό να συνθέσει δικά του πειράματα ή να τροποποιήσει τα ήδη υπάρχοντα, σε συνδυασμό με τις κατάλληλες οδηγίες και τα Φύλλα Εργασίας που συνοδεύουν την εφαρμογή, επιτρέπει την αξιοποίηση των πολλαπλών δυνατοτήτων του περιβάλλοντος με διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις, όπως π.χ της κατευθυνόμενης διερεύνησης, η οποία διευκολύνεται μεταξύ άλλων και από την εύχρηστη αλλαγή των παραμέτρων, ανάλογα με τους στόχους του εκπαιδευτικού η/και του αναλυτικού προγράμματος. Ο ευέλικτος σχεδιασμός της ένταξης στη διδακτική διαδικασία μπορεί να δομηθεί είτε με σύνθετες δραστηριότητες ευρείας και σφαιρικής προσέγγισης ενός θέματος, που υπερβαίνουν τα όρια μιας διδακτικής ώρας, είτε με βραχύχρονες και εστιασμένες δραστηριότητες, που αφορούν τη διερεύνηση ενός φαινομένου, η υλοποίηση των οποίων απαιτεί λιγότερο από μια διδακτική ώρα.

B. ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Ιδιαίτερη περίπτωση εφαρμογής Τεχνολογιών Πληροφόρησης στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, αποτελούν οι **συγχρονικές διατάξεις** λήψης και απεικόνισης μεταβολών. Η τεχνική χαρακτηρίζεται διεθνώς με τον όρο “Εργαστήριο βασισμένο σε υπολογιστή” - Microcomputer Based Laboratories (MBL), (Tinker, 1996). Ειδικό **αισθητήρες** (sensors), μέσω ενός φορητού ή σταθερού **αναλογικο/ψηφιακού μετατροπέα** (A/D

converter), καταγράφουν μεταβολές φυσικών μεγεθών από μια πραγματική-όχι προσομοιωμένη- εξέλιξη φαινομένων στο εργαστήριο ή το περιβάλλον. Κατάλληλο λογισμικό επεξεργάζεται και αναλύει τα δεδομένα και απεικονίζει, σε πραγματικό χρόνο με την εξέλιξη των φαινομένων, πολλαπλές αναπαραστάσεις των μεταβολών στην οθόνη του υπολογιστή (Εικόνα 2).



ΕΙΚΟΝΑ 2. Συγχρονική διαδικασία μετρήσεων

Το σύστημα αποσκοπεί να βελτιώσει τις τεχνικές μετρήσεων και ερμηνείας των μεταβολών. Παρέχει δυνατότητα συλλογής δεδομένων από μεγέθη που σε κλασικό εργαστήριο δεν ήταν εφικτό. Η αισθητοποίηση, μέτρηση και οπτικοποίηση αφηρημένων και δύσκολων στην κατανόηση μεγεθών, όπως π.χ. οι δυνάμεις, η επιτάχυνση και η θερμική ενέργεια, καθίσταται δυνατή με τη χρήση του κατάλληλου αισθητήρα και με τις δυνατότητες του λογισμικού. Με τη χρήση του αισθητήρα της επιτάχυνσης για παράδειγμα, το μέγεθος της επιτάχυνσης καθίσταται πρωτογενές και μετράται άμεσα τη στιγμή της επίδρασης των δυνάμεων, ενώ σε μια κλασική πρακτική, παράγεται ετεροχρονισμένα με έμμεσες υπολογιστικές μεθόδους. Αντίστοιχα άλλοι αισθητήρες, όπως ο αισθητήρας καταγραφής μεταβολών θέσης, δύναμης, μαγνητικού πεδίου, ραδιενεργού ακτινοβολίας κλπ, αναδεικνύουν το μετρούμενο μέγεθος και βοηθούν στη κατανόηση της επίδρασης των παραμέτρων του περιβάλλοντος στη μεταβολή της εκάστοτε μετρούμενης τιμής. Υπάρχουν εξειδικευμένοι αισθητήρες σχεδόν για κάθε φυσικό μέγεθος που συναντάται στο σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, ενώ νέοι αισθητήρες αναπτύσσονται συνεχώς. Το πεδίο εφαρμογής επομένως των συγχρονικών διατάξεων είναι ευρύ και καλύπτει πλήθος περιπτώσεων από το χώρο της Φυσικής, Βιολογίας, Χημείας και Μελέτης του Περιβάλλοντος.

Η δυνατότητα του υπολογιστή να σχηματίζει γραφικές παραστάσεις σε πραγματικό χρόνο με την εξέλιξη των φαινομένων, βοηθά τη ποιοτική προσέγγιση των Φυσικών Επιστημών και τη σύνδεση θεωρίας και φαινομένων (Μπισδικιάν, 2000). Έχει φανεί ότι η άμεση σύζευξη των γραφικών παραστάσεων με το φυσικό φαινόμενο, οδηγεί τους διδασκόμενους όχι μόνο στην κατανόηση των φυσικών μεγεθών που αναπαρίστανται, αλλά επίσης τους βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων και την κατανόηση της φυσικής σημασίας των γραφικών παραστάσεων, ως δυναμικού συστήματος επιστημονικού συμβολισμού (Thornton, 1995). Παράλληλα, απαλλάσσει το μαθητή από τη χρονοβόρα διαδικασία κατασκευής γραφικών παραστάσεων, μεταθέτοντας τις πειραματικές δραστηριότητες από τη παραδοσιακή ποσοτική αντιμετώπιση προς την ποιοτική ερμηνεία των μεταβολών, διαδικασία η οποία συνδέεται με διαφορετική κατηγορία δεξιοτήτων. Οι ποσοτικές τιμές μπορούν να ακολουθήσουν όποτε χρειαστεί. Ο χρόνος που εξοικονομείται μπορεί υπό κατάλληλη καθοδήγηση, να διατεθεί σε περισσότερο ουσιαστικές δραστηριότητες, όπως η παρατήρηση και ο συλλογισμός γύρω από τα δεδομένα. Οι γραφικές παραστάσεις σε αυτή τη περίπτωση, δεν είναι το τελικό προϊόν της διερεύνησης, αλλά αποτελούν σημείο αφετηρίας για ανάπτυξη συλλογισμών και κεντρικό μέσο επικοινωνίας (Rogers, 1997).

Αντίθετα με τις προσομοιώσεις, όπου ο χρήστης αλληλεπιδρά μόνο με τον υπολογιστή (Σχήμα 1), στη περίπτωση των συγχρονικών διατάξεων ο χρήστης δεν είναι αποκομμένος από το φυσικό κόσμο. Αυτή η σχέση μεταξύ χρήστη, τεχνολογικού μέσου και φυσικού κόσμου, μπορεί να αναπαρασταθεί στο Σχήμα 7.



ΣΧΗΜΑ 7. Κύρια χαρακτηριστικά ενός συγχρονικού διερευνητικού περιβάλλοντος

Οι τρεις παράγοντες στο Σχήμα 7 επικοινωνούν αμφίδρομα μεταξύ τους. Από το φυσικό κόσμο των φαινομένων, οι πληροφορίες μεταδίδονται και ως οπτικές παραστάσεις προς το χρήστη που διεξάγει τις μετρήσεις και ως ηλεκτρονικά δεδομένα προς τη συγχρονική διάταξη. Η συγχρονική διάταξη επεξεργάζεται τις μετρήσεις και τις παρουσιάζει σε πραγματικό χρόνο στο

χρήστη. Μπορεί επίσης να ρυθμίσει την εξέλιξη του φαινομένου με τη βοήθεια κατάλληλων διατάξεων ελέγχου, όταν ικανοποιείται μια συνθήκη που ορίζεται από το χρήστη, όπως π.χ. όταν η θερμοκρασία υπερβεί μια τιμή. Ο χρήστης με τη σειρά του μπορεί να καθορίσει τη μορφή ανάλυσης και εμφάνισης των μετρήσεων ή να επέμβει στη πειραματική διάταξη και να μεταβάλλει παραμέτρους. Η ακολουθία και σκοπιμότητα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραπάνω μερών περιγράφεται από το διδακτικό σενάριο ή τις φάσεις ενός Φύλλου Εργασίας.

Ανάλογα με τη διαθεσιμότητα του υλικού, είναι δυνατή η αξιοποίηση των συγχρονικών διατάξεων με διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις οι οποίες σχετίζονται με τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος και του εκπαιδευτικού καθώς και τη φύση του υπό μελέτη φαινομένου. Για παράδειγμα είναι δυνατή η διερεύνηση φαινομένων με ομάδες με μία συγχρονική διάταξη εφόσον υπάρχει αίθουσα με υπολογιστές σε τοπικό δίκτυο. Στη περίπτωση αυτή οι μετρήσεις πραγματοποιούνται στο κεντρικό υπολογιστή και οι διδασκόμενοι καλούνται να επεξεργαστούν στον υπολογιστή τους τα δεδομένα, να ερμηνεύσουν τις γραφικές παραστάσεις και να εξάγουν τα συμπεράσματα, είτε σε πραγματικό χρόνο με τη συγχρονική λήψη των μετρήσεων είτε εκ των υστέρων με δικτυακή πρόσβαση στο αρχείο με τα δεδομένα. Σε εναλλακτικό μοντέλο, τα δεδομένα διοχετεύονται μέσω ιστοσελίδας στο διαδίκτυο. Ο μηχανισμός απευθύνεται σε ευρύτερο πληθυσμό, ο οποίος καλείται να συμμετάσχει σε συνεργατική διερευνητική πειραματική δραστηριότητα, όταν η πηγή δεδομένων είναι γεωγραφικά απομακρυσμένη ή κατανεμημένη, π.χ. ευρεία συμμετοχή σε πειράματα βρασμού σε διάφορα υψόμετρα, ή φωτομετρική καταγραφή έκλειψης ηλίου από όλα τα σχολεία κλπ. Τα σχολεία μπορούν να στέλνουν ή και να δέχονται δεδομένα, σύμφωνα με το σχεδιασμό του σχολείου - συντονιστή. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα τηλεχειρισμού συσκευών και εκτέλεσης μετρήσεων πραγματικού χρόνου από απομακρυσμένες διατάξεις μέσω εφαρμογών του διαδικτύου.

Περίπτωση εφαρμογής των συγχρονικών διατάξεων

Πρόσφατα διερευνήσαμε την εφαρμοσιμότητα των συγχρονικών διατάξεων σε συνθήκες σχολικού εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών. Στο πλαίσιο αναπτυξιακού έργου εξοπλήστηκαν τα εργαστήρια δύο Λυκείων με θέσεις εργασίας με πλήρη συστήματα συγχρονικών διατάξεων και σειρά αισθητήρων, αναπτύχθηκαν εργαστηριακές ασκήσεις Φυσικής από τη περιοχή της Μηχανικής και της Θερμότητας και εφαρμόστηκαν οι ασκήσεις σε τμήματα μαθητών Α' Λυκείου.

Οι μαθητές, οργανωμένοι σε ομάδες και ακολουθώντας κατευθυνόμενες δραστηριότητες Φύλλων Εργασίας με βάση το πρότυπο πρόβλεψη - πείραμα - σύγκριση, προσάρμοσαν τους αισθητήρες σε κλασικές πειραματικές διατάξεις, και προέβησαν σε λήψη σειράς μετρήσεων με διάφορες αρχικές συνθήκες. Η σύγκριση των γραφικών παραστάσεων της αρχικής τους πρόβλεψης με αυτών των μετρήσεων, οδήγησε τους μαθητές στην εδραίωση ή την αναθεώρηση των αντιλήψεων τους για τα φαινόμενα. Ως κοινή συμβολική γλώσσα επικοινωνίας και περιγραφής μεταβολών χρησιμοποιήθηκαν συστηματικά οι γραφικές παραστάσεις.

Διερευνήθηκε η εφαρμοσιμότητα των συγχρονικών συστημάτων και των Φύλλων Εργασίας σε συνθήκες τυπικής τάξης και καταγράφηκαν τα μαθησιακά αποτελέσματα. Διαπιστώθηκε ότι οι εργαστηριακές ασκήσεις με χρήση συγχρονικών διατάξεων μπορούν να εφαρμοστούν χωρίς να απαιτούνται προϋποθέσεις που δεν είναι δυνατόν να εκπληρωθούν στο σχολικό περιβάλλον, ενώ η απαίτηση εξοικείωσης των μαθητών με το νέο εργαστηριακό περιβάλλον δεν αποτέλεσε εμπόδιο για την ολοκλήρωση των ασκήσεων (Καράνης καλ, 2000). Οι μαθητές που συμμετείχαν στη πιλοτική εφαρμογή αποκρίθηκαν σε έργα ερωτηματολογίων με τρόπο που φανερώνει ότι αυτοί κατανόησαν το περιεχόμενο φυσικής και ανέπτυξαν δεξιότητες χειρισμού γραφικών παραστάσεων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Στο παρόν άρθρο αναλύθηκαν και περιγράφηκαν χαρακτηριστικά γνωρίσματα δύο σύγχρονων διερευνητικών εργαλείων για το σχολικό εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, των προσομοιώσεων που υποστηρίζουν την **ανάδειξη των φυσικών φαινομένων** και των συγχρονικών διατάξεων για την **ανάδειξη των φυσικών μεγεθών**. Ως ουσιαστική λειτουργία των προσομοιώσεων αναγνωρίζεται η δυνατότητα παραμετρικής διερεύνησης των φαινομένων, ενώ η συμβολή των συγχρονικών διατάξεων εστιάζεται στη δυνατότητα μελέτης των μεταβολών σε πραγματικό χρόνο. Η συνδυασμένη χρήση πραγματικών πειραματικών διατάξεων, προσομοιώσεων και συγχρονικών διατάξεων (Bisdikian & Psillos, 1998), μπορεί να εισάγει καινοτομικές λειτουργίες και να παράσχει πολύπλευρες ευκαιρίες για τη διερεύνηση των φαινομένων από τους μαθητές, χωρίς απαραίτητα να συνεπάγεται αποκοπή από την κλασική πειραματική πρακτική.

Φαίνεται ότι εφαρμογές Τεχνολογιών Πληροφορικής μπορούν να ενταχθούν εν δυνάμει στην εκπαιδευτική διαδικασία. Τα σύγχρονα εργαλεία δεν καταργούν το εργαστήριο αλλά αντιμετωπίζουν περιορισμούς των κλα-

σικών πρακτικών και εμπλουτίζουν τους μηχανισμούς διερεύνησης προσφέροντας νέες δυνατότητες στους χρήστες. Τα αποτελέσματα από τις πιλοτικές εφαρμογές ένταξης των εργαλείων είναι κατ' αρχή ενθαρρυντικά. Το ολοκληρωμένο περιβάλλον “ΣΕΙΤ” έχει γίνει αποδεκτό ως εύκολο και χρήσιμο εργαλείο με πλούσιο υλικό από πολλούς έμπειρους εκπαιδευτικούς (Λεύκος, 2001). Από την άλλη μεριά, οι συγχρονικές διατάξεις παρέχουν δυνατότητες που μπορούν να υποστηρίξουν τη κατανόηση των φαινομένων και την ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων. Είναι σημαντικό ότι η εφαρμογή τους, δεν προϋποθέτει εκτεταμένη προηγούμενη εμπειρία στο κλασικό εργαστήριο. Διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές εξοικειώνονται εύκολα στη χρήση των εργαλείων και ότι οι σχετικές δραστηριότητες, κατευθυνόμενες από Φύλλα Εργασίας, είναι εφαρμόσιμες μέσα στη τάξη.

Η αποτελεσματικότητα βέβαια της εργαστηριακής διδασκαλίας ακόμη και με τη συμβολή των Τεχνολογιών Πληροφόρησης, προϋποθέτει συστηματικό προγραμματισμό και υποστήριξη της ένταξης, πάνω στα οποία θα πρέπει να δώσει βάρος κάθε εκπαιδευτική πολιτική.

Βιβλιογραφία

- BARTON, R. (1998). Information Technology in Practical Work: Assessing and Increasing the value-added. In Wellington, J. (ed), Practical Work in Science Education, Routledge, New York.
- BISDIKIAN, G. & PSILLOS, D. (1998). A computer-based approach to relating graphs and physics: The case of heat and temperature. In Neidderer, H. & Psillos, D. (eds), Case studies on labwork in 5 European countries, Working paper No 7. LSE Project, No PL95-2005, (European Commission DG XII).
- HARTLEY, J.R., BYARD, M.J. & MALLEN, C. (1991). Qualitative modelling and conceptual change in science students. In Birnbaum, L. (ed) The International Conference on the Learning Sciences: Proceedings of the 1991 Conference, p 222-230. Charlottesville Va: Association for the Advancement of Computing in Education.
- ΚΑΡΑΝΗΣ, Γ., ΤΣΩΝΟΣ, Χ., ΜΠΙΣΔΙΚΙΑΝ, Γ. & ΨΥΛΛΟΣ, Δ. (2000). “Διερεύνηση όψεων της αποτελεσματικότητας εργαστηριακών ασκήσεων υποστηριζόμενων από Συγχρονικές Διατάξεις σε μαθητές Λυκείου”. 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή “Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση”. Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστημίου Πατρών, 13-15 Οκτωβρίου 2000.
- ΛΕΥΚΟΣ, Ι. (2001). Ανάπτυξη εφαρμογών εικονικού εργαστηρίου στη περιοχή της Θερμότητας. Διπλωματική εργασία στο πλαίσιο ΠΜΣ “Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες”, ΠΤΔΕ, ΑΠΘ.
- ΜΠΙΣΔΙΚΙΑΝ, Γ. (2000). Μελέτη την εφαρμογής Πολυμέσων στη διδασκαλία γραφικών παραστάσεων και φυσικών εννοιών. Διδακτορική διατριβή. ΠΤΔΕ, ΑΠΘ.
- ΜΠΙΣΔΙΚΙΑΝ, Γ., ΕΥΑΓΓΕΛΙΝΟΣ, Δ. & ΨΥΛΛΟΣ, Δ. (1994). Οι προσομοιώσεις μέσω Η/Υ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, Εργασία στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου Νο 91 ΕΔ 580 της ΓΓΕΤ.
- ROBERTS, N., BLAKESLEE, G. & BAROWY, W. (1996). The dynamics of Learning in a Computer Simulation Environment. Journal of Science Teacher Education, 7 (1), p 41-58.
- ROGERS, L., (1997). New data-logging tools – new investigations, School Science Review, December 1997, 79, (287).
- ROTH, W. (1995). Affordances of Computers in Teacher-Student Interactions: The Case of Interactive Physics. Journal of research in science teaching, Vol 32, No 4, p 329-347.
- SCHHECKER, H. (1998). Physik - Modellieren, Klett Verlag, Stuttgart.
- ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΥΠΕΠΘ, “Πολυμέσα - Δίκτυα”, Βιβλίο Μαθητή Γ' Εν. Λυκείου, Αθήνα 1999.
- TEODORO, V. (1992). Direct manipulation of physical concepts in a computerized exploratory laboratory. In DeCorte, E., et al (eds) Computer-based learning environments and problem solving. NATO-ASI Series. Springer-Verlag, Berlin.
- THORNTON, R. (1995). Conceptual Dynamics: Changing Student Views of Force and Motion. In Bernardini, C. et al (eds), Thinking Physics for Teaching, Plenum Press, New York.
- TINKER, R. (1996). Microcomputer-Based Labs: Educational Research and Standards. NATO-ASI Series. Springer Verlag, Berlin.

- WILSON, J. & REDISH, E. (1992). The Comprehensive Unified Physics Learning Environment. *Computers in Physics*, 6, 2, p 202.
- ΧΑΤΖΗΚΡΑΝΙΩΤΗΣ, Ε., ΜΠΙΣΔΙΚΙΑΝ, ΓΚ. & ΨΥΛΛΟΣ, Δ. (1999). Ανάπτυξη ει-
κονικού εργαστηρίου Θερμότητας. Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνέδριου με Διε-
θνή Συμμετοχή: Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευ-
ση, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Οκτώβριος 1999.
- ΨΥΛΛΟΣ, Δ., ΑΡΓΥΡΑΚΗΣ, Π., ΒΛΑΧΑΒΑΣ, Ι., ΧΑΤΖΗΚΡΑΝΙΩΤΗΣ, Ε., ΜΠΙΣ-
ΔΙΚΙΑΝ, Γ., ΡΕΦΑΝΙΔΗΣ, Ι., ΛΕΥΚΟΣ, Ι., ΚΟΡΟΜΠΙΑΗΣ, Κ., ΒΡΑΚΑΣ, Δ.,
ΓΑΛΛΟΣ, Α., ΠΕΤΡΙΔΟΥ, Ε. & ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ, Ι. (2000). Συνθετικό Εικονικό
Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας και Θερμοκρασίας. Πρακτικά του
2ου Πανελλήνιου Συνέδριου “Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοι-
νωνίας στην Εκπαίδευση”, Πανεπιστήμιο Πατρών, Οκτώβριος 2000.