

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

Τόμ. 1 (2005)

3ο Συνέδριο Σύρου στις ΤΠΕ



**Μια πρόταση για την εργαστηριακή υποστήριξη της διδασκαλίας της θερμικής ακτινοβολίας με συνδυασμένη χρήση εργαλείων Τ.Π.Ε.**

*Ιωάννης Λεύκος, Δημήτριος Ψύλλος, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης, Ανέστης Παπαδόπουλος*

## Βιβλιογραφική αναφορά:

Λεύκος Ι., Ψύλλος Δ., Χατζηκρανιώτης Ε., & Παπαδόπουλος Α. (2024). Μια πρόταση για την εργαστηριακή υποστήριξη της διδασκαλίας της θερμικής ακτινοβολίας με συνδυασμένη χρήση εργαλείων Τ.Π.Ε. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 372–382. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/6278>

## ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ Τ.Π.Ε.

**Ιωάννης Λεύκος**  
Υπ. Δρ. ΠΤΔΕ-ΑΠΘ  
[lefkos@eled.auth.gr](mailto:lefkos@eled.auth.gr)

**Δημήτριος Ψύλλος**  
Καθηγητής ΠΤΔΕ-ΑΠΘ  
[psillos@eled.auth.gr](mailto:psillos@eled.auth.gr)

**Ευριπίδης Χ΄Κρασιώτης**  
Επ. Καθηγητής  
Τμ. Φυσικής-ΑΠΘ  
[evris@physics.auth.gr](mailto:evris@physics.auth.gr)

**Ανέστης Παπαδόπουλος**  
Φυσικός Δ.Ε.  
Εκπ/ρια ΠΛΑΤΩΝ  
[air63@spark.net.gr](mailto:air63@spark.net.gr)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια πιλοτική διδασκαλία της ενότητας Θερμική Ακτινοβολία, της Β' Γυμνασίου. Ο σχεδιασμός της έχει εργαστηριακό χαρακτήρα και υλοποιείται με την συνδυασμένη χρήση εργαλείων ΤΠΕ και συμβατικών. Αποτελεί δε, ένα μέρος μιας ευρύτερης εργαστηριακής διδακτικής σειράς για τα θερμικά φαινόμενα.

Στον σχεδιασμό της διδασκαλίας έγινε εκμετάλλευση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που προσφέρει η χρήση ΤΠΕ τα οποία ενσωματώθηκαν στις διερευνητικές δραστηριότητες των μαθητών, με την καθοδήγηση που τους προσέφεραν κατάλληλα διαμορφωμένα Φύλλα Εργασίας.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Θερμική ακτινοβολία, εικονικό εργαστήριο, MBL, Φύλλα Εργασίας

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρώτο ουσιαστικά θέμα Φυσικής που διαπραγματεύονται οι μαθητές της Β΄/θμιας εκπαίδευσης, είναι τα θερμικά φαινόμενα (Β' Γυμνασίου – Κεφ. 2. Θερμότητα). Η Θερμότητα αποτελεί το κεφάλαιο εισαγωγής των μαθητών στις έννοιες της φυσικής και αφετέρου στην πειραματική μεθοδολογία. Είναι σημαντικό η εισαγωγή να περιλαμβάνει θεωρητική και εργαστηριακή διαπραγμάτευση των θερμικών φαινομένων όπως εξάλλου προβλέπεται και από το Πρόγραμμα Σπουδών.

Η Θερμότητα αποτελεί ένα από τα κλασσικά εισαγωγικά κεφάλαια στη θεματολογία της σχολικής φυσικής, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και διεθνώς. Η έρευνα έχει αναδείξει πολλές δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση των σχετικών εννοιών και φαινομένων, όπως η μη διάκριση μεταξύ θερμότητας και θερμοκρασίας, η αντίληψη της θερμότητας ως ροή ρευστού, η απόδοση θερμικών ιδιοτήτων μόνο στην φύση του υλικού. (Driver et al., 1985, Kessidou et al., 1995, Taber K.S., 2000, Σκουμιός & Χ'Νικήτα, 2000). Σημαντική για την εμφάνιση τέτοιων εναλλακτικών αντιλήψεων στους μαθητές, θεωρείται η καθημερινή αισθητηριακή εμπειρία τους με θερμικά φαινόμενα, όπου η αντίληψή τους έρχεται σε αντίθεση συνήθως με τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις, όπως π.χ. για τις φαινομενικά διαφορετικές θερμοκρασίες μεταλλικών και ξύλινων αντικειμένων τα οποία είναι σε θερμική ισορροπία σε ένα χώρο χωρίς θερμικές πηγές. Φαίνεται εξάλλου ότι οι απόψεις αυτές είναι δύσκολο να αλλάξουν ακόμη και μετά από την διδασκαλία των αντίστοιχων εννοιών και φαινομένων (Driver et al., 1994).

Ειδικότερα για τα φαινόμενα διάδοσης της θερμότητας, παρατηρούνται δυσκολίες των μαθητών όπως οι απόψεις για την ύπαρξη «ζεστών» μορίων που ταξιδεύουν μέσα σε μια ράβδο, ή για την ύπαρξη θερμικού «ρευστού» που ρέει από το ένα σώμα στο άλλο ή που μπαίνει στο δωμάτιο και το ζεσταίνει. Οι έρευνες όμως και οι διδακτικές προτάσεις επικεντρώνονται κύρια στην αγωγή ή τα ρεύματα μεταφοράς (Driver, 1994; Erickson, 1980; Tiberghien, 1983) αλλά όχι στην ακτινοβολία η οποία αποτελεί ένα εξίσου σημαντικό θέμα.

Στο πλαίσιο αυτό, στη παρούσα εργασία διαπραγματευόμαστε πρόταση διδασκαλίας της θερμικής ακτινοβολίας η οποία έχει εργαστηριακό χαρακτήρα, συνδυάζει πολλαπλές εφαρμογές ΤΠΕ και η ανάπτυξή της βασίστηκε στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Κύριο χαρακτηριστικό της πρότασής είναι η ολιστική οπτική στη διδακτική προσέγγιση, που επιτρέπει την ολοκληρωμένη διερεύνηση πολύ-παραμετρικών φαινομένων και την συνδυασμένη χρήση διαφορετικών τεχνολογιών.

### **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ**

Η εργαστηριακή διδασκαλία των θερμικών φαινομένων, εμπεριέχει πειράματα τα οποία είναι συνήθως απλά και διεξάγονται σχετικά εύκολα μέσα στο πλαίσιο του σχολικού εργαστηρίου. Ένα πρόβλημα είναι ότι μερικά πειράματα π.χ. θερμιδομετρίας και ακτινοβολίας διαρκούν αρκετό χρόνο, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτό συνήθως να υλοποιηθούν όλα όσα προτείνονται από τον εργαστηριακό οδηγό. Επιπλέον, η εργαστηριακή άσκηση των μαθητών με τα συμβατικά μέσα, παρά την μεγάλη αξία της για την εκπαίδευση, ενέχει κάποια μειονεκτήματα. Ιδίως σε πειράματα που διαρκούν αρκετή ώρα και εμπεριέχουν πολλούς χειρισμούς, η απώλεια της προσοχής των μαθητών είναι συνηθισμένη, καταλήγει σε τυπική συμπλήρωση των φύλλων εργασίας ακόμα και σε διάρρηξη των δεσμών μεταξύ των πειραματικών χειρισμών και των υπό διερεύνηση εννοιών (Psillos & Niedetter, 2002). Ακόμη και η γραφική αναπαράσταση, όταν γίνεται μετά το τέλος της πειραματικής διαδικασίας έχει χάσει σε σημαντικό βαθμό την ιδιότητα της «γέφυρας» μεταξύ του κόσμου των φαινομένων και των επιστημονικών εννοιών (Brassel, 1987; Leinhardt, 1990; Beichner, 1990; Μπισδικιάν, 2000)

Σημαντική μπορεί να αποδειχθεί εδώ η συμβολή των ΤΠΕ, καθώς με την χρήση κατάλληλων εργαλείων που έχουν αναπτυχθεί, μπορούν να υποστηρίξουν τις πειραματικές διαδικασίες, προσφέροντας μια νέα οπτική.

Τα εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή MBL (Microcomputer Based Laboratories) συνδυάζουν τον πειραματισμό με αντικείμενα του πραγματικού κόσμου με ενδείξεις, μετρήσεις και καταγραφές των μεγεθών που εξελίσσονται, σε πραγματικό χρόνο στην οθόνη του υπολογιστή, με την χρήση αισθητήρων και κατάλληλου λογισμικού, προσφέροντας έτσι μια καλή σύνδεση μεταξύ των φαινομένων και πολλαπλών αναπαραστάσεών τους (Thornton, 1999).

Από την άλλη μεριά μια κατηγορία λογισμικών, τα εικονικά ή προσομοιωμένα εργαστηριακά περιβάλλοντα, εμφανίζουν ιδιαίτερα πλεονεκτήματα όπως η συγχρονική (real-time) γραφική αναπαράσταση των φαινομένων (Windschitl, 1998) αλλά και ο έλεγχος της ροής του χρόνου, με αποτέλεσμα την εκτέλεση πειραμάτων σε χρόνο πολλές φορές πιο σύντομο από τον πραγματικό. Ειδικά για τη διδασκαλία των θερμικών φαινομένων, είναι σημαντικό χαρακτηριστικό ότι υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, πράγμα αδύνατο σε ένα συμβατικό εργαστήριο. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα εκτέλεσης πειραμάτων με συνθήκες διαφορετικές από τις «κανονικές», όπως πολύ ζέστη ή ακόμη και πολύ κρύο (Lefkos, 2005 και οι ανάλογες αναφορές).

## ΑΝΤΙΑΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ - ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Στο τρέχον σχολικό εγχειρίδιο της Β' Γυμνασίου (Αντωνίου κ.α., 2000), όσο και στο προηγούμενο (Καραπαναγιώτης κ.α., 1998), σε επίπεδο θεωρίας, αναφέρονται σαν παράγοντες που επηρεάζουν το ποσό θερμότητας που ακτινοβολεί ένα σώμα, η θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται, το είδος της επιφάνειάς του (χρώμα, τραχύτητα) και το μέγεθος αυτής. Επίσης αναφέρεται ότι όταν ένα σώμα ακτινοβολεί έντονα, απορροφά επίσης έντονα. Αυτοί θεωρούνται εξάλλου και οι διδακτικοί στόχοι της ενότητας. Οι αντίστοιχοι εργαστηριακοί οδηγοί, προτείνουν την πειραματική διερεύνηση αυτών των φαινομένων, με πειράματα εκπομπής ακτινοβολίας από θερμά σώματα προς το περιβάλλον, όπου μελετάται η επίδραση της αρχικής θερμοκρασίας και του χρώματος των σωμάτων, στο ποσό θερμότητας που εκπέμπεται ανά μονάδα χρόνου. Δεν προτείνονται καθόλου δηλαδή πειράματα απορρόφησης.

**1α.** Η μητέρα του Βασίλη κάποια μέρα μαγείρευε κοτόσουπα. Ήταν όμως τόσο πολλή, που την χόρισε σε δύο κατσαρόλες, για να κρύνει πιο γρήγορα.

Οι κατσαρόλες έχουν ίδιο μέγεθος, όμως η μια ήταν ανοιχτόχρωμη και η άλλη σκουρόχρωμη.

Τι νομίζετε ότι θα συμβεί;

	Σωστό ή Λάθος
A. Η σούπα κρύνει πιο γρήγορα στη σκουρόχρωμη κατσαρόλα	.....
B. Η σούπα κρύνει το ίδιο γρήγορα και στις δύο κατσαρόλες	.....
Γ. Η σούπα κρύνει πιο γρήγορα στην ανοιχτόχρωμη κατσαρόλα	.....

Γιατί πιστεύετε ότι συμβαίνει αυτό;

.....

.....

Σχήμα 1. Απόσπασμα από το ερωτηματολόγιο

Όπως γράφτηκε στην εισαγωγή, οι έρευνες και οι προτάσεις για τα φαινόμενα διάδοσης με ακτινοβολία είναι περιορισμένες. Στο Π.Τ.Δ.Ε. του Α.Π.Θ. στο πλαίσιο της ανάπτυξης υλικού για τη διδασκαλία των θερμικών φαινομένων διενεργήθηκε πιλοτική έρευνα σχετικά με τις απόψεις των μαθητών για την διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία. Η έρευνα αφορούσε μαθητές της Β' Γυμνασίου (10 μαθητές) και έγινε με την μορφή ερωτηματολογίων –προ και –μετά τη διδασκαλία. Απόσπασμα του ερωτηματολογίου-προ παρουσιάζεται στο σχήμα 1, όπου φαίνεται ότι περιέχει ερωτήματα ποιοτικού χαρακτήρα, ανοιχτού και κλειστού τύπου. Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε πριν τη διδασκαλία για να ανιχνεύσουμε τις απόψεις των μαθητών για τις διάφορες παραμέτρους του φαινομένου όπως το χρώμα και το μέγεθος της επιφάνειας των σωμάτων, τόσο κατά την απορρόφηση όσο και κατά την εκπομπή ακτινοβολίας. Ακολούθησε η διδασκαλία η οποία αποτελείται από ένα θεωρητικό και δυο εργαστηριακά μέρη, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα παρακάτω. Στη συνέχεια, λίγες ημέρες μετά από την διδασκαλία, ελέγξαμε πάλι τις απόψεις των μαθητών με ένα άλλο ερωτηματολόγιο-μετά, αντίστοιχο στη φιλοσοφία και την δομή με το αρχικό.

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται μερικά από τα δεδομένα της πιλοτικής έρευνας αυτής που αναφέρονται στο προ-τεστ. Οι ερωτήσεις στις πρώτες 2 στήλες (Ερ. Α1, Α2) αφορούν τη δυσκολία απορρόφησης των άσπρων σωμάτων σε σχέση με τα μαύρα. Αντίστοιχα, στις επόμενες 2 στήλες του πίνακα 1 (Ερ. Β1, Β2) αφορούν ερωτήματα για την ευκολία των μαύρων σωμάτων σε σχέση με τα άσπρα, στην εκπομπή της ακτινοβολίας. Στον πίνακα παρουσιάζονται οι αριθμοί των σωστών απαντήσεων. Όπως φαίνεται στις 2 πρώτες στήλες υπάρχει καθολική ανταπόκριση των μαθητών. Αντίθετα στις επόμενες στήλες, φαίνεται ότι κανένας σχεδόν μαθητής δεν

αναγνωρίζει την ευκολία των μάρων σωμάτων σε σχέση με τα άσπρα, στην εκπομπή της ακτινοβολίας.

Από την πιλοτική έρευνα λοιπόν φαίνεται, ότι πριν από την διδασκαλία οι μαθητές έχουν σχηματισμένες αντιλήψεις κοντά στις επιστημονικές για την επίδραση του χρώματος των σωμάτων στην απορρόφηση, αλλά όχι και για την επίδρασή του, στην εκπομπή ακτινοβολίας. Από άλλα ερωτήματα επίσης διαφαίνεται ότι ούτε και για τον ρόλο του μεγέθους της επιφάνειας των σωμάτων στην εκπομπή / απορρόφηση ακτινοβολίας οι αντιλήψεις τους συμβαδίζουν με τις επιστημονικές.

**Πίνακας 1. Οι μαθητές έχουν άποψη για την απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας από τα σώματα, όχι όμως και για την εκπομπή. (έρευνα Π.Τ.Δ.Ε. – Α.Π.Θ.)**

pre-test (N=10)			
Το άσπρο απορροφά πιο δύσκολα		Το μαύρο εκπέμπει πιο εύκολα	
Ερ. Α1	Ερ. Α2	Ερ. Β1	Ερ. Β2
10	10	1	0

### Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η διδασκαλία της Θερμικής Ακτινοβολίας, αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης διδακτικής σειράς που αφορά την συνολική εργαστηριακή διδασκαλία των θερμικών φαινομένων με την χρήση ΤΠΕ και περιλαμβάνει θεωρητικά και εργαστηριακά μαθήματα στο πλαίσιο και των απαιτήσεων του Αναλυτικού Προγράμματος (Lefkos, 2005). Στα εργαστηριακά μαθήματα, οι μαθητές εισάγονται στο υπό μελέτη φαινόμενο με σχετικά προβλήματα / ερωτήματα της καθημερινότητας, που καλούνται να διερευνήσουν. Η διερεύνηση αυτή ακολουθεί ανοιχτές μαθησιακές διαδικασίες που ακολουθούν το σχήμα Πρόβλεψη – Παρατήρηση – Εξήγηση (P.O.E.) (Sassi, 2001; Λεύκος, 2001) και κατευθύνεται με την χρήση ενός Φύλου Εργασίας, που περιγράφεται πιο κάτω. Έτσι οι μαθητές σχεδιάζουν και εκτελούν τα πειράματά, συγκρίνουν τα αποτελέσματα με τις προβλέψεις τους και εξάγουν συμπεράσματα. Τα εργαλεία πειραματισμού, συμβατικά ή ΤΠΕ που χρησιμοποιούνται σε κάθε εργαστήριο, καθώς και οι συνδυασμοί τους ποικίλουν στις διάφορες ενότητες.

Στη συνέχεια γίνεται μια αναλυτικότερη περιγραφή του τρόπου με τον οποίο προσεγγίσαμε την διδασκαλία της θερμικής ακτινοβολίας και των εργαλείων ΤΠΕ που χρησιμοποιήθηκαν. Κύριος άξονας της προσέγγισης είναι η διερεύνηση των φαινομένων ακτινοβολίας με μια πιο ολοκληρωμένη οπτική, όπου οι μαθητές θα έρχονται αντιμέτωποι με καταστάσεις τόσο εκπομπής όσο και απορρόφησης.

### ΤΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΠΕ

Σημαντικό στοιχείο στο σχεδιασμό των εργαστηριακών μαθημάτων είναι ότι η χρήση των εργαλείων ΤΠΕ αποφορτίζει σημαντικά τον χρόνο εμπλοκής των μαθητών με την πειραματική διαδικασία αυτή καθ' αυτή, δίνοντας στον καθηγητή την δυνατότητα να συζητήσει με τους μαθητές εκτενέστερα τόσο τις απόψεις τους, όσο και τα ευρήματά τους και να επικεντρωθεί στην εξαγωγή των συμπερασμάτων. Το «Coach» που είναι μια πλατφόρμα MBL και το «Εργαστήριο Θερμότητας» που είναι ένα εικονικό προσομοιωμένο εργαστήριο, περιγράφονται εδώ συνοπτικά ως προς τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους.

#### 1. ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ COACH

Το COACH είναι ένα ευέλικτο μαθησιακό περιβάλλον για τις Φυσικές Επιστήμες. Ενσωματώνει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για μετρήσεις, ελέγχους, ανάλυση video, δημιουργία

μοντέλων, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων. Οι δραστηριότητες μέτρησης επιτρέπουν στο χρήστη να συλλέγει δεδομένα είτε απευθείας από τους αισθητήρες είτε από video, οι δραστηριότητες ελέγχου του επιτρέπουν να σχεδιάζει συστήματα αυτοματισμού, ενώ οι δραστηριότητες μοντελοποίησης να δημιουργεί και να χρησιμοποιεί δυναμικά μοντέλα. (Mulder, 2001; Ellermeijer, 1996)

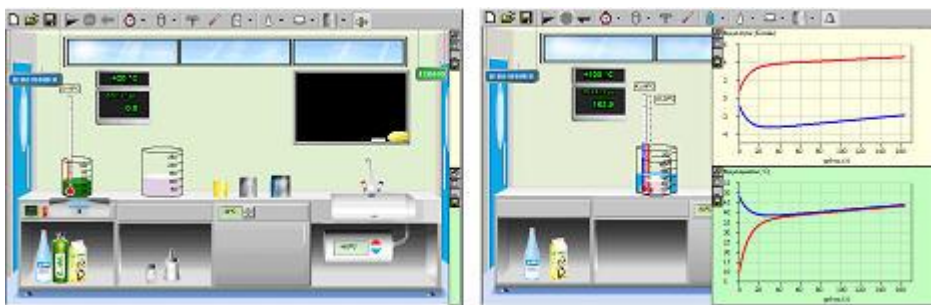
Ειδικά για την μελέτη φαινομένων που εξελίσσονται σε αρκετά μεγάλους χρόνους, όπως τα πειράματα θερμικής ακτινοβολίας, σημαντικό φαίνεται να είναι το γεγονός της συγχρονικής αναπαράστασης της εξέλιξής τους, που προσφέρει στους μαθητές την δυνατότητα της άμεσης εποπτείας των μεταβαλλόμενων μεγεθών.

## 2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Σ.Ε.Π

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε εκτενώς για την εργαστηριακή υποστήριξη της ενότητας της Θερμικής Ακτινοβολίας, το «Εργαστήριο Θερμότητας» του λογισμικού Σ.Ε.Π. (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον). Το Σ.Ε.Π. (Ψύλλος κ.α., 2000) είναι ένα ανοιχτό μαθησιακό περιβάλλον μελέτης των θερμικών φαινομένων. Ειδικά το «Εργαστήριο Θερμότητας» (Λεύκος κ.α. 2000), προσφέρει στον χρήστη την δυνατότητα σύνθεσης εικονικών πειραματικών διατάξεων με ένα αληθοφανή τρόπο άμεσου χειρισμού των αντικειμένων αλλά και εκτέλεσης των αντίστοιχων πειραμάτων. Ανάμεσα στα χαρακτηριστικά του είναι η συγχρονική προβολή των γραφικών παραστάσεων θερμοκρασίας και θερμότητας σε συνάρτηση με τον χρόνο, αλλά και η ρύθμιση της επιτάχυνσης του εικονικού χρόνου διεξαγωγής των πειραμάτων.

Για τα πειράματα που αφορούν στην ακτινοβολία, μεγάλο πλεονέκτημα του Σ.Ε.Π. είναι η δυνατότητα έλεγχου της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (από  $-20$  μέχρι και  $130$  °C). Αυτό το χαρακτηριστικό μας δίνει την δυνατότητα να σχεδιάσουμε πειράματα απορρόφησης ακτινοβολίας πράγμα αρκετά δύσκολο σε ένα συμβατικό σχολικό εργαστήριο και πολύ χρήσιμο όπως αναφέραμε πιο πάνω, διότι μας δίνει την δυνατότητα να εμπλέξουμε τους μαθητές μας σε μια σειρά από δραστηριότητες που προσφέρουν μια ολοκληρωμένη οπτική για τα φαινόμενα. Με τον τρόπο αυτό πιστεύουμε ότι μπορούμε να εδραιώσουμε και να ισχυροποιήσουμε την άποψη «καλός αγωγός = καλός απορροφητής», που είναι βασικός στόχος της ενότητας.

Από την άλλη μεριά, η δυνατότητα χρονικής επιτάχυνσης των πειραμάτων μας δίνει την ευκαιρία να διεξάγουμε περισσότερα πειράματα στον ίδιο χρόνο, άρα και την καλύτερη παραμετρική διερεύνηση των φαινομένων. Ταυτόχρονα, η καλύτερη διαχείριση του χρόνου, προσφέρει στον καθηγητή την δυνατότητα να συζητήσει με τους μαθητές του εκτενέστερα τις παρατηρήσεις και τα ευρήματά τους και να τους καθοδηγήσει στην εξαγωγή των συμπερασμάτων τους.



Σχήμα 2. Το εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας του Σ.Ε.Π.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά των εργαλείων που περιγράψαμε, μας οδήγησαν στον σχεδιασμό μιας ολιστικής προσέγγισης για την εργαστηριακή υποστήριξη της Θερμικής Ακτινοβολίας.

### **Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**

Η ενότητα αποτελείται από ένα θεωρητικό και δυο εργαστηριακά μαθήματα που αναλύονται παρακάτω.

#### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΑΘΗΜΑ**

Στο θεωρητικό μάθημα γίνεται σύνδεση της ακτινοβολίας με την θερμοκρασία των σωμάτων και το βασικό σημείο είναι η διαπίστωση ότι σε οποιαδήποτε θερμοκρασία ένα σώμα μπορεί να ακτινοβολεί, αρκεί να είναι σε ψηλότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον του. Γίνεται λόγος επίσης για το ισοζύγιο μεταξύ απορροφούμενης και εκπεμπόμενης ακτινοβολίας προκειμένου να διαπιστωθεί αν η θερμοκρασία του σώματος θα αυξάνει ή θα μειώνεται. Μελετώνται επίσης πηγές και οι μετατροπές ενέργειας που λαμβάνουν χώρα κάθε φορά σε αυτές, προκειμένου να έχουν σταθερή θερμοκρασία.

#### **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 1**

Το πρώτο εργαστηριακό μάθημα περιλαμβάνει 2 πειράματα.

##### Πείραμα επίδειξης

Κατά την εκκίνηση, γίνεται εκτεταμένη συζήτηση και συλλογή απόψεων, σχετικά με το πώς επηρεάζει το χρώμα των σωμάτων την απορρόφηση ακτινοβολίας που στηρίζεται στην καθημερινή εμπειρία των μαθητών από τα ρούχα που φορούν τους καλοκαιρινούς μήνες.

Το πρώτο πείραμα γίνεται από τον καθηγητή σε μορφή επίδειξης και αφορά στη σύγκριση της ακτινοβολουμένης θερμότητας μεταξύ ενός μαύρου και ενός λευκού δοχείου. Το πείραμα έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον διότι οι μαθητές στις προβλέψεις τους εκφράζουν κυρίως την άποψη ότι το άσπρο κρυώνει γρηγορότερα (βλέπε και Πίνακα 1). Έτσι το πείραμα αυτό που γίνεται από τον καθηγητή με τη χρήση MBL τους φέρνει αντιμέτωπους με τις απόψεις τους και αποτελεί μια πολύ καλή εισαγωγή για το κυρίαρχο ζήτημα που διαπραγματευόμαστε στην ενότητα αυτή: «ο καλός απορροφητής είναι και καλός εκπομπός».

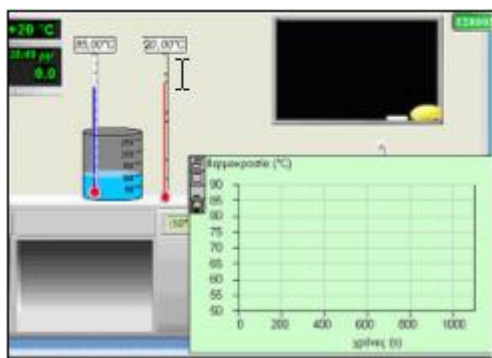
##### Πείραμα από τους μαθητές

Το δεύτερο πείραμα γίνεται στο ΣΕΠ από τους μαθητές, που ακολουθούν τις οδηγίες του αντίστοιχου Φ.Ε. και αφορά την μελέτη της εκπομπής ακτινοβολίας ενός μαύρου δοχείου σε θερμοκρασία ψηλότερη από του περιβάλλοντος.

#### **Π.1 : Θερμική αλληλεπίδραση νερού – περιβάλλοντος λόγω ακτινοβολίας.**

α) θα μελετήσεις πώς το **χρώμα** των σωμάτων, επηρεάζει την εκπομπή **θερμικής ακτινοβολίας**.

β) θα διερευνήσεις αν για ένα σώμα, η **ευκολία απορρόφησης** σημαίνει ταυτόχρονα **ευκολία εκπομπής** θερμικής ακτινοβολίας.



Σχήμα 3. Η διάταξη του εικονικού πειράματος 1

Το πείραμα αυτό παρόλο που έχει ομοιότητες με το προηγούμενο (MBL), εκτός του ότι εκτελείται από τους ίδιους τους μαθητές, διαφέρει για τους εξής λόγους:

α) Ζητείται πρόβλεψη για την τελική θερμοκρασία του δοχείου και του δωματίου. Καθώς στο ΣΕΠ έχουμε δυνατότητα (όχι μόνο ρύθμισης, αλλά και) θερμομέτρησης της θερμοκρασίας δωματίου, μπορεί να γίνει σαφές και το ζήτημα του ρόλου του περιβάλλοντος (ως ένα σώμα που δεν αλλάζει θερμοκρασία, παρά τις ανταλλαγές θερμότητας, λόγω τεράστιας μάζας (θερμοχωρητικότητας)).

β) Ζητείται από τους μαθητές να παρακολουθήσουν από την γραφική παράσταση το πείραμα μέχρι μια χρονική στιγμή (όπου ακόμη δεν έχουμε φτάσει σε Θ.Ι., αλλά η τάση των γραμμών έχει γίνει φανερή), να «παγώσουν» την εξέλιξη του πειράματος και να γράψουν την εκτίμησή τους για τις τελικές θερμοκρασίες δοχείου/ περιβάλλοντος (Petríδου, 2005)

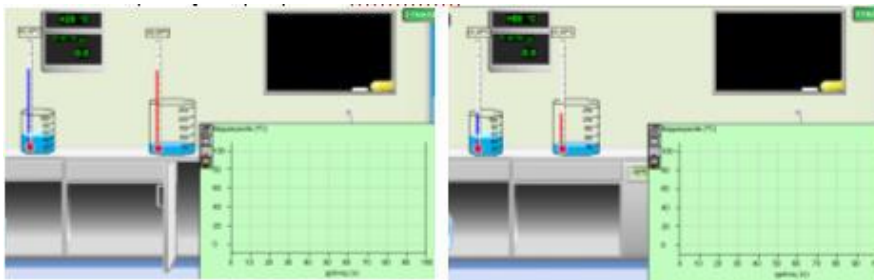
γ) Χρησιμοποιώντας την εξίσωση θερμοδομετρίας, οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν το ποσό θερμότητας που ακτινοβολήθηκε προς το περιβάλλον, λαμβάνοντας δεδομένα από την γραφική παράσταση και τους πίνακες που έχουν συμπληρώσει.

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 2

Το δεύτερο εργαστηριακό μάθημα περιλαμβάνει 2 πειράματα, που όμως γίνονται ταυτόχρονα. Ουσιαστικά πρόκειται για το ίδιο πείραμα όπου μελετάται η επίδραση της εξωτερικής επιφάνειας των σωμάτων στο ποσό θερμότητας που ακτινοβολούν ή απορροφούν. Απλά κάποιες ομάδες διερευνούν την περίπτωση της εκπομπής και οι υπόλοιπες την απορρόφηση.

Ο διαμοιρασμός των ομάδων μας έδωσε δυνατότητα να εκτελέσουμε δυο πειράματα στο χρόνο του ενός, αλλά και ταυτόχρονα να προκαλέσουμε την συζήτηση μεταξύ των ομάδων, μια και μετά την εκτέλεση των πειραμάτων, καλούνται να ανακοινώσουν σε όλη την τάξη τα αποτελέσματά τους και από κοινού να εξάγουν ένα συνολικό συμπέρασμα.

Παράλληλα, επιτυγχάνεται έτσι η ολιστική οπτική στην διερεύνηση του φαινομένου και ενισχύεται η άποψη «καλός εκπομπός = καλός απορροφητής», μια και οι μαθητές βλέπουν πως επεκτείνεται εκτός από τον παράγοντα του χρώματος, και στο μέγεθος της επιφάνειας των σωμάτων και επομένως θεωρούμε ότι γενικεύεται.



Σχήμα 4. Οι διατάξεις στα εικονικά πειράματα 2A, 2B

*Πειράματα από τους μαθητές*

**Π. 2A : Απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας σωμάτων διαφορετικής επιφάνειας**

Στην άσκηση αυτή: θα μελετήσεις πώς το μέγεθος (εξωτερική επιφάνεια) των σωμάτων, επηρεάζει την απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας.

**Π. 2B : Εκπομπή ακτινοβολίας σωμάτων διαφορετικής επιφάνειας**

Στην άσκηση αυτή: θα μελετήσεις πώς το μέγεθος (εξωτερική επιφάνεια) των σωμάτων, επηρεάζει την εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας

Στα πειράματα αυτά ακολουθήσαμε μια πιο ελεύθερη προσέγγιση στην κατασκευή της πειραματικής διάταξης. Έτσι, οι μαθητές λαμβάνουν μόνο γενικές οδηγίες και επιλέγουν μόνοι τους τα υλικά και τις συνθήκες που χρειάζονται για την έρευνά τους.

Στο σχήμα 5, φαίνεται διαγραμματικά η διάρθρωση της ενότητας και η ολιστική της οπτική, μέσα από την πολλαπλότητα των πειραμάτων εκπομπής και απορρόφησης που εκτελούνται και των παραμέτρων που διερευνώνται.

**ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

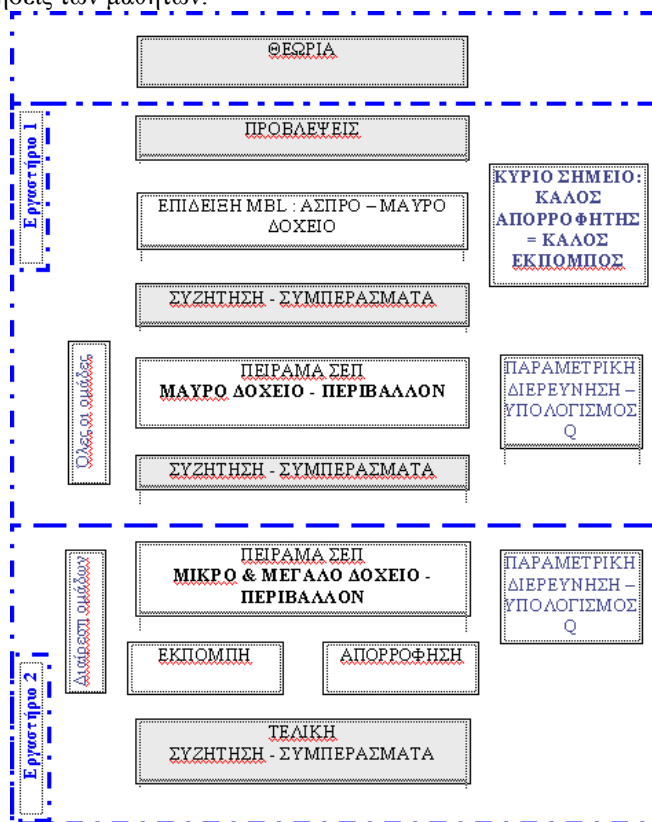
Η πιλοτική διδασκαλία της ενότητας της ακτινοβολίας, που περιγράψαμε πιο πάνω, έγινε σε μια τάξη 10 μαθητών της Β' Γυμνασίου σχολείου της Κατερίνης, την περίοδο 2002-03. Για την διδασκαλία χρησιμοποιήθηκε το εργαστήριο H/Y του σχολείου.

Αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης διδακτικής σειράς για την διδασκαλία των θερμικών φαινομένων, αναλυτική παρουσίαση της οποίας γίνεται αλλού (Lefkos, 2005). Για την αξιολόγηση της διδασκαλίας χρησιμοποιήθηκαν ατομικά προ- και μετά-τεστ, τα φύλλα εργασίας από τις ομάδες ανάλυση των βιντεοσκοπήσεων και ατομικές συνεντεύξεις. Τα δεδομένα αυτά βρίσκονται ακόμη στο στάδιο της επεξεργασίας, όμως τα πρώτα αποτελέσματα έδειξαν στο εννοιολογικό επίπεδο σημαντική εξέλιξη στις αντιλήψεις των μαθητών. Αναφέρουμε ενδεικτικά ότι σε μετά-τεστ αντίστοιχο με το προ-τεστ (πίνακας 1) παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στις σωστές απαντήσεις των μαθητών. Για παράδειγμα, 8 στους 10 απαντούν σωστά σε ερωτήματα που αφορούν το ρόλο του χρώματος των σωμάτων στην εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας, ενώ πριν τη διδασκαλία το ποσοστό ήταν 1 στους 10. Αντίστοιχη βελτίωση εμφανίζεται και στα ερωτήματα που αφορούν στο ρόλο του μεγέθους της επιφάνειας των σωμάτων.

Στο πλαίσιο αυτής της πιλοτικής εφαρμογής εκτιμούμε ότι σημαντικό ρόλο έπαιξαν τα εργαλεία ΤΠΕ που χρησιμοποιήσαμε και η συνδυασμένη τους χρήση. Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η συγχρονική γραφική αναπαράσταση των φαινομένων, που επέτρεψε στους μαθητές να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο την εξέλιξη των φαινομένων και να έχουν μια άμεση

εποπτεία της εξέλιξής τους. Επίσης, η δυνατότητα χρονικής επιτάχυνσης των πειραμάτων έδωσε την ευκαιρία να εκτελεστούν περισσότερα πειράματα στον χρόνο μιας διδακτικής ώρας. Επιπλέον, ο έλεγχος της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, επέτρεψε τον σχεδιασμό και την υλοποίηση πειραμάτων τόσο εκπομπής όσο και απορρόφησης, δίνοντας έτσι άμεσα την σύνδεση των δυο όψεων του ίδιου φαινομένου. Τέλος, η δυνατότητα διακοπής και επανάληψης της εξέλιξης του εικονικού πειράματος, μπορεί να επικεντρώσει την προσοχή των μαθητών σε δεδομένες χρονικές στιγμές που θεωρούνται κρίσιμες για την κατανόησή του, όπως έχουμε αναφέρει και αλλού. (Lefkos, 2005; Petridou, 2005).

Γενικά θεωρούμε ότι από την μια μεριά, τα πειράματα με συμβατικά μέσα είναι πολύ χρήσιμα για την φάση εισαγωγής των μαθητών σε κάποιο φαινόμενο, ενώ από την άλλη μεριά στο ΣΕΠ έχουμε την δυνατότητα να σχεδιάζουμε εύκολα και να εκτελούμε γρήγορα πειράματα, άρα να διερευνούμε παραμετρικά τα φαινόμενα και μάλιστα τις πιο πολλές φορές χρησιμοποιώντας συνθήκες που δεν θα μπορούσαμε να επιτύχουμε σε ένα πραγματικό εργαστήριο. Ταυτόχρονα, η χρήση του MBL προσφέρει ένα καλό σύνδεσμο μεταξύ πραγματικού και εικονικού κόσμου με κυρίαρχο μέσο την γραφική αναπαράσταση των φαινομένων. Κύριο λοιπόν χαρακτηριστικό της πρότασής μας είναι η ολιστική οπτική στη διδακτική προσέγγιση, που μεταφράζεται αφ' ενός στην ολοκληρωμένη διερεύνηση πολύ-παραμετρικών φαινομένων (όπως αυτό της θερμικής ακτινοβολίας) και αφ' ετέρου στην συνδυασμένη χρήση διαφορετικών τεχνολογιών για τις πειραματικές ασκήσεις των μαθητών.



Σχήμα 5. Διαγραμματική αναπαράσταση διδασκαλίας της ενότητας της Ακτινοβολίας

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η εργασία αυτή εντάσσεται στα πλαίσια του “ePhys” και υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, στα πλαίσια του Προγράμματος SOCRATES (No 99817-CP-1-2002-1-MINERVA-M)

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Beichner, R., (1990), The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 27, No 8, 803-815.
2. Brassel, H., (1987), The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representations of distance & velocity, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 24, No 4, 385-395.
3. Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A., (1985). *Children's ideas in science*, Open University Press, Milton Keynes, U.K.
4. Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V., (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*, London, Routledge.
5. Ellermeijer, T., (1996). Development and implementation of an Open Learning Environment in the Physics Curriculum, *Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International Conference*, Ljubljana, Slovenia.
6. Erickson. G., (1980). Children's viewpoints of heat: a second look, *Science Education* 64(3), 323-336
7. Kesidou, S., Duit, R. & Glynn, S., (1995). Conceptual Development in Physics: Students' Understanding of Heat, in: Glynn, S. & Duit, R. (ed.): *Learning Science in the Schools*, LEA Pub, NJ.
8. Lefkos, I., Psillos, D., Hatzikraniotis, E., (2005). Integrating ICT tools in a Laboratory Teaching Sequence of Thermal Phenomena, *to be announced at the 7th International conference CBLIS 2005*, Zilina, Slovakia.
9. Leinhardt, G., Zaslavsky, O., Stein, M., (1990). Functions, Graphs and Graphing: Tasks, Learning and Teaching, *Review of Educational Research*, Spring 1990, 60(1).
10. Mulder, C.H.T., Ellermeijer, T., (2001). Is there a place in investigations for computer-based modeling?. In Psillos, D. et al. (ed.), *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the knowledge Based Society*, Thessaloniki, Aristotle University, Vol. II, 563.
11. Petridou, E., Psillos, D., Lefkos, I., Fournalari, S., Hatzikraniotis, E., (2005). Investigating the use of Simulated Laboratory for Teaching Aspects of Calorimetry to Secondary Education Students, *to be announced at the 7th International conference CBLIS 2005*, Zilina, Slovakia.
12. Psillos, D., Niedderer, H. (ed.). *Teaching and learning in the science laboratory*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
13. Sassi, E., (2001). Computer supported lab-work in physics education: advantages and problems, in R. Pinto & S. Surinach (eds): *Proceedings of the International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000*, CD Production Calidos, Barcelona.
14. Taber K. S., (2000). Finding the optimum level of simplification: the case of heat and temperature, *Physics Education* 35(5), September 2000.
15. Thornton, R. K., (1999). Using the results of research in Science Education to improve Science Learning. *Keynote address to the International Conference on Science Education*, Nicosia, Cyprus.
16. Tiberghien, A. (1983). Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notions of temperature and heat have for students aged 10 to 16 years. *Research on Physics Education*, Proceedings of the first international workshop, Editions Du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, pp. 75-90.
17. Windschitl, M., Andre, T., (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change: The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs, *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2)

18. Αντωνίου, Ν., Βαλαδάκης, Α., Δημητριάδης, Π., Παπαμιχάλης, Κ., Παπασιμίπα, Λ. (2000). *Φυσική Β' Γυμνασίου*. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
19. Καραπαναγιώτης, Β., Παπασταματίου, Ν., Φέρτης, Α., Χαλέτσος, Χ. (1998). *Φυσική Β' Γυμνασίου*. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
20. Λεύκος, Ι., Ρεφανίδης, Ι., Γάλλος, Λ., Μπισδικιάν, Γ., Πετρίδου, Ε., Χατζηκρανιώτης, Ε., Βλαχάβας, Ι., Αργυράκης, Π. & Ψύλλος, Δ. (2000), *Εικονικό Εργαστήριο Θερμότητας, Πρακτικά του Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση»*, Θεσσαλονίκη, ΣΕΠΔΕΘ
21. Λεύκος, Ι., (2001). *Ανάπτυξη Εφαρμογών Εικονικού Εργαστηρίου στην περιοχή της Θερμότητας για τη Διδασκαλία της Φυσικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση*, Διπλωματική Εργασία για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Τίτλου στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
22. Μπισδικιάν, Γ., (2000). *Μελέτη της εφαρμογής πολυμέσων στη διδασκαλία γραφικών παραστάσεων και φυσικών εννοιών*, Διδακτορική διατριβή στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
23. Σκουμιάς, Μ. & Χ"Νικήτα, Β. (2000), Μοντέλα μαθητών για Θερμότητα, Θερμοκρασία και Θερμικά Φαινόμενα, *Επιθεώρηση Φυσικής*, περ. Γ', τομ. Η', τ. 31, Φθινόπωρο 2000, σελ. 58-71, Ε.Ε.Φ., Αθήνα.
24. Ψύλλος, Δ., Αργυράκης, Π., Βλαχάβας, Ι., Χατζηκρανιώτης, Ε., Μπισδικιάν, Γ., Ρεφανίδης, Ι., Λεύκος, Ι., Κορομπύλης, Κ., Βράκας, Δ., Γάλλος, Λ., Πετρίδου, Ε., Νικολαΐδης, Ι. (2000). *Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον για τη διδασκαλία Θερμότητας – Θερμοδυναμικής. Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με διεθνή Συμμετοχή: «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, Οκτ. 2000, Πάτρα, Πανεπιστήμιο Πατρών.