ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Ευρυπίδης Χατζηκρανιώτης, λεκτ. Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ, evris@physics.auth.gr
Γκαραμπέτ Μπισδικιάν, υπ. Διδ. ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, Garo@vergina.eng.auth.gr
Δημήτρης Ψύλλος, Καθηγητής ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, psillos@skiathos.physics.auth.gr

Λέξεις Κλειδιά: εικονικό εργαστήριο, πειράματα θερμότητας (virtual lab, Heat experiments)
Θέμα: Εκπαιδευτικό λογισμικό (educational software).

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού στην περιοχή της Θερμότητας, το οποίο σχετίζεται με την πειραματική προσέγγιση της ύλη του Γυμνασίου - Λυκείου. Το εικονικό εργαστήριο αποτελεί μικρόκοσμο με:

- αντικείμενα (δοχεία) και υλικά που μπορούν να αλληλεπιδρούν ανταλλάσσοντας θερμότητα,
- εικονικά όργανα - συσκευές για τη μέτρηση, καταγραφή και γραφική απεικόνιση των εικονικών πειραμάτων.

Ο χρήστης (μαθητής) έχει τη δυνατότητα να συνθέσει την εικονική πειραματική διάταξη επιλέγοντας και σύροντας τα αντικείμενα, να ορίσει τις ιδιότητές τους, να κατευθύνει την εκτέλεση του πειράματος, να πραγματοποιεί μετρήσεις και να δημιουργεί τη γραφική του παράσταση. Στην εργασία παρουσιάζονται οι βασικές σχεδιαστικές αρχές και οι παιδαγωγικές προσεγγίσεις του λογισμικού.

Abstract

In this work we present the development of a virtual lab suitable for supporting a laboratory approach of the topic of "Heat" in the Greek High school. The virtual lab is a micro-world composed by:

- Objects (containers) and Materials that can interact exchanging heat.
- Virtual instruments and devices that take measurements and plot graphs.

The students can compose the virtual experimental setup by picking and dragging the "objects", define their properties, arrange the experiment in terms of logic conditions, take measurements and create graphs. In this work we present the basic design concepts of the virtual lab and the underlying educational approaches.

1. Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη του τομέα της επιστήμης των Η/Υ έχει προσφέρει τεχνικές και εργαλεία τα οποία βοηθούν στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών συστημάτων πολυμέσων (multimedia) με ιδιαίτερα φιλική διασύνδεση με το χρήστη. Ιδιαίτερα σύγχρονη τάση των εκπαιδευτικών πακέτων πολυμέσων αποτελούν τα περιβάλλοντα μικρόκοσμων (White, 1991), όπως είναι τα "εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα", τα οποία προσομοιάζουν με εικονικό και λειτουργικό τρόπο, εργαστήρια φυσικών επιστημών στην οθόνη του υπολογιστή. Ο μαθητής - χρήστης σε άμεση αλληλεπίδραση με το περιβάλλον συνθέτει, παρακολουθεί και κατευθύνει την εκτέλεση ενός εικονικού πειράματος, πραγματοποιεί μετρήσεις με εικονικά όργανα, συσχετίζει γραφικές παραστάσεις κλπ. (Laurillard, 1998. Hartley et al, 1991).

Το προσομοιωμένο Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας αποτελεί ένα μικρόκοσμο με:

- αντικείμενα (δοχεία) και υλικά που μπορούν να αλληλεπιδρούν ανταλλάσσοντας θερμότητα
- και εικονικά όργανα - συσκευές για τη μέτρηση, καταγραφή και γραφική απεικόνιση των εικονικών πειραμάτων.

Ο χρήστης (μαθητής) έχει τη δυνατότητα να συνθέσει την εικονική πειραματική διάταξη επιλέγοντας και σύροντας τα αντικείμενα, να ορίσει τις ιδιότητές τους, να κατευθύνει την εκτέλεση του πειράματος, να πραγματοποιεί μετρήσεις και να δημιουργεί τη γραφική τους αναπαράσταση.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται φάσεις της ανάπτυξης του περιβάλλοντος που αναφέρεται στη Θερμότητα και εστιάζεται στην ύλη του Γυμνασίου - Λυκείου. Το συγκεκριμένο περιβάλλον αποτελεί τμήμα ευρύτερου αναπτυξιακού έργου, το οποίο βρίσκεται σε εξέλιξη. Η εργασία επικεντρώνεται στην ανάλυση των βασικών σχεδιαστικών αρχών και των παιδαγωγικών προσεγγίσεων του λογισμικού.

2. Γιατί εικονικό εργαστήριο θερμότητας

Σε αρκετά αναλυτικά προγράμματα, μεταξύ των οποίων και στο τρέχον ελληνικό, εμφανίζεται η θερμότητα ως κύριο θέμα θεωρητικής και εργαστηριακής διαπραγμάτευσης. Τα πραγματικά πειράματα στην περιοχή της θερμότητας, ως ένα βαθμό είναι πραγματοποιήσιμα, η δε θεωρητική τους ερμηνεία μπορεί αρχικά να λειτουργήσει ικανοποιητικά σε πρώτο επίπεδο ποιοτικής περιγραφής (Linn et al, 1991). Η ποσοτική όμως έκφραση και ο συσχετισμός των μεγεθών (θερμότητα – θερμοκρασία) αποτελεί ένα πολύ πιο σύνθετο πρόβλημα (Kesidou, Duit & Glinn, 1995).

Διδακτική επιδίωξη, αποτελεί η ανάδειξη του «αιτιοκρατικού» χαρακτήρα της Φυσικής, μέσα από τον προσδιορισμό των σχέσεων αίτιο-αποτέλεσμα. Παρόλο που σε άλλους γνωστικούς χώρους (πχ μηχανική - κίνηση) το

δίπολο είναι σαφώς ορισμένο και εύκολα αντιληπτό (αίτιο: δύναμη, αποτέλεσμα: μετατόπιση), αν θελήσει κανείς να εφαρμόσει το δίπολο αυτό στη θερμότητα, καταλήγει στο εξής σχήμα:

Έστω δύο σώματα Α και Β με θερμοκρασία Θ_A και Θ_B αντίστοιχα, που βρίσκονται σε επαφή και μπορούν να ανταλλάσσουν θερμότητα. Από τον τρόπο που συμβατικά εκφράζεται το πρόβλημα (πχ στα σχολικά εγχειρίδια), καταλήγουμε στην ακόλουθη διατύπωση:

- Αίτιο: Επειδή τα σώματα είναι σε διαφορετική θερμοκρασία (πχ. $\Theta_A > \Theta_B$).
- Αποτέλεσμα: έχουμε ροή θερμότητας (από το Α →Β).

Όμως η σχέση αυτή δεν ολοκληρώνει το πρόβλημα της θερμικής ισορροπίας, καθώς συνεχίζει ως:

- Επειδή έχουμε ροή θερμότητας από το Α →Β (αίτιο ??).
- Η θερμοκρασία στα δύο σώματα (Α και Β) μεταβάλλεται.

Παρατηρούμε στην παραπάνω διατύπωση ότι στο δίπολο αίτιο-αποτέλεσμα, το «ροή θερμότητας» εμφανίζεται ασαφές, είτε ως αίτιο στο δεύτερο σκέλος της διατύπωσης, είτε ως αποτέλεσμα στο πρώτο. Θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει μια διαφορετική διατύπωση, ως εξής:

- Αίτιο: Επειδή τα σώματα είναι σε διαφορετική θερμοκρασία (πχ. $\Theta_A > \Theta_B$).
- Διαδικασία: έχουμε ροή θερμότητας (από το Α →Β).
- Αποτέλεσμα: Η θερμοκρασία στα δύο σώματα (Α και Β) μεταβάλλεται.

Που βεβαίως αναιρεί την ασάφεια, εισάγει μια διαδικασία, όμως έτσι αποσυμπλέκει τη «ροή θερμότητας» από τον ορισμό της. Επιπλέον, το πρόβλημα εξακολουθεί να είναι ασαφές, δεδομένου ότι η μεταβολή στη θερμοκρασία στα δυο σώματα (Α και Β) εξαρτάται από τη μάζα και την ειδική θερμότητα του κάθε σώματος ($m_A \cdot c_A$ και $m_B \cdot c_B$ αντίστοιχα). Συνεπώς, η ίδια (στοιχειώδης) ροή θερμότητας, προκαλεί διαφορετική (στοιχειώδη) μεταβολή στη θερμοκρασία του κάθε σώματος. Έτσι, το ίδιο αρχικό αίτιο (διαφορά θερμοκρασίας, $\Delta\Theta = \Theta_A - \Theta_B$) προκαλεί διαφορετικό αποτέλεσμα στα δυο σώματα. Επιπλέον, καθώς η θερμοκρασία των δυο σωμάτων μεταβάλλεται συνεχώς, το αίτιο (διαφορά θερμοκρασίας, $\Delta\Theta = \Theta_A - \Theta_B$) μεταβάλλεται συνεχώς.

Από την προηγούμενη συζήτηση γίνεται φανερό ότι ενώ ένα πείραμα θερμικής ισορροπίας είναι σχετικά απλό να γίνει και εύκολα ο μαθητής μπορεί να αναγνωρίσει την αρχική και την τελική κατάσταση (*«αρχικά τα δυο σώματα είχαν διαφορετική θερμοκρασία, ενώ στο τέλος την ίδια»*), ή να περιγράψει ποιοτικά το φαινόμενο (*«η θερμοκρασία θα μεταβάλλεται και στα δυο σώματα έως ότου οι δυο θερμοκρασίες γίνουν ίδιες»*), με δυσκολία μπορούν να κατανοηθούν οι απαιτούμενες «σχέσεις αιτιότητας» που είναι ικανές και αναγκαίες για την πλήρη περιγραφή του φαινομένου.

Ένας τρόπος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι ο συνδυασμός του πραγματικού εργαστηρίου με κατάλληλο λογισμικό (εικονικό εργαστήριο), το οποίο προσομοιάζει αλλά και επεκτείνει τις δυνατότητες του πραγματικού εργαστηριού. Ο χρήστης-μαθητής θα μπορεί με το λογισμικό να μεταβάλλει και να παραμετροποιεί το περιβάλλον, δημιουργώντας και διερευνώντας τις δικές του πειραματικές εκδοχές, μόνος του ή με τη βοήθεια του καθηγητή του. Θεωρούμε ότι λειτουργική σύζευξη των δύο χώρων (πραγματικό – εικονικό εργαστήριο) με επιλεγμένα διδακτικά σενάρια μπορεί να υποβοηθήσει την αποσαφήνιση των αναγκαίων «σχέσεων αιτιότητας» που είναι απαραίτητες για την κατανόηση των φαινομένων.

3. Παιδαγωγικές θέσεις

Στο Εικονικό Εργαστήριο που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία, ο μαθητής εκτελεί το πείραμα στην έγχρωμη οθόνη του υπολογιστή, παρακολουθεί ζωντανά, συμμετέχει και κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου, πραγματοποιεί μετρήσεις σε εικονικά όργανα έχει τη δυνατότητα να διερευνήσει εύχρηστα τα φαινόμενα. Ο προς προσομοίωση κόσμος δεν είναι προκατασκευασμένος ή αυστηρά συγκεκριμένος, αλλά μπορεί να δημιουργηθεί από τον εκπαιδευτικό ή το μαθητή σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διδασκαλίας. Τα μέσα που έχει ο δημιουργός στη διάθεσή του για να δομήσει το συγκεκριμένο κάθε φορά κόσμο, αποτελούν τα αντικείμενα με τις ιδιότητες και τους συσχετισμούς μεταξύ τους, όργανα μέτρησης και πολλαπλούς μηχανισμούς αναπαράστασης των μεταβολών (Olson, 1988). Ιδιαίτερο βάρος στο εικονικό εργαστήριο αποδίδεται στη δημιουργία και την ερμηνεία των γραφικών παραστάσεων από τον μαθητή.

Οι γραφικές παραστάσεις αποτελούν βασική μέθοδο συμβολισμού μεταβολών στη σχολική εργαστηριακή πρακτική. Βλέποντας σφαιρικά μια γραφική παράσταση και περιγράφοντάς την ποιοτικά με όρους γενικών μορφών, τάσεων, κλίσεων και συγκρίσεων των χαρακτηριστικών, παρέχεται με μια ματιά και με εικονική μορφή, πλήθος πληροφοριών, διαδικασία που αλλιώς θα απαιτούσε μεγάλο όγκο περιγραφικού κειμένου ή ποσοτικής αναφοράς (Leinhardt et al, 1990). Θεωρούμε ότι οι αναφερόμενες σε συγκεκριμένο γνωστικό περιεχόμενο ποιοτικές γραφικές παραστάσεις, είναι δυνατόν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τον αφηρημένο γραφικό συμβολισμό και παράλληλα να βελτιώσουν την κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών που αναπαρίσταται, με μια αμφίδρομη σχέση. Όμως, όπως εντοπίζεται στη βιβλιογραφία, οι μαθητές δυσκολεύονται να αποδώσουν, όταν τους ζητείται, φυσική σημασία στις ποιοτικές γραφικές παραστάσεις (McDermott, 1987).

Η υπάρχουσα πρακτική της κλασικής διαδικασίας λήψης τιμών, επεξεργασίας και στη συνέχεια της χειρονακτικής κατασκευής γραφικών παραστάσεων, στερεί την αμεσότητα μεταξύ του φαινομένου και της αναπαράστασής του, ασκεί δε σε δεξιότητες περισσότερο χειριστικές και ποσοτικές που καταναλώνουν το χρόνο και το δυναμικό των μαθητών σε δευτερεύουσες διαδικασίες (Brassel, 1987). Σαν αποτέλεσμα οι μαθησιακές διαδικασίες δεν επικεντρώνονται στην απόδοση φυσικής σημασίας στις γραφικές παραστάσεις. Άμεση σύνδεση μεταξύ της εξέλιξης φαινομένου και

δημιουργίας της γραφικής παράστασης γίνεται πιο εύκολα, όταν αυτή σχηματίζεται σε πραγματικό χρόνο (real-time), περίπτωση που συναντάται όταν η γραφική παράσταση δημιουργείται είτε μέσω λήψης και επεξεργασίας τιμών με αισθητήρια διασυνδεδεμένα με τον Η/Υ, είτε μέσω προσομοιώσεων των φαινομένων ή πειραμάτων. Η λειτουργία αυτή είναι δυνατόν να βοηθήσει τους μαθητές να αποδώσουν φυσική σημασία στη σχέση των μεταβλητών και να συσχετίσουν άμεσα το τι δείχνει και τι αναπαριστά μια γραφική παράσταση (Rogers, 1995).

Στο εικονικό εργαστήριο η γραφική παράσταση πέρα από αντικείμενο προς μάθηση αντιμετωπίζεται επίσης σαν εργαλείο διδασκαλίας διότι θεωρούμε ότι η εκπαίδευση στις γραφικές παραστάσεις σε συγκεκριμένο περιεχόμενο με τη βοήθεια Η/Υ, θα συμβάλει στην αποτελεσματική ολοκλήρωση των πειραματικών δραστηριοτήτων και την ποιοτική κατανόηση των Φυσικών Επιστημών (Bisdikian & Psillos, 1998).

4. Αρχές σχεδιασμού του εικονικού εργαστηρίου

Η υλοποίηση ενός μικρόκοσμου θερμότητας απαιτεί την ανάπτυξη των βασικών – γενετήσιων εξισώσεων που διέπουν τα φαινόμενα της θερμότητας. Αναζητούμε τις βασικές εξισώσεις που περιγράφουν τη συμπεριφορά των αντικειμένων στο μικρόκοσμο, ανεξάρτητα αν επιχειρείται ένα εικονικό πείραμα θερμικής ισορροπίας, ένα πείραμα μετατροπής φάσης ή η επιβεβαίωση του νόμου των αερίων. Ζητούμενο είναι η συμπεριφορά του μικρόκοσμου σε όλες τις περιπτώσεις να είναι εξίσου ρεαλιστική και αξιόπιστη.

Το πρόβλημα Φυσικής

Για τον προσδιορισμό των βασικών (γενετήσιων) εξισώσεων που διέπουν τον μικρόκοσμο θερμότητας, θεωρούμε ως βασική φυσική διεργασία τη ροή θερμότητας. Τα διαφορετικά σώματα (αντικείμενα του μικρόκοσμου) αλληλεπιδρούν μεταξύ τους θερμικά εφόσον βρίσκονται σε θερμική επαφή. Για την ανάπτυξη του μικρόκοσμου υπό τη μορφή μιας σειράς γενετήσιων εξισώσεων θεωρούμε τις εξής βασικές αρχές:

- Υπάρχουν δυο βασικά είδη "αντικειμένων" στο μικρόκοσμο, τα <u>υλικά</u> και τα <u>δοχεία</u> που περιέχουν τα υλικά.
- Κάθε σώμα του μικρόκοσμου έχει υλική υπόσταση και ιδιότητες υλικού (μάζα, πυκνότητα, θερμοκρασία, ειδική θερμότητα, κλπ) και υφίσταται μόνο μέσα σε ένα δοχείο.

Με τον τρόπο αυτό, το πρόβλημα φυσικής περιορίζεται στο να προσδιοριστεί η θερμική ανταπόκριση ενός υλικού όταν δέχεται ή αποβάλει θερμότητα διαμέσου των τοιχωμάτων του δοχείου στο οποίο περιέχεται. Το υπολογιστικό πρόβλημα επίσης απλοποιείται ως μια συνεχής επίλυση του προβλήματος φυσικής ως προς όλα τα δοχεία (loop).

Με την αντιμετώπιση αυτή, το πρόβλημα Φυσικής διατυπώνεται ως «ένα σώμα (ένα υλικό) με μάζα m, ειδική θερμότητα c, και θερμοκρασία Θ, βρίσκεται σ' ένα δοχείο με θερμική αγωγιμότητα κ» και οι γενετήσιες σχέσεις του μικρόκοσμου προσδιορίζονται από τις ακόλουθες αρχές:

1. Το δοχείο αλληλεπιδρά θερμικά με τον περιβάλλοντα χώρο, που μπορεί να είναι είτε το περιβάλλον είτε κάποιο άλλο δοχείο.
2. Η ροή θερμότητας γίνεται διαμέσου των τοιχωμάτων του δοχείου.
3. Η ροή θερμότητας προκαλεί είτε μεταβολή της θερμοκρασίας του υλικού που περιέχεται στο δοχείο είτε μεταβολή της φυσικής του κατάστασης (λανθάνουσα θερμότητα).

Ο αλγόριθμος του προβλήματος

Το πρόβλημα Φυσικής προσδιορίζεται από τις ακόλουθες αρχές και σχέσεις:

1. Λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας στο εσωτερικό (Θ) και στο εξωτερικό (Θπ) του δοχείου, υπάρχει ροή θερμότητας διαμέσου των τοιχωμάτων.
2. Η ροή θερμότητας δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{dQ}{dt} = \kappa \cdot S \cdot (\Theta - \Theta\pi) \qquad (1)$$

όπου κ είναι η θερμική αγωγιμότητα και S η επιφάνεια του δοχείου.

3. Η ροή θερμότητας προκαλεί:

α. <u>μεταβολή θερμοκρασίας</u>

- στο υλικό που περιέχεται στο δοχείο

$$\frac{dQ}{dt} = m \cdot c \cdot \frac{d\Theta}{dt} \qquad (2)$$

όπου m είναι η μάζα και c η ειδική θερμότητα του υλικού.

- στον περιβάλλοντα χώρο (που στη γενικότερη περίπτωση μπορεί να είναι είτε το περιβάλλον, είτε κάποιο άλλο δοχείο)

$$-\frac{dQ}{dt} = m_{\Pi} \cdot c_{\Pi} \cdot \frac{d\Theta_{\Pi}}{dt} \qquad (3)$$

όπου m_{Π} είναι η μάζα και c_{Π} η ειδική θερμότητα του περιβάλλοντος χώρου, και το αρνητικό πρόσημο (-) αναφέρεται στην κατεύθυνση ροής της θερμότητας.

β. <u>μεταβολή της φυσικής κατάστασης</u> (λανθάνουσα θερμότητα)

- στο υλικό που περιέχεται στο δοχείο

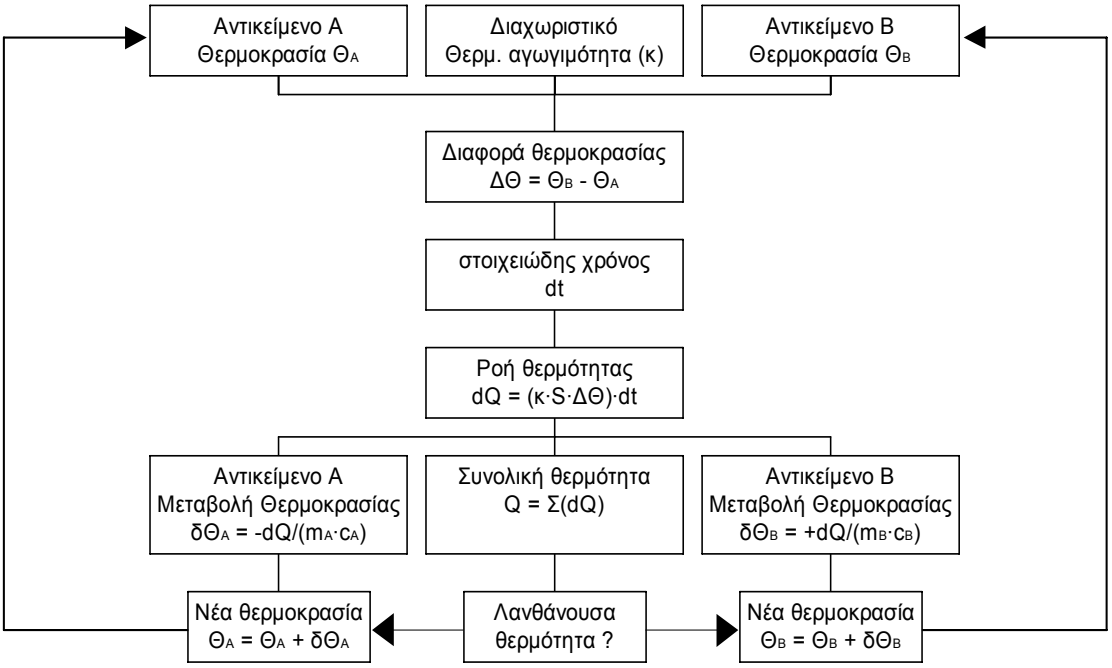
- στον περιβάλλοντα χώρο.

γ. μεταβολή άλλων ιδιοτήτων του υλικού π.χ. πίεση, όγκος, κλπ, ανάλογα με τη φυσική κατάσταση του υλικού και τον τύπο του δοχείου στο οποίο περιέχεται.

Υπολογιστικά, το πρόβλημα χωρίζεται σε μικρά χρονικά διαστήματα dt. Κάθε ένα από τα αντικείμενα του χώρου, αλληλεπιδρά τόσο με τα υπόλοιπα αντικείμενα με τα οποία βρίσκεται σε θερμική επαφή, όσο και με τον περιβάλλοντα χώρο.

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται συνοπτικά ο αλγόριθμος ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ δύο σωμάτων (δύο υλικών) που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία. Η ροή της θερμότητας γίνεται διαμέσου των τοιχωμάτων ενός δοχείου. Το δοχείο έχει το ρόλο "διαχωριστικού" ανάμεσα σε δυο αντικείμενα και οι ιδιότητές του (θερμικά αγώγιμο ή θερμικά μονωμένο) καθορίζουν τη θερμική αλληλεπίδραση.

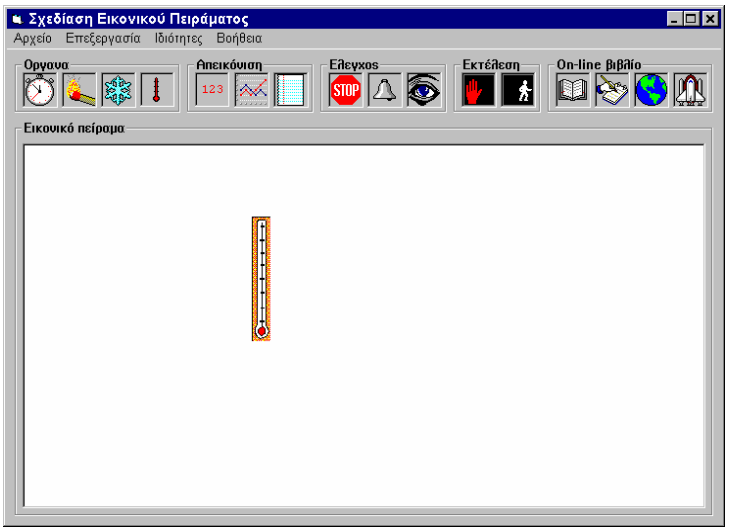
Σχήμα 1: Σχηματική παράσταση του αλγορίθμου



Αντικείμενα του μικρόκοσμου: εικονικά όργανα και συσκευές

Η οθόνη του λογισμικού χωρίζεται σε δύο περιοχές (σχήμα 2):

1. Περιοχή εργαλείων: είναι η περιοχή με τα εργαλεία (εικονικά όργανα - ψηφίδες) που ο χρήστης έχει στη διάθεσή του για την οργάνωση του εικονικού εργαστηρίου.
2. Περιοχή εικονικού πειράματος: όπου ο χρήστης "στήνει" την εικονική πειραματική διάταξη.



Σχήμα 2: Σχεδίαση εικονικού εργαστηρίου

Η λειτουργία του λογισμικού γίνεται με άμεσο χειρισμό. Ο χρήστης, για τη σύνθεση του πειράματος, έχει στη διάθεσή του μια σειρά από ομαδοποιημένα αντικείμενα:

1. <u>όργανα ή συσκευές:</u> μανόμετρο, θερμόμετρο, χρονόμετρο, καλορίμετρο, συσκευή θέρμανσης (καμινέτο), ποσότητα πάγου ή νερού.
2. <u>όργανα απεικόνισης:</u> ψηφιακή απεικόνιση, γραφική απεικόνιση, απεικόνιση με μορφή πίνακα τιμών.
3. <u>σημεία ελέγχου του πειράματος:</u> STOP, "καμπανάκι", "προσοχή".
4. <u>εντολές εκτέλεσης του πειράματος:</u> εκκίνηση - τερματισμός.
5. <u>βιβλία αναφοράς:</u> βασική θεωρία, σημειώσεις του διδάσκοντα (κείμενο TXT), ειδικές αναφορές σε θέματα περιβάλλοντος ή τεχνολογίας.

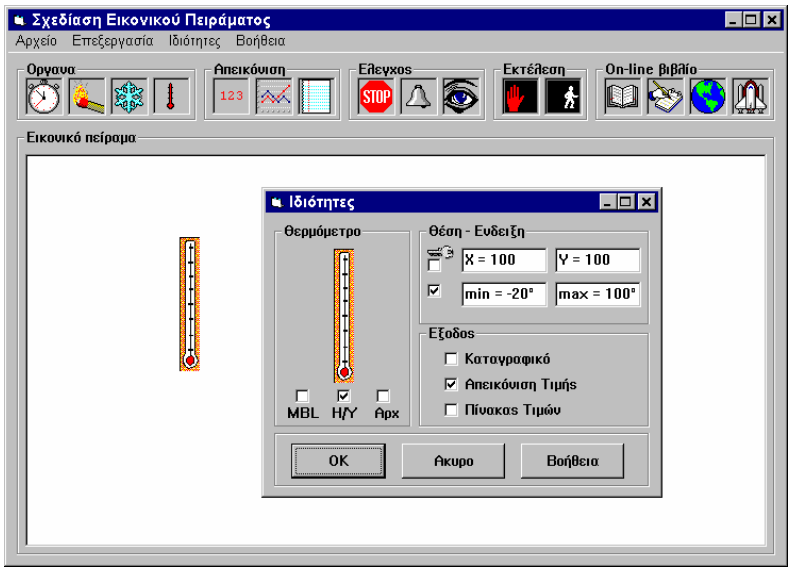
Με τα εργαλεία αυτά ο εκπαιδευτικός-χειριστής του λογισμικού "στήνει" το εικονικό πείραμα με την ακόλουθη διαδικασία:

1. Επιλέγει τα όργανα ή συσκευές του πειράματος.
2. Σύρει τα όργανα στο χώρο εργασίας (χώρος του εικονικού πειράματος).
3. Οργανώνει το πείραμα "χωρικά" (διάταξη οργάνων) και "λογικά".
4. Οργανώνει το πείραμα "λογικά" (σημεία ελέγχου του πειράματος).
5. Ορίζει τις ιδιότητες κάθε αντικειμένου, όπως σχηματικά φαίνεται στην εικόνα 3
6. Επιλέγει ποιες από τις ιδιότητες του κάθε αντικειμένου θα είναι προσπελάσιμες από το μαθητή κατά την εκτέλεση της άσκησης.

5. Διδακτική χρήση

Κάθε αντικείμενο (όργανο ή συσκευή) έχει δεδομένες ιδιότητες που καθορίζονται από τη λειτουργικότητά του. Στο παράδειγμα του σχήματος 3, το αντικείμενο "θερμόμετρο" έχει τις παρακάτω ιδιότητες:

1. <u>θέση στην οθόνη</u>. Αν η θέση είναι "κλειδωμένη", σημαίνει ότι ο μαθητής δεν έχει τη δυνατότητα μετακίνησης του αντικειμένου.
2. <u>Περιοχή τιμών</u> μέτρησης - απεικόνισης. Αν στο παράδειγμα του θερμομέτρου η περιοχή τιμών είναι κλειδωμένη, σημαίνει ότι ο μαθητής έχει στη διάθεσή του ένα (καθορισμένο) τύπο θερμομέτρου, ενώ αν δεν είναι, ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να "αλλάξει" θερμόμετρο κατά την εκτέλεση της άσκησης προσδιορίζοντας την περιοχή μέτρησης, και αντίστοιχα την ευαισθησία του οργάνου.



Σχήμα 3: Επιλογή ιδιοτήτων ενός αντικειμένου (π.χ. του θερμομέτρου)

Κατά τη διαμόρφωση των ιδιοτήτων ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να ορίσει τον τύπο του πειράματος, προσδιορίζοντας την είσοδο δεδομένων προς το εικονικό όργανο, που π.χ. για το θερμόμετρο μπορεί να προέρχεται από:

1. <u>MBL</u>: όπου το θερμόμετρο απεικονίζει τη θερμοκρασία από το αντίστοιχο αισθητήριο της συγχρονικής διάταξης. Ανάλογα με τη θερμοκρασία που το αισθητήριο ανιχνεύει, το θερμόμετρο δείχνει τον "υδράργυρο" να ανεβαίνει ή να κατεβαίνει.
2. <u>Προσομοίωση:</u> όπου το θερμόμετρο "παίρνει είσοδο" και το πείραμα εκτελείται από τη μηχανή προσομοίωσης.
3. <u>Αρχείο:</u> όπου το θερμόμετρο "παίρνει δεδομένα" και το πείραμα εκτελείται από ένα αρχείο δεδομένων.

Το κάθε όργανο ή συσκευή έχει τη δυνατότητα επικοινωνίας με άλλα όργανα ή συσκευές, προσφέροντας την έξοδό του σε:

1. όργανο ψηφιακής απεικόνισης

2. καταγραφικό όργανο
3. απεικόνιση με τη μορφή πίνακα τιμών

Ελέγχοντας τις προσπελάσιμες ιδιότητες κάθε οργάνου ή συσκευής, ο εκπαιδευτικός γίνεται κατ' ουσία ο κύριος διαμορφωτής του τρόπου οργάνωσης και χρήσης του εικονικού εργαστηρίου, προσφέροντας τις παρακάτω πολλαπλές δυνατότητες, λειτουργία που χαρακτηρίζει επιπλέον πλεονέκτημα του εικονικού εργαστηρίου σε σύγκριση με το πραγματικό:

1. Ανοικτό διερευνητικό περιβάλλον. Είναι διαθέσιμες όλες οι λειτουργίες και επιλογές του Εικονικού Εργαστηρίου. Οι μαθητές μπορούν να συνθέσουν και να διερευνήσουν τη «δική» τους εργαστηριακή διάταξη επιλέγοντας τα εικονικά όργανα, τη διαδικασία παραμετροποίησης κλπ..
2. *Παραμετρικής προσομοίωσης*: Ο διδάσκων προ-επιλέγει τη μορφή της διάταξης (όργανα, υλικά, ποσότητες κλπ) και την ελευθερία παραμετροποίησης των μετρούμενων ποσοτήτων (π.χ. η ιδιότητα "μάζα" ή "παροχή θερμότητας" είναι προσπελάσιμες στο μαθητή). Στη συνέχεια αποθηκεύει το εικονικό εργαστήριο σε αρχείο. Οι μαθητές καλούνται να εκτελέσουν το πείραμα, να πάρουν μετρήσεις και να διερευνήσουν τις πειραματικές συνθήκες μέσω της παραμετροποίησης.
3. *Κλειστή πειραματική διάταξη*: Ο διδάσκων έχει προ-επιλέξει τα όργανα και τις συσκευές που απαρτίζουν την πειραματική διάταξη και τα προσφέρει στους μαθητές του (η ιδιότητα "θέση" είναι προσπελάσιμη). Οι μαθητές μπορούν μόνον να συνθέσουν συγκεκριμένο πείραμα σύροντας τα εικονικά όργανα στην οθόνη τους, να ορίσουν αρχικές τιμές και να μελετήσουν την εξέλιξη.

6. Σύνοψη – αναμενόμενα αποτελέσματα

Η διάδοση των νέων τεχνολογιών και η εν δυνάμει εφαρμογή τους στην εκπαίδευση, δημιουργεί νέες δυνατότητες στους διδάσκοντες και τους μαθητές για να ασκηθούν στην πειραματική εργασία και να εμπεδώσουν τα θεωρητικά πρότυπα. Η πειραματική εργασία διευρύνεται ώστε να συμπεριλάβει εικονικά ή προσομοιωμένα πειράματα τα οποία προσφέρονται για την κατανόηση φαινομένων και απόκτηση δεξιοτήτων όπως του χειρισμού των συμβολικών αναπαραστάσεων των δεδομένων (Serre et.al 1998).

Το "**εικονικό εργαστήριο**" που περιγράφηκε παραπάνω, είναι σε άμεση αλληλεπίδραση (interactively) με το χρήστη, ο οποίος παρακολουθεί ζωντανά, συμμετέχει και κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου, πραγματοποιεί μετρήσεις σε εικονικά όργανα, δημιουργεί την γραφική αναπαράσταση των μεταβολών. Το προτεινόμενο περιβάλλον παρουσιάζει επιπλέον πλεονεκτήματα διότι έχει τη δυνατότητα ευέλικτης προσαρμογής στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και σε ενδεχόμενες μεταβολές του. Έχει φιλική και νεανική εργονομία με δυνατότητα πολλαπλών μορφών αλληλεπίδρασης με τους μαθητές, καλλιέργειας διερευνητικού πνεύματος και ανώτερων μαθησιακών δεξιοτήτων. Επιπλέον, έχει δυνατότητα ένταξης σε πολλαπλά διδακτικά μοντέλα (μεταφοράς γνώσης, εποικοδομητισμός) σε συνδυασμό με τις κατάλληλες οδηγίες και το διαχειριστικό ρόλο του εκπαιδευτικού.

Αναφορές

Bisdikian G., Psillos D., (1998). "A Computer-based approach to relating graphs and physics: The case of heat and temperature", Case study in "Labwork in Science Education", TSER Project, No PL95-2005, (Targeted Socio-Economic Research, European Commission DG XII).

Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance and velocity. Journal of Research in Science Teaching 24 (4), p385-395.

Hartley, J.R., Byard, M.J. and 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, p222-230. Charlottesville Va: Association for the Advancement of Computing in Education.

Kesidou, S., Duit, R. & Glynn, S., (1995). Conceptual Development in Physics: Students' Understanding of Heat. In Glynn, S. & Duit, R., (eds), *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice*. LEA Pub, N. Jersey.

Laurillard, D. (1988). Computers and the emancipation of students: Giving control to the learner. In Paul Ramsden (ed.) Improving learning, Kogan Page Pub.

Leinhardt, G. et al (1990). Functions, Graphs and Graphing. Review of Educational Research 60 (1), p1-64.

Linn, M. & Songer, N. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 885-918.

McDermott, 1987. Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, American Journal of Physics, 55 (6), June 1987, p503-513.

Olson, J. (1988). *Schoolworks/Microworlds, Computers and the culture of the classroom*, Pergamon Press, Canada.

Rogers, L., (1995). The computer as an aid for exploring graphs, School Science Review, 76, 276, p31-39.

Serre M.G., Leach J., Niedderer H., Psillos D., Tiberghien A., Vicentini M., (1998). Improving Science Education: Issues and research on innovative empirical and computer-based approaches to labwork in Europe. Final Report Project PL95-2005, (Targeted Socio-Economic Research, European Commission DG XII).

White, B. (1991). A microworld based approach to science education. In Scanlon, E., O' Shea, T., (Eds.) New Directions in Educational *Technology*. Springer-Verlag, Berlin.