

"Η Θερμική Ισορροπία" στο Ολοκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά Εκπαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Βασίλειος Γρηγορίου, Σαράντος Οικονομίδης, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης
*Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών*
vgriгор@primedu.uoa.gr, sarecon@gmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr

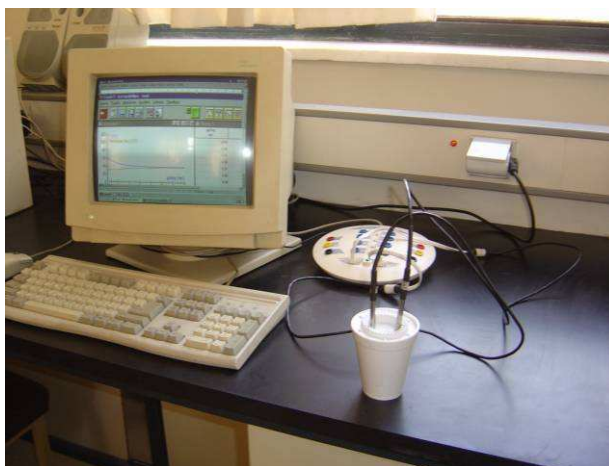
Περίληψη. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η αξιολόγηση μιας εργαστηριακής άσκησης μελέτης της θερμικής ισορροπίας, που λαμβάνει χώρα στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού τμήματος του Ε.Κ.Π.Α. και γίνεται με τη χρήση αισθητήρων και ηλεκτρονικού υπολογιστή. Παραθέτονται διεξοδικά οι οδηγίες κατασκευής και λειτουργίας της πειραματικής διάταξης, η εκπαιδευτική μεθοδολογία που ακολουθείται, οι επιδιωκόμενοι διδακτικοί στόχοι και η αξιολόγησή της μετά την ένταξή της κατά τρίτη συνεχόμενη χρονιά στις υποχρεωτικές εργαστηριακές πρακτικές των τριτοετών φοιτητών. Σημειώνουμε ότι οι φοιτητές/τριες έχουν διδαχθεί στο δεύτερο έτος των σπουδών τους το αντίστοιχο θέμα στα πλαίσια του υποχρεωτικού μαθήματος Φυσικής. Η πειραματική διαδικασία συνοδεύεται από οπτικοποιήσεις και προσομοιώσεις στο επίπεδο του μικρόκοσμου όπου παρουσιάζεται η κίνηση των μορίων του νερού στις τρεις φυσικές του καταστάσεις. Επίσης οι φοιτητές/τριες εργάζονται και με ένα λογισμικό προσομοίωσης (εικονικό εργαστήριο) για τη μελέτη της θερμικής ισορροπίας στην περίπτωση δύο στερεών. Διαπιστώθηκε η ύπαρξη εσφαλμένων αντιλήψεων .

Εισαγωγή

Από το 2004 όλοι οι φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών εκτελούν εργαστηριακές ασκήσεις με χρήση αισθητήρων αλλά και οπτικοποιήσεων και προσομοιώσεων των διαδικασιών του μικρόκοσμου. Τα αποτελέσματα κρίνονται ενθαρρυντικά. Η επιλογή των νέων τεχνολογιών ως μέσο υλοποίησης κάποιων εργαστηριακών ασκήσεων στο εργαστήριο Φυσικής του τμήματός έγινε καθόσον οι συγχρονικές διατάξεις (MBL) παρουσιάζουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα.

- Ταυτόχρονη κατασκευή γραφήματος με την εξέλιξη του φαινομένου.
- Πολυεπίπεδη αναπαράσταση του φαινομένου.
- Εστίαση της προσοχής στο φαινόμενο.
- Δυνατότητα επανάληψης των διαδικασιών.
- Απαλλαγή από τη συλλογή δεδομένων.
- Συνεχής έλεγχος υποθέσεων.
- Ανάπτυξη Σωκρατικών διαλόγων και ανίχνευση ιδεών.
- Δυνατότητα χρήσης πολλαπλών υλικών με μηδενικό κόστος.
- Εύκολη προσαρμογή του υπάρχοντος εξοπλισμού σε διαφορετικές εργαστηριακές ασκήσεις.
- Λιγότερος φόρτος εργασίας για τον παρασκευαστή.

Στα πλαίσια της ένταξης της τεχνολογίας των αισθητήρων στο εργαστήριο Φυσικής συγκαταλέγεται και η εργαστηριακή άσκηση της μελέτης της θερμικής ισορροπίας. Στην άσκηση αυτή οι φοιτητές μελετούν την αποκατάσταση της θερμικής ισορροπίας δύο σωμάτων που βρίσκονται σε θερμική επαφή ενώ ταυτόχρονα αλληλεπιδρούν θερμικά και με το περιβάλλον. Τα απαιτούμενα υλικά είναι νερό δύο διαφορετικών θερμοκρασιών, τοποθετημένο σε δύο δοχεία το ένα με μεγάλη θερμική αγωγιμότητα (κάνιστρο) και το άλλο με μικρή (πλαστικό ποτηράκι), βραστήρας νερού ή καμινέτο για τη θέρμανση του ζεστού νερού, δύο αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας, η κονσόλα διασύνδεσης των αισθητήρων με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή καθώς και το αντίστοιχο λογισμικό (βλ. εικόνα 1).



Εικόνα 1: Φωτογραφία της πειραματικής διάταξης.

Οι φοιτητές/τριες συμπληρώνουν φύλλο εργασίας που ακολουθεί το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο, ενώ επίσης παρακολουθούν οπτικοποιήσεις του μικρόκοσμου στα πλαίσια ερμηνείας μακροσκοπικά μετρούμενων φυσικών μεγεθών με μοντέλα του μικρόκοσμου.

Πειραματική διάταξη

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από έναν υπολογιστή στον οποίο είναι εγκατεστημένο το πρόγραμμα διασύνδεσης CoachLab 5.0 στην Ελληνική του έκδοση. Ο υπολογιστής αυτός πρέπει να ικανοποιεί κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις ως προς το υλικό και το λογισμικό του. Αναλυτικότερα χρειάζεται να διαθέτει επεξεργαστή με συχνότητα λειτουργίας ανώτερη των 500MHz, μνήμη RAM τουλάχιστον 128Mb ενώ καλό θα ήταν να υπάρχει και ευμεγέθης οθόνη άνω των 17".

Το πρόγραμμα CoachLab 5.0 είναι αναγκαίο προκειμένου να είναι εφικτή η αναγνώριση της κονσόλας Coach Lab II και η μεταφορά δεδομένων από τους αισθητήρες προς τον υπολογιστή. Επίσης, το προαναφερθέν πρόγραμμα διαθέτει δυνατότητες παραμετροποίησης τις διαδικασίες συλλογής δεδομένων, όπως και δυνατότητα δημιουργίας γραφημάτων σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτό είναι εφικτή η επιλογή του καταλληλότερου χρονικού διαστήματος που θα λαμβάνονται μετρήσεις, η συχνότητα των μετρήσεων, η επιλογή των φυσικών μεγεθών που θα παρασταθούν γραφικά, η δημιουργία πινάκων με τα πειραματικά δεδομένα καθώς επίσης και πλήθος ρυθμίσεων για την αρτιότερη απεικόνιση των αποτελεσμάτων.

Η κονσόλα συνδέεται στη σειριακή θύρα του υπολογιστή, ενώ με τη σειρά τους στην κονσόλα συνδέονται δύο αισθητήρες θερμοκρασίας της εταιρίας CMA (βλ. σχήμα 3). Οι αισθητήρες θερμοκρασίας τοποθετούνται σε δύο διαφορετικά δοχεία. Στο ένα, που επιλέχθηκε να είναι φωτογραφικό κάνιστρο λόγω της καλής θερμικής αγωγιμότητας που

παρουσιάζει, τοποθετείται ποσότητα ζεστού νερού περίπου ίση με $50ml$. Στο άλλο δοχείο, που μπορεί να είναι ένα ποτήρι φτιαγμένο από φενιζόλ για να μην αλληλεπιδρά θερμικά έντονα με το περιβάλλον, τοποθετείται ο άλλος αισθητήρας. Κατόπιν, το κόνιστρο με το ζεστό νερό τοποθετείται μέσα στο ποτήρι και εγχύουμε κρύο νερό βρύσης, ενώ και τα δύο δοχεία σκεπάζονται με τα καλύμματά τους (βλ. εικόνα 3). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται η κατά το δυνατό μικρότερες απώλειες προς το περιβάλλον, που παρόλα αυτά είναι υπαρκτές.



Εικόνα 3: Η κονσόλα διασύνδεσης του υπολογιστή με τους αισθητήρες, CoachLab II.



Εικόνα 4: Το φωτογραφικό κόνιστρο με το ζεστό νερό και τον αισθητήρα θερμοκρασίας και το ποτήρι με το κρύο νερό στο οποίο έχει εμβαπτιστεί το κόνιστρο.

Επιδιωκόμενοι διδακτικοί στόχοι

Στους φοιτητές/τριες διανέμεται φύλλο εργασίας το οποίο συμπληρώνουν κατά τη διάρκεια της εργαστηριακής τους άσκησης. Οι προτεινόμενοι διδακτικοί στόχοι είναι οι εξής:

- Να μετρήσουν οι φοιτητές τη θερμοκρασία ενός σώματος με τη χρήση αισθητήρων.
- Να επιλέξουν τις κατάλληλες ρυθμίσεις στο πρόγραμμα CoachLAB 5.0 που θα εξυπηρετούν την καλύτερη λήψη και απεικόνιση των αποτελεσμάτων τους.
- Να ερμηνεύσουν τη γραφική παράσταση της μεταβολής της θερμοκρασίας δύο σωμάτων που αλληλεπιδρούν θερμικά μεταξύ τους και με το περιβάλλον.
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι στη θερμική ισορροπία δύο σώματα έχουν την ίδια θερμοκρασία.
- Να εκτιμήσουν το χρονικό διάστημα που απαιτείται προκειμένου τα δύο σώματα να έρθουν σε θερμική ισορροπία.
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι δύο σώματα από το ίδιο υλικό, που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες και μάζες και αλληλεπιδρούν θερμικά, καταλήγουν σε κοινή θερμοκρασία εγγύτερη σε αυτή του σώματος με τη μεγαλύτερη μάζα.
- Να διαπιστώσουν πειραματικά ότι δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας που αλληλεπιδρούν θερμικά, ανταλλάσσουν θερμότητα και όχι θερμοκρασία.
- Να αντιληφθούν τη διαφορά προσομοίωσης και οπτικοποίησης.

- Να αντιληφθούν τη διαφορά του εργαστηρίου με χρήση συγχρονικών διατάξεων και του εικονικού εργαστηρίου.

Οδηγίες προς τους φοιτητές/τριες

Οι φοιτητές/τριες που καλούνται να ασκηθούν στην εργαστηριακή άσκηση αυτή, λαμβάνουν ένα βοηθητικό φύλλο οδηγιών. Σε αυτό αναφέρονται οι προφυλάξεις που πρέπει να λάβουν για την ασφαλή διεξαγωγή του πειράματος καθώς επίσης καθοδηγούνται στην κατασκευή της διάταξης και τη διασύνδεσή της με τον υπολογιστή. Επίσης τους δίδονται και οι απαραίτητες οδηγίες για το χειρισμό του προγράμματος CoachLab 5.0.


Αναλυτικά, οι οδηγίες αυτές είναι οι κάτωθι:



1. Γράψτε στο φύλλο αναφοράς τις προβλέψεις ή τις υποθέσεις σας, που αφορούν στις ερωτήσεις της εργαστηριακής άσκησης.
2. Βάλτε στο ποτήρι νερό βρύσης τόσο, ώστε, αν βυθίσετε μέσα το μικρό δοχείο η στάθμη του νερού να είναι περίπου 1 cm πιο κάτω από το καπάκι του δοχείου.
3. Γεμίστε το μικρό δοχείο με ζεστό νερό που θα σας δώσει ο καθηγητής σας.
4. Περάστε τον ένα αισθητήρα από την μία τρύπα στο καπάκι του ποτηριού και από την τρύπα στο καπάκι του μικρού δοχείου, ώστε να μετρά τη θερμοκρασία του ζεστού νερού.
5. Περάστε τον άλλο αισθητήρα από τη δεύτερη τρύπα στο καπάκι του ποτηριού, ώστε να μετρά τη θερμοκρασία του νερού βρύσης.
6. Κλείστε το ποτήρι με το καπάκι του και ενεργοποιήστε με το ποντίκι του υπολογιστή τη λήψη μετρήσεων.
7. Για να εκκινήσετε το πρόγραμμα CoachLab 5.0 ακολουθείτε τα παρακάτω βήματα:

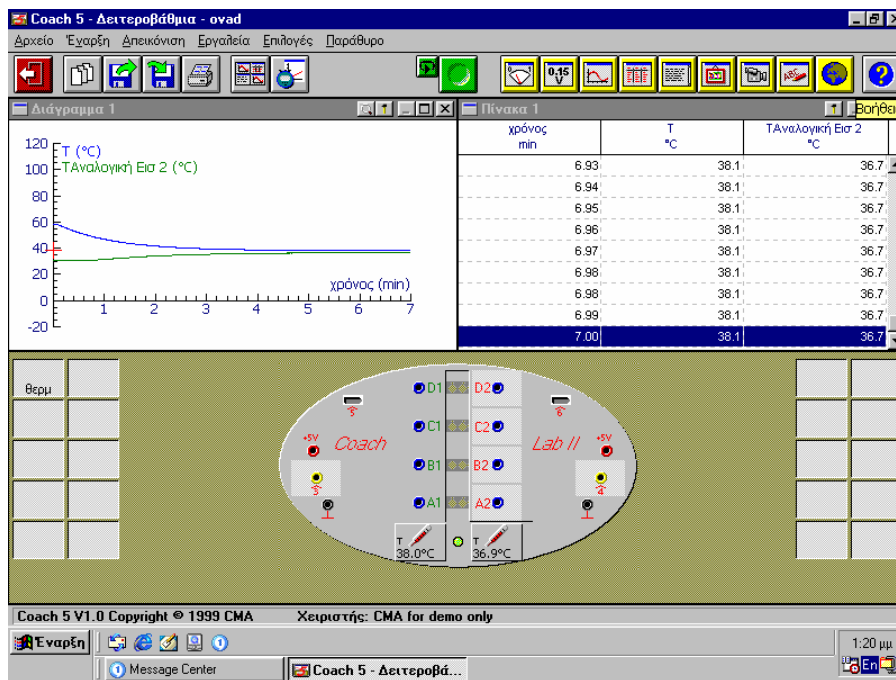
- i. Έναρξη⇒Προγράμματα⇒Coach 5⇒Συγγραφέας του Coach 5
- ii. Επιλέξτε την κονσόλα που θα χρησιμοποιήσετε για τις μετρήσεις (CoachLab II) και δώστε ένα όνομα στη δραστηριότητα που θα πραγματοποιήσετε. Οδηγείστε στη διπλανή οθόνη (βλ. εικόνα 5).



Εικόνα 5: Φωτογραφία που απεικονίζει την αρχική οθόνη στο πρόγραμμα CoachLab 5.0.

- iii. Στο καινούργιο παράθυρο κάντε δεξί κλικ σε ένα από τα ορθογώνια που υπάρχουν στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης και επιλέξτε «Προσθήκη από το Δίσκο».
- iv. Διαλέξτε τον αισθητήρα θερμοκρασίας CMA και με αριστερό κλικ σύρετέ τον στη θέση της κονσόλας που έχετε συνδέσει τον πραγματικό αισθητήρα.
- v. Με δεξί κλικ πάνω στο ίδιο ορθογώνιο επιλέξτε έναν ακόμα αισθητήρα θερμοκρασίας και σύρετέ τον στη θέση της κονσόλας που έχετε συνδέσει τον δεύτερο αισθητήρα.
- vi. Κάνοντας αριστερό κλικ στο εικονίδιο  κρύβεται η εικόνα της κονσόλας και σε όλη την οθόνη έχετε τέσσερα ορθογώνια, στα οποία μπορείτε να επιλέξετε την εμφάνιση των τιμών της μέτρησης στη μορφή που ανταποκρίνεται στις ανάγκες σας.

- vii. Με το εικονίδιο  μπορείτε να ρυθμίσετε τη διαδικασία λήψης των μετρήσεων ως προς το χρόνο μέτρησης και τη συχνότητά τους. επιλέξτε χρόνο μέτρησης 8min και συχνότητα 2 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο.
- viii. Κάντε κλικ στο εικονίδιο «Απεικόνιση Διαγράμματος» και κατόπιν «Νέος Πίνακας».
- ix. Στην περιοχή C1 συνδέστε το ρολόι στον οριζόντιο άξονα και στις περιοχές C2 και C3 συνδέστε τους δύο αισθητήρες στον πρώτο κατακόρυφο άξονα.
- x. Πατώντας το πράσινο εικονίδιο  αρχίζουν οι μετρήσεις. Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα (βλ. σχήμα 6).



Εικόνα 6: Φωτογραφία που απεικονίζει το γράφημα των θερμοκρασιών στο περιβάλλον του CoachLab 5.0.

8. Παρακολουθήστε την εξέλιξη της θερμοκρασίας από το γράφημα που εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή. Όταν αυτή σταθεροποιηθεί μετρήστε την και καταγράψτε την αρχική και τελική τιμή της για κάθε ένα αισθητήρα στο φύλλο αναφοράς.
9. Υπολογίστε την τιμή της μεταβολής ΔT της θερμοκρασίας του νερού βρύσης και τη μεταβολή της θερμοκρασίας του ζεστού νερού και συμπληρώστε τις τιμές τους στον πίνακα ανάλυσης του φύλλου αναφοράς.
10. Μετά το τέλος των μετρήσεων αφαιρέστε τους αισθητήρες και αδειάστε το νερό από το μικρό δοχείο στο νεροχύτη. Κατόπιν, ρίχνοντας το νερό του ποτηριού μέσα στο μικρό δοχείο μπορείτε να διαπιστώσετε, αν το αρχικά κρύο ή το αρχικά ζεστό νερό είχε μεγαλύτερη μάζα. Καταγράψτε το αποτέλεσμα της σύγκρισης στο φύλλο αναφοράς.
11. Συμπληρώστε το υπόλοιπο φύλλο εργασίας της εργαστηριακής άσκησης.

ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

Διατυπώστε τις υποθέσεις ή προβλέψεις που κάνατε.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Αρχική θερμοκρασία νερού βρύσης ($^{\circ}\text{C}$)	Αρχική θερμοκρασία ζεστού νερού ($^{\circ}\text{C}$)	Τελική θερμοκρασία νερού βρύσης ($^{\circ}\text{C}$)	Τελική θερμοκρασία ζεστού νερού ($^{\circ}\text{C}$)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μεταβολή θερμοκρασίας ζεστού νερού ΔT_1 σε $^{\circ}\text{C}$	Μεταβολή θερμοκρασίας νερού βρύσης ΔT_2 σε $^{\circ}\text{C}$

ΣΚΟΠΟΣ

Γράψτε, ποιος ήταν ο σκοπός της εργαστηριακής άσκησης.

.....

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΓΕΝΙΚΕΥΣΕΙΣ

Συναντήσατε δυσκολίες σε κάποιο από τα βήματα του πειράματος; ΝΑΙ ΟΧΙ

Αν ΝΑΙ, σε ποιο ή ποια και πώς τις ξεπεράσατε;

.....

Διαγράψτε μία από τις λέξεις κρύο-ζεστό στην παρακάτω πρόταση.

Μεγαλύτερη μάζα είχε το αρχικά κρύο/ζεστό νερό.

Τι διαπιστώνετε από τη σύγκριση των μαζών των δύο ποσοτήτων νερού και από τις αντίστοιχες μεταβολές στη θερμοκρασία τους;

.....

Τι ήταν αυτό που μεταφέρθηκε από το τη μια ποσότητα νερού στην άλλη και ποιο το αποτέλεσμα αυτής της μεταφοράς; Απαντήστε σύντομα χρησιμοποιώντας μια ή περισσότερες φορές τις λέξεις θερμική, ενέργεια, θερμοκρασία, θερμότητα, ισορροπία.

.....

.....

Επιτύχατε τους σκοπούς του πειράματος;

.....

.....

Γράψτε, αν επαληθεύτηκαν από τα αποτελέσματα του πειράματος, οι υποθέσεις ή οι προβλέψεις που κάνατε.

.....

.....

Οπτικοποιήσεις και προσομοιώσεις τις κίνησης των μορίων του νερού σε στερεά, υγρά και αέρια κατάσταση. Εικονικό εργαστήριο για τη μελέτη της θερμικής ισορροπίας μεταξύ δύο στερεών

Στην εργαστηριακή άσκηση παρουσιάζονται οπτικοποιήσεις και προσομοιώσεις του μικρόκοσμου των υλικών, στερεών, υγρών και αερίων. Οι φοιτητές οδηγούνται στο συμπέρασμα ότι τα μόρια του υλικού έχουν κινητική ενέργεια. Το άθροισμα των κινητικών ενεργειών των μορίων του υλικού λόγω αυτής της άτακτης κίνησης, ορίζεται στους φοιτητές ως θερμική ενέργεια η οποία εξαρτάται από την κινητική ενέργεια κάθε μορίου και από τον αριθμό των μορίων. Αναγνωρίζουν έτσι ότι η θερμοκρασία και η θερμική ενέργεια ορισμένης ποσότητας υλικού είναι ανάλογα μεγέθη. Ζητάμε από τους φοιτητές να συζητήσουν τις απόψεις τους για το τι θα συνέβαινε με την θερμική ενέργεια που θα είχε διπλάσια ποσότητα του ίδιου υλικού στην ίδια θερμοκρασία. Οδηγούνται έτσι στο συμπέρασμα ότι θα έχει διπλάσια θερμική ενέργεια, ενώ η θερμοκρασία του είναι ίδια. Με τον τρόπο αυτό οι φοιτητές αντιλαμβάνονται γιατί η θερμοκρασία είναι εντατικό μέγεθος και όχι εκτατικό (δεν εξαρτάται από την έκταση του συστήματος), αλλά σχετίζεται με την κινητική ενέργεια κάθε μορίου του υλικού λόγω της άτακτης κίνησής του.

Επίσης οι φοιτητές διαπιστώνουν τη διαφορά οπτικοποίησης και προσομοίωσης και καλούνται να περιγράψουν τον τρόπο κίνησης των μορίων νερού στις τρεις καταστάσεις (στερεό-υγρό και αέριο). Τέλος εργάζονται στο εικονικό εργαστήριο μελετώντας την αποκατάσταση της θερμικής ισορροπίας στην περίπτωση δύο στερεών καθοδηγούμενοι από ένα δεύτερο φύλλο εργασίας και αναφοράς. Τους δίνεται η δυνατότητα να μεταβάλλουν τα υλικά τις αρχικές θερμοκρασίες και τις μάζες των υλικών. Διατυπώνουν υποθέσεις και μετά τον πειραματισμό καταλήγουν σε συμπεράσματα.

Στην εργαστηριακή άσκηση επίσης:

- Αναγνωρίζουν την θερμότητα ως τη μορφή ενέργειας που μεταφέρεται, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας, να συσχετίζουν την διαφορά στην θερμοκρασία με τη ροή θερμότητας και να περιγράφουν καταστάσεις μεταφοράς ενέργειας, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας.
- Περιγράφουν την ροή θερμότητας (ενέργειας) σε καθημερινές καταστάσεις στις οποίες μεταβάλλεται η θερμοκρασία, για παράδειγμα το κρύωμα του ζεστού φαγητού.

- Διακρίνουν την θερμότητα (ως μεταφερόμενη ενέργεια που προκαλεί μεταβολές) από τη θερμοκρασία και να συσχετίζουν τη ροή θερμότητας με την μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Αναγνωρίζουν ότι τα μόρια των αερίων βρίσκονται σε άτακτη κίνηση και ότι δεν έχουν όλα την ίδια κινητική ενέργεια.
- Κατανοούν ότι η θερμοκρασία είναι μέτρο της μέσης τιμής της κινητικής ενέργειας των μορίων, λόγω της άτακτης θερμικής κίνησης.
- Αναγνωρίζουν ότι η άτακτη κίνηση των μορίων στα αέρια γίνεται πιο γρήγορη, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία.
- Προσεγγίζουν μικροσκοπικά τις έννοιες θερμοκρασία, εσωτερική και θερμική ενέργεια.

Παραπομπές

- Βελέντζας Α., Οβαδίας Σ, Οικονομίδης Σ, Καλκάνης Γ. «Πρόταση για τη διδασκαλία της θερμότητας στο Γυμνάσιο με κατάλληλες πειραματικές δραστηριότητες και υποστήριξη λογισμικού» (πρακτικά, σελ.104). 10^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής της ΕΕΦ.
- Καλκάνης Γ.Θ. “Εκπαιδευτική Τεχνολογία Εκπαιδευτικές Εφαρμογές των Τεχνολογιών Πληροφόρησης (και) στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες”, Αθήνα 2002.
- Πατρινόπουλος Μ. Ολοκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά Εκπαιδευτικό Εργαστήριο Σχεδίαση Ανάπτυξη Εφαρμογές στις Φυσικές Επιστήμες» Διδακτορική Διατριβή ΠΤΔΕ Εθν. Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών 2006.