ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

**Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση**

Τόμ. 1 (2000)

2ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

# Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας - Θερμοδυναμικής

*Δ. Ψύλλος, Π. Αργυράκης, Ι. Βλαχάβας, Ε. Χατζηκρανιώτης, Γ. Μπισδικιάν, Ι. Ρεφανίδης, Ι. Λεύκος, Κ. Κορομπίλης, Δ. Βράκας, Λ. Γάλλος, Ε. Πετρίδου, Ι. Νικολαΐδης*

**Βιβλιογραφική αναφορά:**

Ψύλλος Δ., Αργυράκης Π., Βλαχάβας Ι., Χατζηκρανιώτης Ε., Μπισδικιάν Γ., Ρεφανίδης Ι., Λεύκος Ι., Κορομπίλης Κ., Βράκας Δ., Γάλλος Λ., Πετρίδου Ε., & Νικολαΐδης Ι. (2025). Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας - Θερμοδυναμικής. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 331–340. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8268

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 20/01/2026 04:09:09

# Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας-Θερμοδυναμικής

**Δ.Ψύλλος[1], Π.Αργυράκης[2], Ι.Βλαχάβας[3], Ε.Χατζηκρανιώτης[2], Γ.Μπισδικιάν[1], Ι.Ρεφανίδης[3], Ι.Λεύκος[1], Κ.Κορομπίλης[1], Δ.Βράκας[3], Λ.Γάλλος[2], Ε.Πετρίδου[1], Ι.Νικολαϊδης[4]**

(* αναλυτικά οι ιδιότητες στο τέλος του κειμένου)

[1] Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης – ΑΠΘ

[2] Τμήμα Φυσικής – ΑΠΘ

[3] Τμήμα Πληροφορικής – ΑΠΘ

[4] MLS Πληροφορική

**Περίληψη**

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται το πακέτο λογισμικού "ΣΕΠ", ένα Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον που αναπτύχθηκε για τη διδασκαλία της Θερμότητας και της Θερμοδυναμικής. Το λογισμικό αποτελείται από δυο ανοιχτά εικονικά εργαστήρια Θερμότητας και Θερμοδυναμικής αντίστοιχα και παράλληλα προσφέρει μια επιλεγμένη σειρά θεμάτων πολυμέσων που άπτονται της τεχνολογίας και καθημερινών εφαρμογών. Το σύνολο του λογισμικού (εικονικά εργαστήρια και υλικό πολυμέσων) αποτελεί ένα ανοικτό και δυναμικό περιβάλλον, το οποίο επιτρέπει στον χρήστη-εκπαιδευτικό τόσο να σχεδιάζει δικά του πειράματα όσο και να ανασυνθέτει το πολυμεσικό υλικό, ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες και τα ενδιαφέροντα της κάθε ομάδας μαθητών.

**Λέξεις κλειδιά** : Εκπαιδευτικό λογισμικό, Εικονικό εργαστήριο, Θερμότητα, Θερμοδυναμική, Συγχρονική απεικόνιση γραφικών παραστάσεων

**Abstract**

In this work we present the “Composite Virtual-Lab Environment”, which is developed for teaching Heat and Thermodynamics. The software consists of two independent open virtual laboratories (one for Heat and one for Thermodynamics) and a series of relevant multimedia themes on technology and everyday life. The package has an open and dynamic structure that allows the teacher to compose virtual experiments and re-organize the available multimedia themes, according to the needs of his class.

## 1. Εισαγωγή

Η διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών δεν αφορά μόνο την απόκτηση γνώσεων φυσικών εννοιών, νόμων και φαινομένων, αλλά και την ανάπτυξη δεξιοτήτων εκτέλεσης διαδικασιών που αναδεικνύουν την εφαρμογή των επιστημονικών γνώσεων και τις επιστημονικές διερευνήσεις (Woolnough, 1989). Ιδιαίτερα στη χώρα μας, τα νέα Αναλυτικά Προγράμματα για την Α/βάθμια και Β/θμια εκπαίδευση δίνουν έμφαση στις πειραματικές δραστηριότητες και εντάσσουν συστηματικά τις γραφικές παραστάσεις για τη συμβολική αναπαράσταση των μεταβολών φαινομένων και φυσικών μεγεθών (Ε.Π.Π.Σ, 1998). Πρόσφατα δείχνεται ότι εφαρμογές Νέων Τεχνολογιών μπορούν να υποστηρίξουν και να εμπλουτίσουν όψεις των εργαστηριακών πρακτικών (Hartley et al, 1991). Οι Νέες Τεχνολογίες παρέχουν νέες δυνατότητες και μεθόδους οι οποίες επεκτείνουν τα όρια των μεθόδων και τεχνικών του κλασικού εργαστηρίου, όπου π.χ. τα ποσά θερμότητας δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα, ούτε είναι δυνατή η ταυτόχρονη πολλαπλή αναπαράσταση των μεγεθών. Η δυνατότητα διασυνδεδεμένων πολλαπλών αναπαραστάσεων των πολυμέσων και η μέθοδος αλληλεπιδραστικής παραμετρικής διερεύνησης της εξέλιξης ενός φαινομένου, στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη δυναμικότητα των νέων περιβαλλόντων, βελτιώνουν τις πρακτικές διερεύνησης σε ένα εργαστήριο και τεκμηριώνουν τη χρήση του υπολογιστή (Roth, 1995). Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι, οι διδασκόμενοι να έχουν πρόσβαση σε πολύπλευρη ποιοτική και ποσοτική διερεύνηση πτυχών των φυσικών φαινομένων, η οποία πολλές φορές δεν είναι δυνατή στο κλασσικό εργαστήριο (Lajoie et al, 1993).

Στο πλαίσιο αυτό, στη παρούσα εργασία παρουσιάζονται και αναλύονται βασικές πτυχές του Σύνθετου Εργαστηριακού Περιβάλλοντος «ΣΕΠ». Το ΣΕΠ είναι μια εφαρμογή η οποία συνδυάζει υπολογιστική φυσική, συγχρονικές γραφικές απεικονίσεις και πολυμεσικό υλικό. Καλύπτει θέματα φυσικής της Θερμότητας (βρασμός, θερμικές ισορροπίες, ειδική θερμότητα, θερμοχωρητικότητα, νόμος ακτινοβολίας, αγωγιμότητα κλπ.) και της Θερμοδυναμικής (όλες τις μεταβολές των αερίων). Το περιβάλλον βρίσκεται στην τελική φάση ανάπτυξής του.

## 2. Το ολοκληρωμένο εργαστηριακό περιβάλλον

Σε πολλά αναλυτικά προγράμματα, μεταξύ των οποίων και στο τρέχον ελληνικό, εμφανίζεται η περιοχή της Θερμότητας ως κύριο θέμα θεωρητικής και εργαστηριακής διαπραγμάτευσης. Πολλά από τα εργαστηριακά πειράματα στη περιοχή είναι σε περιορισμένο βαθμό πραγματοποιήσιμα, η δε θεωρητική τους ερμηνεία μπορεί να λειτουργήσει ικανοποιητικά σε πρώτο επίπεδο ποιοτικής περιγραφής (Linn and Songer, 1991). Η ποσοτική όμως έκφραση και ο συσχετισμός των μεγεθών (θερμότητα – θερμοκρασία, όγκος, πίεση) αποτελεί ένα πολύ πιο σύνθετο πρόβλημα (Kesidou, Duit & Glinn, 1995). Το πρόβλημα εντείνεται στη περιοχή της Θερμοδυναμικής στην οποία εισάγεται και η μικροσκοπική προσέγγιση στη μελέτη των φαινομένων και διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Δυναμική μέθοδο συσχετισμού και διερεύνησης των σχέσεων αποτελεί η ένταξη γραφικών παραστάσεων, που όμως προϋποθέτει ανάπτυξη αντίστοιχων δεξιοτήτων χειρισμού τους εκ μέρους των μαθητών, λειτουργία η οποία δεν είναι πάντα εφικτή (McDermott, 1987). Οι περιορισμοί του κλασικού σχολικού εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών και η δυνατότητα εμπλουτισμού της εργαστηριακής μελέτης των φαινομένων Θερμότητας και Θερμοδυναμικής, μας οδήγησαν στην ανάπτυξη εικονικού περιβάλλοντος στο οποίο ο μαθητής, εκτός των άλλων, έχει τη δυνατότητα να μελετά τη θερμική αλληλεπίδραση δοχείου με το περιβάλλον του, ακόμη και πέρα από τις συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας. Επισημαίνουμε ότι το εικονικό εργαστήριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με το πραγματικό, επεκτείνοντας στην ουσία τις δυνατότητες του δευτέρου.

Κατά τη σχεδίαση του "Εικονικού Εργαστηρίου" που περιγράφουμε, ελήφθησαν υπόψη πορίσματα ερευνών που αφορούν τις γνωστικές δυσκολίες των μαθητών στις περιοχές της Θερμότητας και της Θερμοδυναμικής, καθώς επίσης και τις δυσκολίες χειρισμού γραφικών παραστάσεων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το γνωστό πρόβλημα διαφοροποίησης θερμοκρασίας- θερμότητας (Erickson & Tiberghien, 1993), αντιμετωπίζεται στο εικονικό εργαστήριο, μέσω ύπαρξης διπλών συγχρονικών γραφικών παραστάσεων μεταβολών θερμότητας και θερμοκρασίας (Bisdikian & Psillos, 1998). Η αδυναμία επίσης των μαθητών να χειρίζονται ταυτόχρονα πολλές μεταβλητές οι οποίες συμμεταβάλλονται, όπως συμβαίνει με τη μελέτη της καταστατικής εξίσωσης των αερίων σε φαινόμενα Θερμοδυναμικής, αντιμετωπίζεται με τη δυνατότητα του λογισμικού να περιορίζει επιλεκτικά τον αριθμό των λειτουργικών μεταβλητών, μειώνοντας την εσωτερική συνθετότητα των φαινομένων (Rozier & Viennot, 1990).

Σύγχρονη τάση των εκπαιδευτικών πακέτων πολυμέσων αποτελούν τα περιβάλλοντα μικρόκοσμων (White, 1991), τα οποία προσομοιάζουν με εικονικό και λειτουργικό τρόπο, εργαστήρια Φυσικών Επιστημών στην οθόνη του υπολογιστή (Χατζηκρανιώτης, Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1999). 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, 1988). Σε περιβάλλον εικονικού εργαστηρίου (virtual laboratory) ο μαθητής μπορεί να εκτελεί πειράματα στην οθόνη του υπολογιστή, να συμμετέχει και κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου και να έχει τη δυνατότητα να διερευνήσει ευέλικτα τα φαινόμενα τόσο σε μακροσκοπικό, όσο και σε μικροσκοπικό επίπεδο. Ο χρήστης-μαθητής μπορεί με το λογισμικό να παραμετροποιεί το περιβάλλον, δημιουργώντας και διερευνώντας τις δικές του πειραματικές εκδοχές, μόνος του αλλά και με τη βοήθεια του καθηγητή του ή συνεργατών στο

δίκτυο. Ο προς προσομοίωση κόσμος δεν είναι προκατασκευασμένος ή αυστηρά συγκεκριμένος, αλλά μπορεί να δημιουργηθεί από τον εκπαιδευτικό ή το μαθητή σύμφωνα με τις απαιτήσεις μιας διδασκαλίας. Τα μέσα που έχει ο δημιουργός στη διάθεσή του για να δομήσει το συγκεκριμένο κάθε φορά κόσμο είναι τα αντικείμενα με τις ιδιότητες και τους συσχετισμούς μεταξύ τους, όργανα μέτρησης και πολλαπλούς μηχανισμούς αναπαράστασης των μεταβολών (Olson, 1988).

Οι σύγχρονες τεχνικές και εργαλεία συντελούν στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών συστημάτων πολυμέσων (multimedia) με ιδιαίτερα φιλική διασύνδεση με το χρήστη. Οι πολυμεσικές εφαρμογές παρέχουν δυνατότητες κατανόησης ενός πεδίου με πολλαπλά μέσα πληροφοριών. Διευκρινίζουμε στο σημείο αυτό ότι αξιολογούμε τα μέσα τα οποία προσφέρουν ουσιαστική πληροφορία και όχι αυτά που απλώς επενδύουν καλαισθητικά το περιβάλλον. Βασικό χαρακτηριστικό τυπικών πολυμεσικών εφαρμογών αποτελεί η πολλαπλή προσέγγιση στην πρόσβαση, επεξεργασία και απεικόνιση πληροφοριών και η δυνατότητα αναπαράστασης της πληροφορίας με κείμενα διασυνδεδεμένα με γραφικά, κινητές εικόνες (animation), ήχο και video (Συγγ. Ομάδα Π.Ι., ΕΠΠΣ 1998). Ως ειδικά μέσα μετάδοσης πληροφοριών κατά τη μελέτη φυσικών φαινομένων, συγκαταλέγονται οι διασυνδεδεμένες πολλαπλές αναπαραστάσεις της εξέλιξης ενός φαινομένου και οι συμβολικές γραφικές παραστάσεις των μεταβολών στα μεγέθη. Η αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον και η ρύθμιση των παραμέτρων, μπορεί να πραγματοποιείται μέσω υπερδομημένης πλοήγησης μεταξύ των πληροφοριών. Η τεχνική αλληλεπίδρασης επεκτείνεται επίσης, περιλαμβάνοντας τη δυνατότητα παραμετροποίησης και τον άμεσο χειρισμό των αντικειμένων.

Μερικά από τα βασικά προβλήματα του κλασικού εργαστηρίου που αντιμετωπίζονται από ένα εικονικό περιβάλλον στη περιοχή της Θερμότητας – Θερμοδυναμικής, είναι τα ακόλουθα:

- Η μικρή ταχύτητα εξέλιξης των θερμικών φαινομένων και η δυσκολία διερεύνησης πολυπαραμετρικών σχέσεων όπως η σχέση Θερμιδομετρίας και η καταστατική εξίσωση αερίων
- Μακροσκοπική μόνο προσέγγιση του φυσικού φαινομένων.
- Αδυναμία μελέτης γραφικών παραστάσεων πραγματικού χρόνου
- Αδυναμία ταυτόχρονων πολλαπλών αναπαραστάσεων των μεταβολών ποσοτήτων θερμότητας και θερμοκρασίας, σε πειράματα θέρμανσης και αλλαγής φυσικής κατάστασης.

Στο πιο πάνω πλαίσιο αναπτύχθηκε το πακέτο του Σύνθετου Εικονικού Περιβάλλοντος «ΣΕΠ», με τις αντίστοιχες δραστηριότητες που το συνοδεύουν. Το ΣΕΠ διαπραγματεύεται την ανάπτυξη εφαρμογών πειραματικής διδασκαλίας με τη βοήθεια υπολογιστή στη περιοχή των Φυσικών Επιστημών. Απευθύνεται σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου και στόχο έχει τη διερεύνηση φαινομένων από τη περιοχή της Θερμότητας και Θερμοδυναμικής. Μέσο για τη προσέγγιση των διδακτικών στόχων αποτελεί η απόδοση φυσικής σημασίας σε χαρακτηριστικά γραφικών παραστάσεων, ως εκ τούτου, επί μέρους στόχο του πακέτου αποτελεί η ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων θερμικών μεταβολών. Κύριο χαρακτηριστικό του ΣΕΠ είναι η υπολογιστική μηχανή που το συνοδεύει και η οποία διαχειρίζεται στο σύνολό του και με υψηλό βαθμό επιστημονικής ακρίβειας με βάση τα αποδεκτά επιστημονικά μοντέλα, το σύνθετο πρόβλημα των θερμικών ανταλλαγών. Με τον τρόπο αυτό, ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής έχουν στη διάθεσή τους ένα ολοκληρωμένο μικρόκοσμο θερμικών φαινομένων που διαχειρίζεται το πεδίο Θερμότητας και Θερμοδυναμικής και το οποίο τους επιτρέπεται να συνθέτουν πειράματα. Για παράδειγμα, σ' ένα εικονικό πείραμα ο εκπαιδευτικός μπορεί να καθορίσει το είδος του δοχείου (μέγεθος, υλικό) αλλά και την πιστότητα του φαινομένου (ιδανικό δοχείο, δυνατότητα να ακτινοβολεί, κλπ).

Το λογισμικό σχεδιάσθηκε ακολουθώντας τις αρχές του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Έτσι, όλα τα όργανα (στατικά, μετακινούμενα και επιφάνεια εργασίας) υλοποιήθηκαν σαν αντικείμενα, με εσωτερική κατάσταση και μεθόδους αλληλεπίδρασης. Για την ανάπτυξη του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον της Microsoft Visual Basic

6.0, σε λειτουργικό σύστημα Windows 98 και Windows NT. Για την ανάπτυξη του πολυμεσικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν προγράμματα επεξεργασίας εικόνας (Photoshop), κατασκευής τρισδιάστατων μοντέλων (3D Studio), επεξεργασίας βίντεο κλπ. Η σύνθεση του πολυμεσικού υλικού έγινε σε ιστοσελίδες (HTML pages).
Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ΣΕΠ αναλύονται στα επόμενα μέρη της εργασίας.

## 3. Περιγραφή του λογισμικού

Το λογισμικό ΣΕΠ αποτελείται από δυο ανοιχτά εικονικά εργαστήρια, το "Εργαστήριο Θερμότητας" και το "Εργαστήριο Θερμοδυναμικής", ενώ παράλληλα με τα εργαστήρια προσφέρεται μια επιλεγμένη σειρά θεμάτων πολυμέσων που άπτονται της τεχνολογίας και των καθημερινών εφαρμογών και σχετίζονται με το γνωστικό περιεχόμενο. Τα εικονικά πειράματα και υλικό πολυμέσων είναι διαρθρωμένα στο λογισμικό σε τρεις, νοηματικά και εποπτικά, διακριτούς χώρους :

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

### 3.1 Τα εικονικά εργαστήρια

Τα δυο εικονικά εργαστήρια αποτελούν το καθένα ένα προσομοιωμένο μικρόκοσμο Φυσικής. Το κάθε εικονικό εργαστήριο λειτουργεί σε δύο καταστάσεις, του εκπαιδευτικού και του μαθητή. Στη κατάσταση του εκπαιδευτικού, είναι διαθέσιμο όλο το υλικό (όργανα συσκευές κλπ) για τη σύνθεση του εικονικού πειράματος. Ο εκπαιδευτικός είτε επιλέγει τα εικονικά όργανα και συνθέτει μια πειραματική διάταξη, είτε επιτρέπει τη διάθεση των εικονικών οργάνων στο μαθητή, ώστε αυτός να συνθέσει την εικονική διάταξη. Έτσι, ο μικρόκοσμος δεν είναι προκατασκευασμένος ή αυστηρά συγκεκριμένος, αλλά μπορεί να δημιουργηθεί είτε από τον εκπαιδευτικό, είτε και από το μαθητή, εφόσον ο εκπαιδευτικός το επιθυμεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διδασκαλίας.

**α. Το εικονικό εργαστήριο Θερμότητας**

**Εικόνα 1:** Το εικονικό εργαστήριο Θερμότητας

Ανάλογα με τη μορφή του εικονικού εργαστηρίου (που έχει προ-επιλέξει ο εκπαιδευτικός), 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 (δοχεία διαφόρων ειδών), συσκευές (θερμόμετρα, λύχνοι Bunsen, θερμοθάλαμος) και υλικά (υγρά, μεταλλικοί κύβοι, ουσίες). Οι πειραματικές διατάξεις υλοποιούνται πάνω σε πάγκο εργασίας (εικόνα 1). Όλα τα αντικείμενα που φαίνονται στην εικόνα 1, στατικά και μετακινούμενα, είναι λειτουργικά, ο δε χειρισμός τους γίνεται με απλές διαισθητικές κινήσεις του ποντικιού. Το περιβάλλον βοηθά τον χρήστη στους διάφορους χειρισμούς και διαδικασίες, εμφανίζοντας κατάλληλα μηνύματα, αλλάζοντας τον δείκτη του ποντικιού κλπ.

**β. Το εικονικό εργαστήριο Θερμοδυναμικής**

Στο εργαστήριο Θερμοδυναμικής υπάρχει μια προκαθορισμένη ρεαλιστική πειραματική διάταξη που επιτρέπει τα πειράματα για την ανάδειξη των νόμων των αερίων, των κυκλικών μεταβολών και των θερμικών μηχανών. Ο μαθητής (ανάλογα με την ελευθερία που του έχει δοθεί από τον εκπαιδευτικό κατά τη σχεδίαση του εικονικού πειράματος) μπορεί να χρησιμοποιεί είτε ιδανικά είτε πραγματικά αέρια. Έμφαση στο εργαστήριο Θερμοδυναμικής δίνεται στην ολοκληρωμένη χρήση και τη συσχέτιση των γραφικών παραστάσεων. Το εργαστήριο παρέχει σε μεγάλο βαθμό ελευθερία χειρισμών και χρησιμοποιεί αντίστοιχη οπτικοποίηση με το εργαστήριο Θερμότητας (Εικόνα 2).

**Εικόνα 2:** Το εικονικό εργαστήριο Θερμοδυναμικής

**γ. Γραφικές παραστάσεις**

Στα δύο εργαστήρια ο χρήστης έχει τη δυνατότητα εκκίνησης, προσωρινής ή οριστικής διακοπής των πειραμάτων και επαναφοράς στην αρχική κατάσταση. Κατά την διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων, τα πειραματικά δεδομένα καταγράφονται και παρουσιάζονται σε άξονες γραφικών παραστάσεων. Οι γραφικές παραστάσεις εμφανίζονται με επιλογή του χρήστη σε παράθυρα στο άκρο της οθόνης των εργαστηρίων.

Κάθε εργαστήριο διαθέτει δύο γραφικές παραστάσεις, με συμμεταβαλλόμενη τιμή χρόνου κατά τον άξονα Χ, οι οποίες μπορούν να εμφανιστούν σε κανονική και μεγιστοποιημένη κατάσταση. Στο εργαστήριο της Θερμότητας παρουσιάζουν τις θερμοκρασίες και τις ανταλλαγές θερμοτήτων των δοχείων της διάταξης και του περιβάλλοντος χώρου. Στο εργαστήριο Θερμοδυναμικής εμφανίζουν τις τιμές θερμοκρασίας, πίεσης, όγκου, μέσης ταχύτητας, κατανομής ταχυτήτων κλπ. των αερίων της διάταξης. Η επιλογή των μεγεθών που

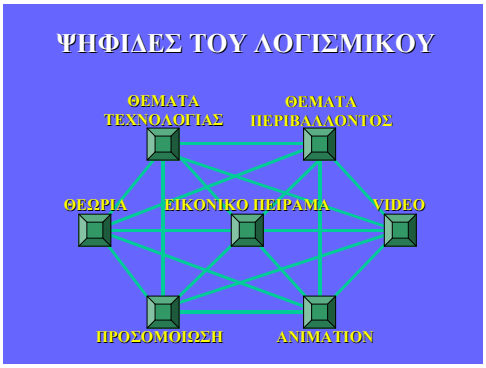
θα εμφανίζονται καθώς και της κλίμακας των αξόνων, γίνεται από τον χρήστη. Να σημειωθεί ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, κατά την εκτέλεση των πειραμάτων, να τροποποιεί την πειραματική διάταξη, με άμεση αλληλεπίδραση στις παραγόμενες γραφικές παραστάσεις. Τέλος παρέχεται η δυνατότητα αποθήκευσης σε αρχεία, των δεδομένων των γραφικών παραστάσεων, για περαιτέρω επεξεργασία τους από λογιστικά φύλλα.

### 3.2 Η βιβλιοθήκη

Ο «φυσικός χώρος» του υλικού πολυμέσων είναι η «βιβλιοθήκη», η οποία χωρικά συνδέει τα δυο εικονικά εργαστήρια. Το υλικό πολυμέσων συνθέτει τη «βάση γνώσης» της βιβλιοθήκης και έχει την μορφή ανεξάρτητων μεταξύ τους ψηφίδων πληροφορίας. Οι ψηφίδες ομαδοποιούνται, ανάλογα με το περιεχόμενό τους, σε «τετράδια» και περιλαμβάνουν κείμενα ιστορικά-πληροφορικά, προσομοιώσεις ή video πειραμάτων και φαινομένων και θέματα τεχνολογίας ή καθημερινής ζωής που σχετίζονται με τη περιοχή της Θερμότητας και Θερμοδυναμικής. Πέρα από την εγγενή βάση γνώσης, στη βιβλιοθήκη διατίθεται επιλεγμένο υλικό από το διαδίκτυο (Internet).

### 3.3 Οι δυνατότητες του λογισμικού

Το λογισμικό λειτουργεί σε δύο καταστάσεις, του εκπαιδευτικού και του μαθητή. Στη κατάσταση του εκπαιδευτικού, διατίθενται πολλών μορφών ψηφίδες (Εικόνα 3) και επιπλέον υπάρχει δυνατότητα δημιουργίας ενός συνόλου (set) ψηφίδων, με καθορισμένη διασύνδεση μεταξύ των μερών του. Αυτό το οργανωμένο σύνολο των ψηφίδων, μαζί με το εικονικό πείραμα που το συνοδεύει, αποτελεί τη λειτουργία του λογισμικού σε κατάσταση μαθητή, είναι δηλαδή ένα προκαθορισμένο υποσύνολο διασυνδεδεμένων ψηφίδων με ενσωματωμένη τη δυνατότητα πλοήγησης και πρόσβασης σ' αυτές.




**Εικόνα 3:** Σχηματική παράσταση των ψηφίδων του λογισμικού

Έτσι, ο εκπαιδευτικός μπορεί να δημιουργήσει μία σύνθεση ενός εικονικού πειράματος (πχ. για τη μελέτη της θερμικής αγωγής) και παράλληλα να προσφέρει στον μαθητή από το σύνολο του υλικού πολυμέσων, θέματα σχετικά με τη θερμομόνωση, προσομοιώσεις για την επίδραση της θερμομόνωσης στα σπίτια, θέματα τεχνολογίας όπως πχ. ο θερμοστάτης, κλπ, σ' ένα ενιαίο σύνολο υλικού στο οποίο ο μαθητής θα έχει πρόσβαση. Το υλικό πολυμέσων δηλαδή, δεν διατίθεται με τη μορφή ενός σειριακού ηλεκτρονικού βιβλίου, αλλά ως ένα σύνολο θεμάτων, μικρής έκτασης το καθένα, που το σύνολό τους δημιουργεί μια "διδακτική άποψη και προσέγγιση σε κάποιο θέμα", οι οποίες είναι εύκολα διαμορφώσιμες από τον εκπαιδευτικό, ανάλογα με τις ιδιαίτερες συνθήκες και τα ενδιαφέροντα της κάθε τάξης. Το αποτέλεσμα της ανα-σύνθεσης του υλικού πολυμέσων αποθηκεύεται, μαζί με την σύνθεση του εικονικού πειράματος, ως ένα ενιαίο σύνολο της διδακτικής προσέγγισης.

Το λογισμικό προσφέρει δυνατότητες πειραματικού τύπου προσέγγισης των θεμάτων, δίνοντας την ευκαιρία στον εκπαιδευτικό να εκμεταλλευτεί, αφ' ενός τον ταχύ χρόνο εκτέλεσης των εικονικών πειραμάτων και αφ' ετέρου την συγχρονική απεικόνιση των γραφικών παραστάσεων. Επιπλέον έχει δυνατότητα προσφοράς θεωρίας και θεωρητικού τύπου διερεύνηση των θεμάτων που διαπραγματεύεται. Το πλεονέκτημα σε σχέση με ένα κλασσικό έντυπο βιβλίο θεωρίας είναι η πολυμεσική παρουσίαση των θεμάτων, η δυνατότητα αλληλεπίδρασης των μαθητών αλλά και η επιλογή από τον εκπαιδευτικό των συγκεκριμένων τμημάτων που επιθυμεί να προσφέρει στους μαθητές του.

## 4. Ένταξη στο σχολείο

Το ΣΕΠ έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι συμβατό τόσο με τα τρέχοντα Αναλυτικά Προγράμματα, αλλά και με τη δυνατότητα ευέλικτης προσαρμογής σε ενδεχόμενες μεταβολές τους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στο Λύκειο όσο και στο Γυμνάσιο για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φυσική -Χημεία) και ορισμένων Τεχνολογικών Μαθημάτων, παρέχοντας στον εκπαιδευτικό την ευχέρεια να καθορίσει την πολυπλοκότητα είτε των φαινομένων είτε των πειραμάτων που θα εκτελέσουν οι μαθητές. Επιπλέον έχει δυνατότητα ένταξης σε πολλαπλά διδακτικά μοντέλα (π.χ μεταφοράς γνώσης, εποικοδομητικής προσέγγισης) σε συνδυασμό με τις κατάλληλες οδηγίες. Το μεγάλο πλεονέκτημα του λογισμικού είναι η δυνατότητα που παρέχεται στον εκπαιδευτικό να συνθέσει νέα δικά του πειράματα, ή να τροποποιήσει τα ήδη υπάρχοντα, ανάλογα με το διδακτικό σχεδιασμό και τη προσαρμογή στις ιδιαιτερότητες της κάθε τάξης.

Παρουσιάζουμε στη συνέχεια, ενδεικτικά παραδείγματα ένταξης στην εκπαιδευτική διαδικασία:

*α. Προσεγγίσεις ολιστικού τύπου*: Οι προσεγγίσεις "ολιστικού" τύπου, συνθέτουν μια άποψη ευρείας και σφαιρικής προσέγγισης ενός θέματος. Τέτοιες προσεγγίσεις απαιτούν την προσπέλαση μεγάλου όγκου πληροφορίας και επομένως μεγάλου αριθμού ψηφίδων διαφορετικών τύπων. Το πλεονέκτημα στις προσεγγίσεις αυτές είναι η πολύπλευρη κάλυψη των θεμάτων που διαπραγματεύονται, απαιτούν όμως ανάγκη ένταξης σύνθετων δραστηριοτήτων που υπερβαίνουν τα όρια μιας διδακτικής ώρας.

*β. Εστιασμένες προσεγγίσεις*: Οι προσεγγίσεις αυτές είναι εστιασμένες στη μελέτη ενός φαινομένου, με φιλοσοφία που προσιδιάζει περισσότερο στην καθαρή Πειραματική Φυσική. Κυρίαρχο ρόλο εδώ έχει το πείραμα, ενώ μπορεί να συνδυάζεται και με μικρά αποσπάσματα της αντίστοιχης θεωρίας. Τέτοιου είδους προσεγγίσεις έχουν πολύ περισσότερες δυνατότητες εφαρμογής στη σχολική πρακτική, γιατί χαρακτηρίζονται ως βραχύχρονες, απαιτούν λιγότερο από μια διδακτική ώρα και εμφανίζουν μεγάλη προσαρμοστικότητα στους σχεδιασμούς των εκπαιδευτικών.

Θεωρούμε ότι κατά την πρώτη εφαρμογή του λογισμικού στο σχολείο, οι εστιασμένες προσεγγίσεις φαίνονται περισσότερο πλεονεκτικές. Η επιστημονική ομάδα του έργου προσφέρει, ως συνοδευτικό υλικό, μια σειρά εικονικών πειραμάτων με τα αντίστοιχα εγχειρίδια που περιέχουν τα φύλλα εργασίας για τον μαθητή και ανάλυση-επεξήγηση των φύλλων εργασίας, για τον εκπαιδευτικό. Τα προτεινόμενα Φύλλα Εργασίας για τις ομάδες πειραμάτων Θερμότητας και Θερμοδυναμικής, εξυπηρετούν συγκεκριμένους κάθε φορά στόχους. Συνοπτικά η δομή τους περιλαμβάνει φάσεις, όπως: πρόβλεψη - υπόθεση, όπως "*αν διπλασιάσω την ποσότητα νερού σε πόσο χρόνο θα βράσει;…*", εκτέλεση και επανάληψη πειράματος με παραμετροποίηση μεταβλητών ("*να επαναληφθεί το πείραμα με διαφορετική ποσότητα νερού*"), σύγκριση, εξαγωγή συμπερασμάτων ("*ποια η σχέση μεταξύ ποσότητας νερού και χρόνου βρασμού με την ίδια παροχή;…*"), επεξεργασία γραφικών παραστάσεων. Περιέχουν επίσης και συνοπτική θεωρητική υποστήριξη.

Στην Εικόνα 4, παρουσιάζεται ενδεικτικό παράδειγμα από τμήμα ενός Φύλλου Εργασίας, που αφορά στη μελέτη της εξίσωσης της Θερμιδομετρίας (ενότ. 2.5, Φυσική Β' Γ/σίου). Η ομαδοποίηση των δραστηριοτήτων των Φ.Ε. σε αυτόνομα τμήματα και η ταχύτητα εξέλιξης

των πειραμάτων στο εικονικό εργαστήριο, προσφέρει στον εκπαιδευτικό τη δυνατότητα επιλογής των τμημάτων που επιθυμεί (να μελετήσουν οι μαθητές δηλ. πειραματικά, όλες ή κάποιες από τις παραμέτρους του φαινομένου).

**Εικόνα 4**: Ενδεικτικό τμήμα φύλλου εργασίας(Φυσική Β' Γ/σίου : Πώς υπολογίζουμε τη θερμότητα; - ο ρόλος της μάζας του θερμαινόμενου σώματος)

**Δημιουργείς στο εικονικό εργαστήριο την διάταξη** :

- Το ένα δοχείο περιέχει 100 g ενώ το άλλο 200 g νερό.
- Ενεργοποιείς την προβολή της γραφικής παράστασης της θερμοκρασίας (άξονες: (0,120) sec, (-10,120) $^{o}$C)
- Χρονική επιτάχυνση : **x** 2

**Πρόβλεψη :**

- Αν θερμάνεις τις δυο ποσότητες νερού με τους λύχνους να έχουν ίδια παροχή, ποια από τις δύο θα φτάσει γρηγορότερα στους 50 $^{o}$C :

Θα φθάσουν γρηγορότερα στους **50 $^{o}$C** τα : 100 g ❒ 200 g ❒

Γιατί ;…….

- Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης δημιουργούνται, στο παράθυρο των γραφικών παραστάσεων, δύο γραμμές με διαφορετική κλίση, μια για κάθε ποσότητα νερού:

Μεγαλύτερη κλίση θα έχει η γραμμή που αντιστοιχεί στα: 100 g ❒ 200 g ❒

**Έλεγχος πρόβλεψης :**

- Ανάβεις τους δύο λύχνους διαλέγοντας τη μικρή παροχή.
- Ζεσταίνεις τα δοχεία μέχρι να ξεπεράσουν τους 50 $^{o}$C.
- Παρατηρείς την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού από το θερμόμετρο και αντίστοιχα την γραμμή στο διάγραμμα των γραφικών παραστάσεων.
- Η πρόβλεψή σου, αν τα 100 ή τα 200 g θα φθάσουν γρηγορότερα στους 50 $^{o}$C ήταν: λάθος ❒ σωστή ❒
- Η πρόβλεψή σου, αν μεγαλύτερη κλίση θα έχει η γραμμή για τα 100 ή τα 200 g ήταν: λάθος ❒ σωστή ❒

Επιπλέον έχει δημιουργηθεί ένας εκπαιδευτικός web server στο ΑΠΘ ο οποίος για τις ανάγκες του έργου φιλοδοξεί να φιλοξενήσει σύνθετες προσεγγίσεις ολιστικού τύπου. Φιλοδοξία της επιστημονικής ομάδας είναι ο server να αποτελέσει ένα βήμα (forum) διδακτικών προβληματισμών και είναι ανοιχτός σε όλους τους εκπαιδευτικούς που θα επιθυμούσαν να δοκιμάσουν απλές ή εναλλακτικές χρήσεις του λογισμικού.

Οι δραστηριότητες που περιγράφονται στο βιβλίο του μαθητή και αναλύονται στο βιβλίο του καθηγητή που συνοδεύουν το λογισμικό, μπορούν να καλύψουν τμήματα της διδακτέας ύλης του Γυμνασίου και Λυκείου, όπως περιγράφεται παρακάτω. Οι ομάδες πειραμάτων που συνοδεύουν το λογισμικό διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: πειράματα Θερμότητας και πειράματα Θερμοδυναμικής.

Συγκεκριμένα, τα εικονικά πειράματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τα μαθήματα:

1. Φυσική Β' Γυμνασίου και Α' Λυκείου (θέματα θερμότητας, όπως πειράματα θερμότητας, θερμοκρασίας και θερμιδομετρίας, αλλαγής φυσικής κατάστασης, μελέτης της καθαρότητας μέσω του βρασμού, θερμότητας και ακτινοβολίας και θερμικής ισορροπίας).
2. Φυσική Β' Λυκείου (θέματα θερμοδυναμικής, όπως πειράματα συσχετισμού μικροσκοπικών-μακροσκοπικών μεγεθών, μελέτης των θερμικών μηχανών και Νόμων των αερίων).

3. Χημεία Α' Λυκείου, για τη μελέτη της αλλαγής της φυσικής κατάστασης και της διαλυτότητας-καθαρότητας, καθώς επίσης και πειράματα της θερμοδυναμικής που αναφέρονται στη καταστατική εξίσωση των αερίων.

Επιπλέον, το περιβάλλον παρέχει τέτοια χαρακτηριστικά που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν δραστηριότητες ενταγμένες στα μαθήματα:

1. Εφαρμογές Πληροφορικής (Α' Λυκείου): Για τις δραστηριότητες «Διερευνώ - Δημιουργώ - Ανακαλύπτω» του μαθήματος και ιδιαίτερα στη χρήση του Λογιστικού Φύλλου για τη "….μελέτη μαθηματικών και φυσικών μοντέλων κλπ", όπως προτείνεται στο Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος (Συγγ. Ομάδα Π.Ι. 1997). Επίσης ως περιβάλλον εφαρμογών για επιστημονική επικοινωνία μέσω του δια-δικτύου με την οργάνωση και την ανάπτυξη συνεργατικών ασκήσεων, κλπ.
2. Τεχνολογία (Α' Λυκείου) : Για την εισαγωγή στην επιστημονική σκέψη με στόχους την ανάλυση σύνθετου προβλήματος την πειραματική μεθοδολογία και την επιβεβαίωση, παραμετροποίηση, μοντελοποίηση και γραφική αναπαράσταση.

## 5. Συμπεράσματα

Το ΣΕΠ αποτελεί ολοκληρωμένο περιβάλλον διερεύνησης εννοιών και φαινομένων από τη περιοχή της Θερμότητας και Θερμοδυναμικής, το οποίο παρέχει έμφαση στη ταυτόχρονη μακροσκοπική, μικροσκοπική και γραφική αναπαράσταση των μεταβολών. Επισημαίνεται ότι η σχεδίαση ενός ολοκληρωμένου εικονικού εργαστηρίου με αντικείμενο τη Θερμότητα και ταυτόχρονα τη Θερμοδυναμική, είναι πρωτότυπο έργο, γιατί συνήθως η υποστήριξη αυτών των δύο περιοχών γίνεται με διαφορετικά περιβάλλοντα. Το περιβάλλον είναι σε άμεση αλληλεπίδραση (interactively) με τον χρήστη, ο οποίος παρακολουθεί ζωντανά, συμμετέχει και κατευθύνει την εκτέλεση ενός φαινομένου, πραγματοποιεί μετρήσεις σε εικονικά όργανα, δημιουργεί την γραφική αναπαράσταση των μεταβολών, έχει πρόσβαση σε πηγές γνώσης και επικοινωνεί με άλλους χρήστες. Αυτή η διαχείριση μακροσκοπικών, μικροσκοπικών και γραφικών αναπαραστάσεων δε συναντάται σε εικονικά περιβάλλοντα προσομοιώσεων φαινομένων στη περιοχή των Φυσικών Επιστημών.

Το προτεινόμενο ανοικτό και επεκτάσιμο περιβάλλον παρουσιάζει επιπλέον πλεονεκτήματα, καθώς έχει τη δυνατότητα ευέλικτης προσαρμογής στο Αναλυτικό Πρόγραμμα και σε ενδεχόμενες μεταβολές του. Επίσης ο φιλικός και νεανικός χαρακτήρας του δίνει δυνατότητα πολλαπλών μορφών αλληλεπίδρασης με τους μαθητές, καλλιέργειας διερευνητικού πνεύματος και ανώτερων μαθησιακών δεξιοτήτων. Επιπλέον έχει δυνατότητα ένταξης σε πολλαπλά διδακτικά μοντέλα (μεταφοράς γνώσης, εποικοδομητικής προσέγγισης) σε συνδυασμό με τις κατάλληλες οδηγίες και το ρόλο του εκπαιδευτικού.

**6. Ευχαριστίες**

Η ανάπτυξη του λογισμικού υποστηρίχθηκε από το Ι.Τ.Υ. στο πλαίσιο του προγράμματος "ΟΔΥΣΣΕΙΑ". Η επιστημονική ομάδα ευχαριστεί τους κκ. Β. Κάλλιστρο (ΙΤΥ) και Ζ. Σακκά (ΥΠΕΠΘ) για τις παρατηρήσεις και οι υποδείξεις τους.

## 7. Βιβλιογραφία

Ε.Π.Π.Σ (1998). Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

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, 222-230. Charlottesville Va: Association for the Advancement of Computing in Education.

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, (European Commission DG XII).

ERICKSON, G. & TIBERGHIEN, A. (1993). Θερμότητα και θερμοκρασία. Στο Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A., Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες, ΕΕΦ-Εκδόσεις Τροχαλία. (1993).
ΣΥΓΓ. ΟΜΑΔΑ Π.Ι. (1997). Εφαρμογές Πληροφορικής / Υπολογιστών Ενιαίου Λυκείου. Πρόγραμμα Σπουδών, ΥΠΕΠΘ.
McDERMOTT, L. (1987). Students difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics, American Journal of Physics, 55 (6), June 1987, p 503-513.
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.
LAJOIE, S. & DERRY, S. (1993). Computers as Cognitive Tools. LEA Pub, New Jersey.
LAURILLARD, D. (1988). Computers and the emancipation of students: Giving control to the learner. In Paul Ramsden (Ed.) Improving learning, Kogan Page Pub.
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.
OLSON, J. (1988). Schoolworks/ Microworlds, Computers and the culture of the classroom, Pergamon Press, Canada.
ROZIER & VIENNOT, (1990). "Students' reasoning in thermodynamics" στο Lijnse, Licht, de Vos, Waarlo «Relating macroscopic phenomena to microscopic particles- A central problem in secondary science education», Centre for science and mathematics education (CD-β) University of Utrecht.
ROTH, W. (1995). Affordances of Computers in Teacher-Student Interactions: The Case of Interactive Physics. Journal of research in science teaching, 32, 329-347.
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.
WOOLNOUGH, B. (1989), The Role of the Laboratory in Physics Education. Physics Education; 14 , 70-74.
ΧΑΤΖΗΚΡΑΝΙΩΤΗΣ, Ε., ΜΠΙΣΔΙΚΙΑΝ, ΓΚ. & ΨΥΛΛΟΣ, Δ. (1999). Ανάπτυξη εικονικού εργαστηρίου Θερμότητας. Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Οκτώβριος 1999.

**(*) Συγγραφική Ομάδα**

Δ.Ψύλλος, Καθηγητής Π. Τ. Δ. Ε. – ΑΠΘ, psillos@skiathos.physics.auth.gr
Π.Αργυράκης, Καθηγητής Τμ. Φυσικής – ΑΠΘ, panos@kelifos.physics.auth.gr
Ι.Βλαχάβας, Αν. Καθηγητής Τμ. Πληροφορικής – ΑΠΘ, vlahavas@csd.auth.gr
Ε.Χατζηκρανιώτης, Λέκτορας Τμ. Φυσικής – ΑΠΘ, evris@skiathos.physics.auth.gr
Γ.Μπισδικιάν, Δρ. καθηγητής Μ.Ε., garo@eng.auth.gr
Ι.Ρεφανίδης, Υπ. Διδ. Τμ. Πληροφορικής – ΑΠΘ, yrefanid@csd.auth.gr
Ι.Λεύκος, ΜΤΠΧ φοιτ. Π. Τ. Δ. Ε. – ΑΠΘ, lefkos@skiathos.physics.auth.gr
Κ.Κορομπίλης, ΜΤΠΧ φοιτ. Π. Τ. Δ. Ε. – ΑΠΘ , korobili@eled.auth.gr
Δ.Βράκας, Υπ. Διδ Τμ. Πληροφορικής – ΑΠΘ, dvrakas@csd.auth.gr
Λ.Γάλλος, Υπ. Διδ Τμ. Φυσικής – ΑΠΘ, lazaros@kelifos.physics.auth.gr
Ε.Πετρίδου, ΜΤΠΧ φοιτ. Π. Τ. Δ. Ε. – ΑΠΘ, epet@eled.auth.gr
Ι.Νικολαϊδης, MLS Πληροφορική, iniko@mls.gr