

---

**ΣΥΜΠΟΣΙΟ / ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ:**

**Το ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά  
ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών**  
<http://micro-kosmos.uoa.gr>.

---

Οργανωτές / Συντονιστές: **Ματθαίος Πατρινόπουλος, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης**

---

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΣΥΜΠΟΣΙΟ / ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ**

**Το ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά  
ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών**

**Ματθαίος Πατρινόπουλος, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης**  
*Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,  
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών*  
[mpatrin@primedu.uoa.gr](mailto:mpatrin@primedu.uoa.gr), [kalkanis@primedu.uoa.gr](mailto:kalkanis@primedu.uoa.gr), <http://micro-kosmos.uoa.gr>

**Περίληψη.** Το ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών (ΟΛΟΤΕΧΝΟ) αξιοποιεί όλες τις εκπαιδευτικές τεχνολογίες (τις τεχνολογίες πληροφόρησης, επικοινωνίας, προσομοίωσης/οπτικοποίησης, πειραματισμού και λογισμού/ γραφημάτων) για τη μεγιστοποίηση τόσο του εκπαιδευτικού/γνωσιακού όσο και παιδευτικού / παιδαγωγικού χαρακτήρα και ρόλου του, στο πλαίσιο της επιστημονικής/εκ-παιδευτικής μεθοδολογίας. Η εφαρμογή της επιχειρείται με τη συγκέντρωση διαθεματικής και επίκαιρης πληροφορίας (για το έναυσμα του ενδιαφέροντος), με άμεση –στο εργαστήριο ή/και, κυρίως, διαδικτυακή– αναδραστική επικοινωνία, ανταλλαγή απόψεων και προβλέψεις των προσομοιώσεων και οπτικοποιήσεων του μικροκόσμου (για τη διατύπωση υποθέσεων), με τη χρήση εργαστηριακού υλικού, σε διασύνδεση με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω αισθητήρων και απτήρων (για τον αποδεικτικό –επιβεβαιωτικό ή απορριπτικό– πειραματισμό), με τη χρήση λογισμικού μαθηματικής επεξεργασίας των πειραματικών τιμών, την προσαρμογή τους σε μαθηματικά πρότυπα και την παρουσίασή τους με γραφήματα (για τη διατύπωση συμπερασμάτων και την προσαρμογή τους στα επιστημονικά πρότυπα / θεωρίες) και ,τέλος, με την εφαρμογή των συμπερασμάτων (και) σε άλλα συναφή φυσικά φαινόμενα ή τεχνολογίες, αλλά και την ερμηνεία τους με βάση το πρότυπο του μικροκόσμου (για τη γενίκευση και την εμπέδωση των συμπερασμάτων / προτύπου / θεωρίας).

**Εισαγωγή**

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των ψηφιακών τεχνολογιών που συναντάμε μέχρι σήμερα έχουν περιορισμένη ή εστιασμένη εφαρμογή σε επιμέρους τομείς της εκπαιδευτικής διαδικασίας και δεν συνδυάζονται μεταξύ τους, ώστε να μπορούν να αποτελέσουν έναν ενιαίο κορμό πάνω στον οποίο μπορούμε να δομήσουμε την όποια εκπαιδευτική μας παρέμβαση. Η σύνθεση όσο το δυνατόν περισσότερων εφαρμογών των (ψηφιακών) εκπαιδευτικών τεχνολογιών, με συνδυαστική και αλληλοσυμπληρούμενη αξιοποίησή τους, στα πλαίσια ενός ενιαίου συνθετικού και ευέλικτου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, οδήγησε στο σχεδιασμό και τη

δημιουργία του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ, που προσφέρει ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον, που επιτρέπει /προτείνει τη μεταφορά της εκπαιδευτικής διαδικασίας, στο χώρο του εκπαιδευτικού εργαστηρίου, εξοπλισμένου με υπολογιστές.

### Περιγραφή

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ είναι ότι η εφαρμογή των τεχνολογικών λύσεων, σε όσο το δυνατόν περισσότερες δραστηριότητες της εκπαιδευτικής διαδικασίας, συνδυάζεται με την ύπαρξη ενιαίας εκπαιδευτικής μεθοδολογίας.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι αυτή που προτείνεται από το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο / πρότυπο, που αποτελεί εξέλιξη της ερευνητικής επιστημονικής μεθοδολογίας. Το ερευνητικά εξελισσόμενο πρότυπο μας επιτρέπει να σχηματοποιήσουμε την όποια εκπαιδευτική μας παρέμβαση, με ασφάλεια και να εξασφαλίσουμε την αποτελεσματικότητά της έχοντας ως κεντρικό καινοτομικό χαρακτηριστικό την αναδραστική πρακτική (την εργαστηριακή / πειραματική πρακτική στην περίπτωση των φυσικών επιστημών) από τους μαθητές και την εξαγωγή της θεωρίας ως αποτέλεσμα της ερευνητικής διαδικασίας.

Η χρηστική ευελιξία και η παιδαγωγική αποτελεσματικότητα των σύγχρονων εκπαιδευτικών τεχνολογιών, μας επιτρέπει να προτείνουμε / αντιμετωπίσουμε, τεχνολογικά και μεθοδολογικά, ενιαία και ολοκληρωμένα την εκπαιδευτική διαδικασία στις φυσικές επιστήμες. Η εκμετάλλευση των δυνατοτήτων άμεσης και δυναμικής χρήσης των τεχνολογικών εργαλείων από τους μαθητές, μετατρέπει όλες (κατά το δυνατόν) τις εκπαιδευτικές διαδικασίες σε πρακτικές / εργαστηριακές δραστηριότητες. Η διαμόρφωση της πρότασης επιτρέπει την επέκτασή της σε όσο το δυνατόν ευρύτερες θεματικές περιοχές των αναλυτικών προγραμμάτων (κατά αρχήν) των φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αλλά και της πρωτοβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Οι απαιτήσεις σε υλικοτεχνική υποδομή για την εφαρμογή της πρότασης βρίσκονται σε αντιστοιχία με τον εξοπλισμό που υπάρχει στα Ενιαία Λύκεια. Οι ασκήσεις που προτείνονται καλύπτουν ενότητες του αναλυτικού προγράμματος και υλοποιούνται με τη χρήση απλών υλικών, ιδιοκατασκευών και αισθητήρων, συνδεδεμένων με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην πολύμορφη χρήση των υλικών και των εργαστηριακών οργάνων και συσκευών, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ίδια σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό ασκήσεων.

Μέσω του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ μπορούμε και έχουμε:

- καθοδήγηση της διαδικασίας
- παρουσίαση του εκπαιδευτικού υλικού
- πειραματισμό
- ταυτοποίηση των μαθητών και των εκπαιδευτικών με διαφορετικά δικαιώματα χρήσης
- πολλαπλή καταγραφή των ιδεών, απόψεων, δραστηριοτήτων των μαθητών σε αρχεία: κειμένου, εικόνων ή γραφημάτων, ηχογραφημένων απαντήσεων και βίντεο
- δημιουργία προσωπικού φακέλου για κάθε μαθητή σε ψηφιακή μορφή (e\_portfolio)
- παρακολούθηση και αξιολόγηση από τους εκπαιδευτικούς της πορείας και των δραστηριοτήτων των μαθητών
- δημιουργία του εκπαιδευτικού υλικού σε μορφή ηλεκτρονικών φύλλων εργασίας που μπορούν, εάν απαιτείται, να εκτυπωθούν άμεσα και να δοθούν στους μαθητές
- προσαρμογή του υλικού στο αναλυτικό πρόγραμμα, αλλά και στις ανάγκες της κάθε τάξης
- πρόσβαση στο εκπαιδευτικό υλικό τοπικά ή και μέσω του Internet.

**Συνολικά,** Το ΟΛΟΤΕΧΝΟ επιτρέπει τη λειτουργική ένταξη των ψηφιακών τεχνολογιών σε όλα τα στάδια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, με ταυτόχρονη οργάνωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας με μια δομημένη και αποτελεσματική εκπαιδευτικά και επιστημονικά μέθοδο.

## **"Ο 1<sup>ος</sup> και 2<sup>ος</sup> Νόμος του Newton" στο ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών**

**Ματθαίος Πατρινόπουλος, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης**  
*Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,  
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών*  
[mpatrin@primedu.uoa.gr](mailto:mpatrin@primedu.uoa.gr), [kalkanis@primedu.uoa.gr](mailto:kalkanis@primedu.uoa.gr), <http://micro-kosmos.uoa.gr>

**Περίληψη.** Για να μπορέσουν να επιτευχθούν οι σύνθετοι στόχοι που έχουν τεθεί, για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, από τα ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα, θα πρέπει οι εκπαιδευτικές πρακτικές που θα εφαρμοστούν να βασίζονται σε δομημένη μεθοδολογία και να υποστηρίζονται από ερευνητικές ανακαλυπτικές δραστηριότητες των μαθητών. Το λογισμικό ΟΛΟΤΕΧΝΟ (ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών) προσφέρει ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον, που επεκτείνει τη χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών στο χώρο του εκπαιδευτικού εργαστηρίου των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και σε νέους ρόλους πέρα από την καταξιωμένη μέχρι σήμερα χρήση τους ως εργαλεία πειραματισμού, επεξεργασίας και παρουσίασης των πειραματικών δεδομένων, με χρήσεις που αφορούν τη διαχείριση του εκπαιδευτικού υλικού, την παρακολούθηση των δράσεων και των διαδικασιών που ακολουθούν οι μαθητές και προτείνει την μεταφορά του μεγαλύτερου μέρους της εκπαιδευτικής διαδικασίας στο χώρο του εκπαιδευτικού εργαστηρίου εξοπλισμένου με υπολογιστές. Ως παράδειγμα εφαρμογής παρουσιάζεται το εκπαιδευτικό υλικό που έχουμε δημιουργήσει για την διδασκαλία του 1ου και του 2ου Νόμου του Newton.

### **Εισαγωγή**

Σύμφωνα με τα ισχύοντα προγράμματα σπουδών για τις φυσικές επιστήμες, σκοποί της διδασκαλίας της Φυσικής στο Λύκειο εκτός από την προσέγγιση (ποιοτική, ποσοτική και πειραματική) των βασικών εννοιών και νόμων της φυσικής, είναι και η εξάσκηση των μαθητών στην παρατήρηση, περιγραφή, ερμηνεία και πρόβλεψη των φυσικών φαινομένων, η ανάπτυξη πρακτικών δεξιοτήτων και η καλλιέργεια νοητικών δεξιοτήτων για αντιμετώπιση προβλημάτων με κριτική και δημιουργική σκέψη (Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικής Λυκείου 1997). Για την επίτευξη των παραπάνω ως κύριο χαρακτηριστικό της ανάπτυξης της ύλης θεωρείται η πειραματική / εργαστηριακή ανάπτυξη της ύλης. Από αυτά τα προγράμματα προτείνονται για το λύκειο σαράντα πέντε εργαστηριακές ασκήσεις για τη φυσική της γενικής παιδείας και άλλες σαράντα έξι για τη θετική ή και την τεχνολογική κατεύθυνση, από τις οποίες θεωρούνται υποχρεωτικές οι είκοσι μία για την γενική παιδεία και δεκατρείς για τις κατευθύνσεις. Σχεδόν δέκα χρόνια από την συγγραφή αυτών των προγραμμάτων σπουδών και επτά από την εφαρμογή τους οι οδηγίες που δίνονται από το Υπουργείο Παιδείας (ΥΠΕΠΘ 2006) περιορίζουν τον ελάχιστο αριθμό των εργαστηριακών ασκήσεων σε οκτώ για τη γενική παιδεία και τρεις για τις κατευθύνσεις, γεγονός που ίσως υπαγορεύεται από την εφαρμοζόμενη πρακτική με βάση την οποία η διδασκαλία της φυσικής περιορίζεται στην από καθέδρας διδασκαλία και την επίλυση θεωρητικών ασκήσεων που περιγραφούν ιδανικά σώματα με εξαιρετικές ιδιότητες και δεν συνδέονται με την πραγματικότητα.

Η απαιτούμενη αλλαγή στις εφαρμοζόμενες πρακτικές δεν πρέπει να περιορίζεται στην επέκταση της εργαστηριακής πρακτικής σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος της διδακτέας ύλης. Ίσως η σημαντικότερη αλλαγή που θα πρέπει να γίνει είναι, η διαμόρφωση ασκήσεων που δεν θα έχουν απλώς επιβεβαιωτικό χαρακτήρα των φυσικών νόμων ή θα αποσκοπούν στη μέτρηση φυσικών ποσοτήτων με βάση τους νόμους που έχουν ήδη διδαχτεί οι μαθητές αλλά να έχουν ανακαλυπτικό χαρακτήρα και να οδηγούν στη διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν τα φυσικά φαινόμενα.

Οι ψηφιακές τεχνολογίες (ΨΤ) με την ανάπτυξη και τη διάδοσή τους έχουν επηρεάσει όλους τους τομείς της ζωής μας και τείνουν να οδηγήσουν σε αντίστοιχες αλλαγές και στην εκπαίδευση. Οι εφαρμογές των ψηφιακών τεχνολογιών πειραματισμού στο χώρο του εκπαιδευτικού εργαστηρίου των φυσικών επιστημών με κύριους εκπροσώπους τα συστήματα MBL ή συσκευές συγχρονικής λήψης απεικόνισης, έχουν επιτρέψει την διεύρυνση των ασκήσεων που μπορούν να υλοποιηθούν στο σχολικό εργαστήριο και την εξοικονόμηση χρόνου στοιχείο που επιτρέπει τον έλεγχο πολλαπλών παραμέτρων για κάθε φυσικό σύστημα. Ιδιαίτερα σημαντική για την εκπαίδευση είναι η δυνατότητα άμεσου απεικόνισης των πειραματικών δεδομένων και των εργαστηριακών παρατηρήσεων σε γραφικές αναπαραστάσεις συσχέτισης των μεγεθών.

### **Η πρότασή μας**

Οι προτάσεις που συνήθως συναντάμε για την εφαρμογή των ΨΤ στις ΦΕ περιορίζονται στην χρήση τους ως εργαλεία πειραματισμού για την υλοποίηση πειραμάτων πραγματικών ή εικονικών, προσομοιώσεων ή και στην εύρεση πληροφοριακού υλικού εργασίες που καλούνται να υλοποιήσουν οι μαθητές καθοδηγούμενοι από τους εκπαιδευτικούς άμεσα ή και με φύλλα εργασίας που καλούνται να συμπληρώσουν.

Το λογισμικό ΟΛΟΤΕΧΝΟ (Πατρινόπουλος 2006) μέσα από ένα δομημένο περιβάλλον, επιτρέπει την παρακολούθηση και καταγραφή των δράσεων των μαθητών σε όλη την πορεία της εκπαιδευτικής διαδικασίας μέσω της δημιουργίας ψηφιακών φακέλων για κάθε μαθητή (e\_ portfolio). Κάθε χρήστης (μαθητής φοιτητής) όταν εισέρχεται στο λογισμικό χρησιμοποιεί τον προσωπικό του κωδικό που εξασφαλίζει ότι οι δραστηριότητές του καταγράφονται στον φάκελό του ανάλογα με την ενότητα που έχει επιλέξει και με την πάροδο του χρόνου διαμορφώνουν ένα προφίλ του, αλλά επιτρέπουν και στον μαθητή να συγκρίνει τις απόψεις του κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η δυνατότητα του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ χρησιμοποιεί εκπαιδευτικό υλικό που βρίσκεται εγκατεστημένο τοπικά ή βρίσκεται στο διαδίκτυο, επιτρέπει την συνεχή ανανέωσή του ή την προσαρμογή του στις ανάγκες κάθε τάξης. Το εκπαιδευτικό υλικό με μορφή ιστοσελίδων (html) μπορεί να ενσωματώνει στατικές ή δυναμικές ιστοσελίδες με χρήση αρχείων πολυμέσων που το καθιστούν ιδιαίτερα ευέλικτο και θελκτικό για τους μαθητές, αλλά επιτρέπει και στους εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν νέες ενότητες ή να συμπληρώσουν και να διαμορφώσουν τις ήδη υπάρχουσες χωρίς να δεσμεύονται από τις επιλογές του όποιου συγγραφέα.

Η χρήση του πρωτοκόλλου HTML παρόλα τα πλεονεκτήματα που προσφέρει έχει και δεσμεύσεις που είτε προέρχονται από τις απαιτήσεις για ασφάλεια από τα προγράμματα ανάγνωσης που χρησιμοποιούμε (φυλλομετρητές-Browser) που εμποδίζουν το άνοιγμα ενεργών στοιχείων, αλλά και τη χρήση εξωτερικών προγραμμάτων και έχουν περιορισμένες δυνατότητες καταγραφής στοιχείων από τους χρήστες. Μέσα από το περιβάλλον του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ, το εκπαιδευτικό υλικό που έχει ελεγχθεί η αξιοπιστία του, μπορεί και να χρησιμοποιείται ανεμπόδιστα, ενώ δίνεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης εξωτερικών προγραμμάτων για την καταγραφή των δραστηριοτήτων των μαθητών σε μορφή κειμένου, σχεδίων – απεικονίσεων, ηχογραφήσεων και βιντεοσκοπήσεων που πραγματοποιούν στα πλαίσια του μαθήματος. Μέσα από το ΟΛΟΤΕΧΝΟ γίνεται η άμεση έναρξη των

προγραμμάτων λήψης, καταγραφής και απεικόνισης των πειραματικών δεδομένων που χρησιμοποιούμε.

Για να μπορέσει να υλοποιηθεί μια τέτοια πρόταση θα πρέπει να μεταφερθεί η διαδικασία στο χώρο του εργαστηρίου. Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες, με ιδανική σύνθεση των ομάδων τρεις μαθητές ανά ομάδα. Η πραγματοποίηση από τους μαθητές πραγματικών πειραμάτων είναι πολύ πιο ισχυρή εκπαιδευτικά σε σχέση με την παρακολούθηση εικονικών ή πραγματικών πειραμάτων από την οθόνη του υπολογιστή, για αυτό προτείνουμε και εφαρμόζουμε σχεδόν καθολικά την πραγματοποίηση πειραματικών διαδικασιών χωρίς να αποκλείουμε την συμπληρωματική παρουσίαση αναπαραστάσεων πειραμάτων και ειδικότερα προσομοιώσεων διαδικασιών του μικρόκοσμου που δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστούν αλλιώς.

Μια πρόταση - την οποία σε καμία περίπτωση δεν θεωρούμε δέουσα - για τις περιπτώσεις που δεν υπάρχει ο απαιτούμενος εξοπλισμός στην πολλαπλότητα που θα επιθυμούσαμε, η πειραματική διαδικασία πραγματοποιείται από μια ομάδα μαθητών και τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας μέσω βίντεο - προβολέα (που έχει σταλεί σε όλα τα λύκεια) να παρουσιάζονται έτσι ώστε όλοι οι μαθητές να μπορούν να τα παρακολουθήσουν και σχολιάζουν. Η ομάδα που εκτελεί την πειραματική άσκηση, είναι διαφορετική κάθε φορά και έχει να ενημερωθεί από πριν ενώ ταυτόχρονα οι άλλες ομάδες / μαθητές εργάζονται στους υπολογιστές τους.

Για την επιτυχία μιας τέτοιας πρότασης είναι απαραίτητη η αλλαγή των εκπαιδευτικών πρακτικών οι εκπαιδευτικοί έχουν το ρόλο του συντονιστή και του συζητητή, με τους μαθητές να αναλαμβάνουν ενεργό ρόλο προσπαθώντας με βάση τις παρατηρήσεις τους από την πειραματική διαδικασία να διερευνήσουν του φυσικούς νόμους και να ελέγξουν τις παραμέτρους που επηρεάζουν το σύστημα.

Η οργάνωση του εκπαιδευτικού υλικού είναι καθοριστική για την καθοδήγηση της διδασκαλίας και την επίτευξη των γνωστικών στόχων κάθε ενότητας. Η χρήση του Ερευνητικά Εξελισσόμενου μοντέλου / πρότυπου και πορεία που μπορεί να εξελίσσεται σε συγκεκριμένα στάδια με χρονική συνέχεια και συνέπεια. «... Η επιλογή του ερευνητικά εξελισσόμενου προτύπου εξυπηρετεί ... την -κατά προτίμηση- ανάπτυξη της γνώσης των διαδικασιών αντί της ανάπτυξης της γνώσης των εννοιών.» (Καλκάνης 2002) για να μπορούμε να ελπίζουμε στην ανάπτυξη από τους μαθητές δεξιοτήτων εκμάθησης και κατανόησης νέων εννοιών.

Θα μπορούσαμε να σχηματοποιήσουμε τα βασικά βήματα που μπορεί να ακολουθήσει η ερευνητική / επιστημονική μέθοδος, ανεξάρτητα της θεματικής ή του αντικειμένου που μελετώνται :

1. Έναυσμα Ενδιαφέροντος
2. Διατύπωση Υποθέσεων
3. Πειραματισμός
4. Διατύπωση Θεωρίας / Συμπερασμάτων
5. Συνεχής Έλεγχος (Επιβεβαίωση ή Διάψευση) / Γενίκευση (Καλκάνης 2002)

### **Παρουσίαση εφαρμογών**

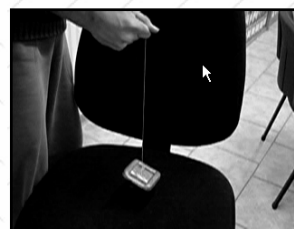
Δείγμα των δυνατοτήτων που παρουσιάζει η δόμηση του εκπαιδευτικού υλικού σύμφωνα με το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο και στα πλαίσια των δυνατοτήτων που μας δίνει το ΟΛΟΤΕΧΝΟ αποτελεί η ενότητα που αναφέρεται στην μελέτη του 1<sup>ου</sup> και του 2<sup>ου</sup> Νόμου του Newton και οι οθόνες του εκπαιδευτικού υλικού που έχουν σχεδιαστεί για αυτή παρουσιάζονται στις επόμενες σελίδες.

Τα εναύσματα αποσκοπούν στην πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών. Σε αυτή την ενότητα ως εναύσματα, χρησιμοποιούμε τρία βίντεο, τα δύο που παρουσιάζουν απλά πειράματα τα οποία ζητάμε από τους μαθητές να επαναλάβουν.

Εικόνες 1 -3: Σελίδες Εναυσμάτων

### 2ο Έναυσμα

Παρατηρήστε την διαφοροποίηση στο σύστημα, όταν τραβάμε το νήμα αργά και στη συνέχεια απότομα.



### 3ο Έναυσμα

Στο παρακάτω βίντεο βλέπουμε τους νεαρούς, να προσπαθούν να σπρώξουν ένα αυτοκίνητο, παρατηρήστε την προσπάθειά τους.



Το τρίτο έναυσμα είναι ένα βίντεο που έχουμε τραβήξει με μαθητές μας και παρουσιάζει τη μεταβολή της κίνησης ενός αυτοκινήτου όταν αλλάξει η συνολική δύναμη που ασκούμε σε αυτό.

### Υποθέσεις

- Υ<sub>1</sub> Σε ένα φύλλο του χαρτιού, τοποθετήστε ένα άλλο μικρό κομμάτι χαρτί, και επαναλάβετε το πείραμα που περιγράφεται στο πρώτο έναυσμα. Τι παρατηρήτε;
- Υ<sub>2</sub> Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί όταν ο μαθητής τραβάει σηκώνει σιγά - σιγά το νήμα μπορεί και το σηκώνει το βαριδί ενώ όταν προσπαθεί να το κάνει γρήγορα, σπάει το νήμα.
- Υ<sub>3</sub> Γιατί, όσο αυξάνεται ο αριθμός των ανθρώπων που σπρώχνουν το αυτοκίνητο, στο βίντεο του τρίτου εναύσματος, επιτυγχάνεται η πιο γρήγορη κίνησή του;
- Υ<sub>4</sub> Σχεδιάστε (ποιοτικά) τις δυνάμεις που ασκούν οι νεαροί στο αυτοκίνητο και τη συνολική δύναμη που ασκείται σε αυτό.
- Υ<sub>5</sub> Αν από το εμπρός μέρος του αυτοκινήτου ένας, ακόμη, νεαρός έσπρωχνε προς τα πίσω τι διαφοροποίηση θα είχαμε στο τελικό αποτέλεσμα;
- Υ<sub>6</sub> Αν μέσα στο αυτοκίνητο καθόντουσαν μερικοί επιβάτες πώς θα επηρεάζονταν η κίνησή του;
- Υ<sub>7</sub> Αν αντί για ένα αυτοκίνητο, οι νεαροί έσπρωχναν ένα κιβώτιο με την ίδια μάζα, με το αυτοκίνητο ποιο θα ήταν το τελικό αποτέλεσμα; Σε αυτή την περίπτωση τι θα συνέβαινε αν ένας νεαρός έσπρωχνε το κιβώτιο από το πλάι;

Εικόνα 4: Σελίδα Υποθέσεων

Ο προβληματισμός για το συγκεκριμένο θέμα, όπως έχει προκύψει από την πρόκληση που έχει τεθεί από το έναυσμα και η συζήτηση οδηγεί στη διατύπωση – καταρχήν– υποθέσεων για τα αίτια, αρχές λειτουργίας και τις παραμέτρους που το επηρεάζουν – ή που επηρεάζονται από αυτό. Η προσέγγιση αυτή συνίσταται να γίνεται μέσω της αλληλεπίδρασης των μαθητών με συζήτηση και προβληματισμό.

Η σχηματοποίηση των υποθέσεων σε αυτή την ενότητα γίνεται μέσω παραγωγικών ερωτήσεων και επιδιώκουν οδηγήσουν σε συσχετίσεις της δύναμης, με την επιτάχυνση και τη μάζα των σωμάτων μέσω πολλαπλών προσεγγίσεων και ζητούν από τους μαθητές να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους με

μορφή αρχείων κειμένου ή να σχεδιάσουν τα σώματα που μελετάμε και τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά. Οι ερωτήσεις αυτές θα διερευνηθούν κατά την πειραματική διαδικασία.

Η ερευνητική διαδικασία από / για τους μαθητές / φοιτητές μπορεί να συνδυάζει την πειραματική πρακτική, με τη διερευνητική εργασία είτε επί του πεδίου

είτε από τη βιβλιογραφική αναζήτηση είτε ακόμα με την επαφή με φορείς ειδικούς ή ότι άλλο θεωρήσουμε κατάλληλο ανάλογα με τη θεματική που επιθυμούμε να προσεγγίσουμε.

Η πειραματική διαδικασία είναι προσαρμοσμένη στην ηλικία και στις ικανότητες των μαθητών, ξεκινώντας από πειραματικές διαδικασίες στις οποίες οι μαθητές παρατηρούν τις διαδικασίες / μεταβολές / καταστάσεις με έμφαση στις πιο μικρές ηλικίες στην ποιοτική περιγραφή φαινομένων, ενώ για μεγαλύτερους σε ηλικία μαθητές οι διαδικασίες μεταβαίνουν σε πιο ποσοτικοποιημένες προσεγγίσεις που περιλαμβάνουν τη λήψη μετρήσεων, την επεξεργασία τους, μέσω πιο ποσοτικών και μαθηματικοποιημένων προσεγγίσεων, την αξιολόγηση των δεδομένων και τελικά την επιλογή και τη σύνθεσή τους.

Επειδή οι ασκήσεις που απαιτούνται για αυτή την ενότητα παρουσιάζουν αυξημένη δυσκολία δυσκολία στην εκτέλεση και απαιτείται η απάντηση περισσότερων ερωτήσεων, θα πρέπει να υπάρξει καλή οργάνωση της τάξης ή αν το θεωρήσει σκόπιμο ο εκπαιδευτικός της τάξης να γίνει σε δύο μαθήματα με περισσότερες επαναλήψεις σε κάποιες από τις διαδικασίες.

## Εικόνες 6 –7: Σελίδες Πειραματισμού


### Πειραματισμός

Στη προηγούμενη ενότητα γνωρίσαμε την δύναμη, τα αποτελέσματα της άσκησης περισσότερων από μία δυνάμεων ίδιας διεύθυνσης στο ίδιο σώμα και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ δύο σωμάτων.

Είδαμε ότι οι δυνάμεις αποτελούν το κοινό αίτιο παραμόρφωσης ενός σώματος ή αλλαγής της κινητικής του κατάστασης και καταλήξαμε στον 3ο Νόμο του Newton που μας δίνει τη σχέση των δυνάμεων μεταξύ δύο σωμάτων που αλληλεπιδρούν.


Στον πειραματισμό που ακολουθεί θα προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την μεταβολή της κινητικής κατάστασης ενός σώματος και της συνισταμένης των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό.


Η πειραματική διαδικασία με απλά υλικά και αισθητήρες συνδεδεμένους σε ηλεκτρονικό υπολογιστή θα μας επιτρέψει να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά της δύναμης ως φυσικού μεγέθους τα αποτελέσματα της εφαρμογής περισσότερων από μίας δύναμης σε ένα σώμα.

Για τη λήψη των μετρήσεων μπορείτε είτε να χρησιμοποιήσετε έτοιμες δραστηριότητες (μπορείτε να βρείτε έτοιμη την αντίστοιχη δραστηριότητα αν ανοίξετε το πρόγραμμα Coach στο φάκελο "Πολυμορφικές Εργαστηριακές Ασκήσεις" και επιλέξετε τη δραστηριότητα "Δύναμη 4" ) είτε να τις δημιουργήσετε μόνοι σας αρκετά εύκολα (αν χρειάζεστε αναλυτικές οδηγίες για το πρόγραμμα μετρήσεων πατήστε στο εικονίδιο [Αισθητήρες](#)).

Σε περίπτωση που δεν έχετε στη διάθεση σας αισθητήρες δύναμης, μπορείτε να πραγματοποιήσετε κάποια από τα πειράματα που περιγράφονται χρησιμοποιώντας δυναμόμετρα με ελατήριο.



Υ<sub>8</sub> ● Μπορείτε να περιγράψετε πως κινείται το τρένο μέσα στο οποίο βρίσκεται η κυρία του διπλανού σχήματος. 

Υ<sub>9</sub> ● Πώς μας βοηθούν να προστατευτούμε, οι ζώνες ασφαλείας και οι αερόσακοι στα αυτοκίνητα; 





Εικόνα 5: Συνέχεια σελίδας υποθέσεων

### 1ο Πείραμα


Από το άκιστρο του αισθητήρα δύναμης ή του δυναμόμετρου κρεμάστε ένα πλαστικό ποτηράκι με μερικά βαράδια. Αρχίστε να σηκώνετε και να κατεβάζετε το σύστημα στην αρχή με σταθερή ταχύτητα και στη συνέχεια κινούμενοι με μεταβλητή ταχύτητα.


Στο πρόγραμμα Coach ανοίξτε τη δραστηριότητα "Δύναμη 4"

Π<sub>1α</sub> ● Η τιμή της δύναμης που εμφανίζεται κρατάμε ακίνητο το σώμα με τι είναι ίση; 


Π<sub>1β</sub> ● Όταν το σύστημα κινείται με σταθερή ταχύτητα μεταβάλλεται η τιμή της δύναμης σε σχέση με αυτή που μετρήσαμε όταν ήταν ακίνητο; 

Π<sub>1γ</sub> ● Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα και υπολογίστε τη συνισταμένη των δυνάμεων. 

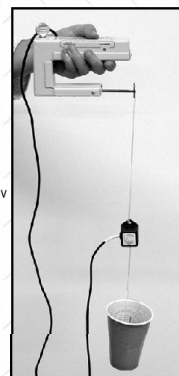
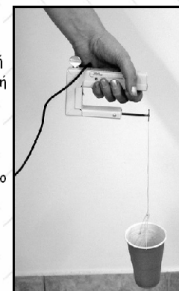
Π<sub>1δ</sub> ● Από το διάγραμμα δύναμης - χρόνου συσχετίστε τα χρονικά διαστήματα στα οποία μεταβάλλεται η δύναμη με τις αλλαγές στην κίνηση του; 

Π<sub>1ε</sub> ● Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα σε αυτή την περίπτωση και προσδιορίστε την φορά της συνισταμένης των δυνάμεων. 

Τοποθετήστε το επιταχυνσιόμετρο πάνω στο νήμα και επαναλάβετε τη διαδικασία.

Π<sub>1η</sub> ● Από το κοινό διάγραμμα δύναμης - χρόνου και επιτάχυνσης - χρόνου μπορείτε να συσχετίσετε τα χρονικά διαστήματα στα οποία έχουμε την μεταβολή της δύναμης με την μεταβολή της επιτάχυνσης κατά την κίνηση του ποτηριού; 

Σημείωση: Είναι πιθανόν το επιταχυνσιόμετρο όταν τοποθετηθεί κάθετα και είναι ακίνητο καταγράψει μια σταθερή τιμή της επιτάχυνσης διαφορετική του μηδενός. Αυτό είναι κατασκευαστικό στοιχείο του και η ένδειξη που δίνει είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, μπορείτε να το αντιμετωπίσετε αν κατά την δημιουργία του διαγράμματος επιλέξετε η τιμή της επιτάχυνσης που εμφανίζεται να είναι αυτή που έχουμε μετρήσει μείων την τιμή της επιτάχυνσης που έχουμε στη θέση ισορροπίας ή χρησιμοποιήστε τις τιμές του διαγράμματος που έχουμε στη δραστηριότητα που προτείνεται.



**Εικόνες 8 –11: Σελίδες Πειραματισμού**

**2ο Πείραμα**

Στη μια πλευρά δύο αμαξιδίων τοποθετήστε από έναν αισθητήρα δύναμης όπως φαίνεται στην εικόνα, έτσι ώστε τα ελασμάτα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της δύναμης να προεξέχουν, στα αμαξίδια μπορείτε να τοποθετήσετε και από ένα επιταχυνσιόμετρο

Τοποθετήστε το ένα αμαξίδιο πάνω στο τραπέζι ή τον εργαστηριακό πάγκο. Σπρώξτε το αμαξίδιο προς ένα ακλόνητο εμπόδιο, θα πρέπει το ένα άκρο του που βρίσκεται ο αισθητήρας δύναμης να συγκρούεται με το εμπόδιο, ενώ το άλλο του άκρο να βρίσκεται απέναντι από έναν αισθητήρα απόστασης.

Ανοίξουμε το πρόγραμμα Coach επιλέγουμε τη δραστηριότητα "Δύναμη 6"

Σπρώξτε το αμαξίδιο προς το εμπόδιο και καταγράψτε, κατά τη σύγκρουση, τη δύναμη και την επιτάχυνση σε κοινό διάγραμμα. (Πιθανόν να χρειαστεί να εστιάσετε στο χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα της κρούσης.)



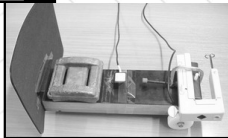
Π<sub>2α</sub> Πώς συσχετίζονται αυτές οι τιμές;

Επαναλάβετε το πείραμα σπρώχνοντας με διαφορετική ταχύτητα το αμαξίδιο.

Π<sub>2β</sub> Τι παρατηρείτε για τις τιμές της δύναμης και της επιτάχυνσης;

Επαναλάβετε τη διαδικασία προσθέτοντας μερικά βάρη πάνω στο αμαξίδιο.

Π<sub>2γ</sub> Τι αλλάζει σε αυτή την περίπτωση στη σχέση δύναμης και επιτάχυνσης;



**3ο Πείραμα**

Στο άκρο δύο αμαξιδίων τοποθετήστε από έναν αισθητήρα δύναμης έτσι ώστε τα ελασμάτα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της δύναμης να προεξέχουν, όπως είχαμε κάνει και στο προηγούμενο πείραμα, ακόμα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και επιταχυνσιόμετρα τοποθετημένα στα αμαξίδια. Στα άκρα του πάγκου τοποθετήστε δύο αισθητήρες απόστασης σε απόσταση περίπου 50 cm από τα αμαξίδια. (Αν η κονσόλα σας διαθέτει μόνο μια ψηφιακή είσοδο για αισθητήρα απόστασης μπορείτε να χρησιμοποιήσετε διακλαδωτήρα).



Π<sub>3α</sub> Ζυγίστε τα αμαξίδια κρεμώντας τα από τον αισθητήρα δύναμης και καταγράψτε τις τιμές που βρίσκете.

Τοποθετήστε τα αμαξίδια πάνω στο τραπέζι ή έτσι ώστε να συγκρουστούν στο σημείο που βρίσκονται οι αισθητήρες δύναμης και το άλλο άκρο τους να είναι απέναντι από τον αισθητήρα απόστασης.

Ανοίξτε το πρόγραμμα Coach και επιλέξτε τη δραστηριότητα "Δύναμη 7"

Βάλτε τα αμαξίδια να συγκρουστούν σπρώχνοντας αρχικά μόνο το ένα και στην συνέχεια και τα δύο έτσι ώστε να συγκρουστούν.

Π<sub>3β</sub> Συγκρίνετε τις τιμές της δύναμης που καταγράφουν οι δύο αισθητήρες δύναμης

Π<sub>3γ</sub> Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στα δύο αμαξίδια κατά τη σύγκρουσή τους.

Π<sub>3δ</sub> Κατά τη σύγκρουση των δύο αμαξιδίων ποια είναι η μεταβολή στην ταχύτητά τους;

Π<sub>3ε</sub> Πώς συνδέονται οι τιμές που καταγράφουν, οι αισθητήρες επιτάχυνσης στα δύο αμαξίδια τι σχέση έχουν;

Τοποθετήστε ένα βαριδί στο ένα αμαξίδιο και επαναλάβετε.

Π<sub>3ζ</sub> Συγκρίνετε τις νέες τιμές των μεγεθών που εξετάσαμε παραπάνω και για τα δύο αμαξίδια

Οι υπολογισμοί που απαιτούνται γίνονται με χρήση control Active X που έχουν δημιουργηθεί από το Excel.

Η συμπλήρωση των τιμών στα δύο πρώτα κελιά μας δίνει την τιμή της επιτάχυνσης όπως προκύπτει με εφαρμογή της θεωρίας, που

**Συνέχεια 2ου Πειράματος**

Η ορμή είναι το φυσικό διανυσματικό μέγεθος που έχει μέτρο ίσο με τη μάζα του σώματος επί την ταχύτητά του και διεύθυνση αυτή της ταχύτητας.

Η μάζα των σωμάτων υπολογίζεται αν διαρέσουμε την τιμή του βάρους των αμαξιδίων που βρήκαμε με την ζύγιση των σωμάτων προς την επιτάχυνση της βαρύτητας (μπορεί με αρκετά καλή προσέγγιση να θεωρηθεί ίση με 9,8 m/s<sup>2</sup>).

Π<sub>2ζ</sub> Ζυγίστε το αμαξίδιο κρεμώντας το από τον αισθητήρα δύναμης και καταγράψτε την τιμή που βρίκατε.

Π<sub>2ε</sub> Υπολογίστε την μάζα των σωμάτων.

Ορίστε μια φορά κίνησης ως θετική και την αντίθετη της ως αρνητική.

Με βάση τις τιμές της μάζας που υπολογίσαμε παραπάνω και της ταχύτητας από το διάγραμμα ταχύτητας - χρόνου υπολογίστε την ορμή του αμαξιδίου πριν και μετά την κρούση.

Με βάση τη γενικότερη διατύπωση του 2ου νόμου του Newton, η δύναμη ορίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της ορμής :

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Π<sub>2γ</sub> Χρησιμοποιώντας τις τιμές της ορμής που υπολογίσαμε παραπάνω και του χρόνου που διήρκεσε η κρούση υπολογίστε μεταβολή της ορμής του αμαξιδίου  $p$  και τη μέση δύναμη  $F$  που ασκήθηκε στο σώμα κατά την σύγκρουσή του με τον τοίχο.

Π<sub>2η</sub> Συγκρίνετε την τιμή της δύναμης που υπολογίσατε από την προηγούμενη σχέση με την τιμή της δύναμης που κατέγραψε ο αισθητήρας δύναμης, που πιστεύετε ότι οφείλετε η οποία διαφοροποίηση;

Π<sub>2θ</sub> Επαναλάβετε τοποθετώντας μερικά βαριδιά στο αμαξάκι. Τι αλλάζει στις μετρήσεις των μεγεθών που υπολογίσατε;



**4ο Πείραμα**

Για το πείραμα αυτό θα χρησιμοποιήσουμε την ίδια διάταξη που είχαμε φτιάξει στο δεύτερο πείραμα της μελέτης της επιτάχυνσης.



Η διάταξη αποτελείται από μια τροχαλία στερεωμένη στο άκρο του τραπεζιού μέσα από την οποία περνάει ένα νήμα που το ένα του άκρο το συνδέουμε με το αμαξίδιο και το άλλο το δένουμε σε ένα πλαστικό ποτηράκι, μέσα στο οποίο βάζουμε βαριδιά.

Πάνω στο αμαξάκι στερεώνουμε τον αισθητήρα επιτάχυνσης έτσι ώστε ο άξονας στον οποίο γίνονται οι μετρήσεις να ταυτίζεται με τον άξονα κίνησης του σώματος.

Π<sub>4α</sub> Ανοίγουμε το πρόγραμμα Coach επιλέγουμε τη δραστηριότητα "Δύναμεις 3"

Π<sub>4β</sub> Με τον αισθητήρα δύναμης ζυγίζουμε το καρτσάκι και καταγράφουμε την ένδειξη στην πρώτη στήλη πίνακα που ακολουθεί.

Π<sub>4γ</sub> Εκτελούμε το πείραμα καταγράφοντας την επιτάχυνση του συστήματος για διάφορες τιμές του βάρους.

Π<sub>4δ</sub> Ποια σχέση έχει η τιμή που εξάγεται από τον πίνακα με βάση τις τιμές του βάρους και της τιμής της επιτάχυνσης που έχουμε από τον αισθητήρα;

Π<sub>4ε</sub> Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα.

	A	B	C	D	E
1	Βάρος Αμαξιδίου	Βάρος ποτηριού	Ολική μάζα = αλ.βάρους/	Βάρος ποτηριού με βαριδιά	Επιτ. που μετρήσαμε
2	Σε (N)	με βαριδιά (N)	επιτ. της βαρύτητας (g)	Ολική μάζα	
3			0,00	0,00	
4			0,00	0,00	
5			0,00	0,00	
6			0,00	0,00	
7			0,00	0,00	
8			0,00	0,00	
9			0,00	0,00	
10			0,00	0,00	

**Υπόμνημα για τον πίνακα**

Πάνω στο καρτσάκι τοποθετούμε διάφορα αντικείμενα (βαριδιά ή βιβλία) τα οποία έχουμε πρώτα ζυγίσει ή αλλάζουμε τον αριθμό των βαριδιών στο ποτηράκι.

Π<sub>4ζ</sub> Επαναλαμβάνουμε το πείραμα και σημειώνοντας τις τιμές που προκύπτουν, καταγράφοντας στην πρώτη στήλη του πίνακα το συνολικό βάρος του ποτηριού ΑΛΛΑ ΜΟΝΟ την ένδειξη της δύναμης που ασκείται από το ποτήρι στο αμαξίδιο και στο συνολικό βάρος θα λαμβάνουμε υποψη μας μόνο αυτό του αμαξιδίου.

Π<sub>4η</sub> Τι παρατηρείτε;

Εναλλακτικά η παραπάνω διαδικασία μπορεί να απλοποιηθεί αν στο αμαξίδιο τοποθετήσουμε τον αισθητήρα δύναμης και στο άκρο του συνδέσουμε το νήμα από το οποίο κρεμάται το ποτηράκι τότε δεν απαιτείται να καταγράφουμε το βάρος του ποτηριού ΑΛΛΑ ΜΟΝΟ την ένδειξη της δύναμης που ασκείται από το ποτήρι στο αμαξίδιο και στο συνολικό βάρος θα λαμβάνουμε υποψη μας μόνο αυτό του αμαξιδίου.



συγκρίνουμε άμεσα με την τιμή που μετρήσαμε πειραματικά. Με αφορμή αυτή τη σύγκριση μπορούμε να κάνουμε συζήτηση στην τάξη για τα πειραματικά σφάλματα και τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη μέτρηση και να θέσουμε τους μαθητές σε διαδικασία διερεύνησης μεθόδων ελάττωσής τους.

Τα υλικά που απαιτούνται για όλες αυτές τις διαδικασίες είναι: Ηλεκτροκίνητο αμαξάκι (π.χ. ένα παιδικό τρενάκι), εργαστηριακό αμαξάκι, ένα κομμάτι χαρτόνι, τροχαλία, νήμα, μερικά βαρίδια, σφιγκτήρας τύπου C, ηλεκτρονικός υπολογιστής, κονσόλα διασύνδεσης ηλεκτρονικού υπολογιστή με αισθητήρες, αισθητήρας θέσης, αισθητήρας δύναμης, αισθητήρας επιτάχυνσης. Σε κάθε φάση της εφαρμογής προσφέρεται βοήθεια για τη χρήση των αισθητήρων και του υλικού που χρησιμοποιούμε.

Η επεξεργασία, η αξιολόγηση, η επιλογή και η σύνθεση του συγκεντρωθέντος υλικού, των πειραματικών παρατηρήσεων, των μετρήσεων και των δεδομένων οδηγεί στη διατύπωση και την καταγραφή των συμπερασμάτων που προκύπτουν από αυτή. Η διαδικασία αυτή σε συνδυασμό με τις καταγεγραμμένες υποθέσεις των μαθητών αποτελεί διαδικασία αυτοελέγχου και συνειδητοποίησης της γνωστικής τους πορείας.

Για τον έλεγχο των συμπερασμάτων των μαθητών και για την παρουσίαση της θεωρίας και του συμβολισμού που δεν είναι δυνατόν να παράγουν οι μαθητές σε επόμενη των συμπερασμάτων σελίδα παρουσιάζονται δομημένα τα στοιχεία της θεωρίας.

### Εικόνες 12 –13: Σελίδες Συμπερασμάτων

Συμπεράσματα	Συνολικά
<p>Σ<sub>1</sub> Όταν το σύστημα είναι ακίνητο ή κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα, με τι ισούται η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό:</p>	<p>Οι δυνάμεις είναι τα αίτια στα οποία οφείλεται παραμόρφωση των σωμάτων ή και η μεταβολή στην κινητική τους κατάσταση.</p>
<p>Σ<sub>2</sub> Για να κινηθεί ένα αρχικά ακίνητο σώμα, ποια πρέπει να είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό:</p>	<p>Η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος για να προσδιοριστεί απαιτείται να γνωρίζουμε εκτός από το μέτρο της, τη διεύθυνση, τη φορά της (κατεύθυνση) αλλά και το σημείο εφαρμογής της.</p>
<p>Σ<sub>3</sub> Ένα σώμα κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα, πόση είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό:</p>	<p>Το σύμβολο για την δύναμη είναι το <b>F</b> (από το Force)</p>
<p>Σ<sub>4</sub> Μπορείτε να συσχετίσετε την ύπαρξη και την τιμή της επιτάχυνσης με την μεταβολή της συνισταμένης δύναμης:</p>	<p>Η μονάδα δύναμης στο SI είναι το 1 Newton (1N) προς τιμή του Isaac Newton και ισούται με 1 [kg·m/s<sup>2</sup>].</p>
<p>Σ<sub>5</sub> Σχεδιάστε (ποιοτικά) τις δυνάμεις που ασκούνται στο αμαξίδιο του δεύτερου πειράματος και την επιτάχυνση που αποκτά:</p>	<p>Ο <b>1ος Νόμος του Newton</b> ή νόμος της αδράνειας εκφράζει την τάση των σωμάτων να διατηρούν την αρχική κατάσταση της κίνησής τους:</p>
<p>Σ<sub>6</sub> Αν ασκήσουμε την ίδια συνολική δύναμη σε δύο σώματα διαφορετικής μάζας πως θα διαφοροποιηθεί η τιμή της επιτάχυνσής τους:</p>	<p>"Ένα σώμα που ηρεμεί, παραμένει σε ηρεμία και ένα σώμα που κινείται, συνεχίζει να κινείται με σταθερή ταχύτητα, εκτός αν επδράσει πάνω του εξωτερική δύναμη."</p>
<p>Σ<sub>7</sub> Προσπαθήστε να καταλήξετε σε μια σχέση που θα συνδέει τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα και την επιτάχυνση που αποκτά:</p>	<p>Ο <b>2ος Νόμος του Newton</b> συσχετίζει την συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα με την επιτάχυνση και τη μάζα του σώματος:</p>
<p>Σ<sub>8</sub> Αν μεταβάλουμε την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης πώς θα μεταβληθεί η επιτάχυνσή του:</p>	<p>"Όταν σε ένα σώμα σταθερής μάζας δρα μια δύναμη προσδίδει σε αυτό επιτάχυνση που έχει τη φορά της δύναμης και μέτρο αντιστρόφως ανάλογο προς τη μάζα του σώματος."</p>
<p>Σ<sub>9</sub> Γιατί όταν βρισκόμαστε όρθιοι σε ένα όχημα που επιταχύνεται ή επιβραδύνεται κινδυνεύουμε να πέσουμε:</p>	<p>Η δύναμη ορίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της ορμής:</p> $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ <p>ή για ένα σύστημα σταθερής μάζας δίνεται από τη σχέση και είναι γνωστή ως δεύτερος νόμος του Newton</p> $F = ma$ <p>Η δύναμη που προκαλεί την ελαστική παραμόρφωση ενός ελατηρίου δίνεται από τον νόμο του Hooke και ισούται με:</p> $F = kx$

Μετά τη διατύπωση των συμπερασμάτων γίνεται προσπάθεια εφαρμογής τους και σε άλλες παρόμοιες διαδικασίες και φαινόμενα του φυσικού μας κόσμου και συσχετισμού τους και με άλλες παρατηρήσεις / φαινόμενα / συμπεράσματα ώστε με τη σύνθεσή τους να προκύψει η γενικότερη δυνατή θεωρία περιγραφής και ερμηνείας τους. Επιλογή θεμάτων στα οποία μπορεί να υπάρξει εφαρμογή να γίνει μέσα από θέματα της σύγχρονης ζωής και της τεχνολογίας ή οτιδήποτε Η διαδικασία αυτή διευκολύνει την εμπέδωση, γιατί μέσα από τη συσχέτιση με άλλες καταστάσεις και γεγονότα επιτυγχάνεται η ενδυνάμωση της γνώσης και η άμεση ανάκλησή της όποτε απαιτηθεί.

Στην συγκεκριμένη ενότητα οι γενικεύσεις που προτείνουμε αναφέρονται στις ζώνες ασφαλείας των αυτοκινήτων και παραπομπή στο λογισμικό «Ανακαλύπτω τις Μηχανές».

## Εικόνες 14 –15: Σελίδες Γενικεύσεων

## Γενικεύσεις

Χρειάζεται να χρησιμοποιούμε τη ζώνη ασφαλείας:

Ο βασικότερος τρόπος πρόληψης των βαριών συνεπειών των τροχαίων ατυχημάτων είναι η σωστή χρήση της ζώνης ασφαλείας και για τα μικρά παιδιά του παιδικού καθίσματος αυτοκινήτου.

Έχει υπολογιστεί ότι οι ζώνες ασφαλείας και τα παιδικά καθίσματα αυτοκινήτου, όταν χρησιμοποιούνται σωστά, μειώνουν κατά 70% τον κίνδυνο θανάτου ή σοβαρού τραυματισμού σε παιδιά ηλικίας κάτω των 5 ετών και κατά 60% σε μεγαλύτερους.

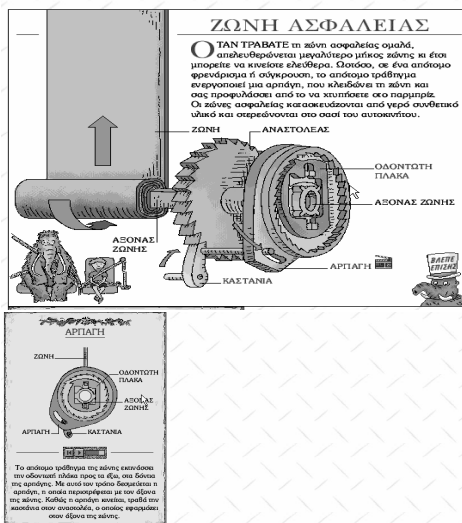
Η δύναμη που δεχόμαστε σε μια σύγκρουση με μέτρια ταχύτητα με ακίνητο εμπόδιο ή άλλο αυτοκίνητο μπορεί να είναι μέχρι 30 φορές μεγαλύτερο από το βάρος μας, δηλαδή ένας άνθρωπος με βάρος 80kg δεχεται δύναμη που μπορεί να φτάσει και τα 24000 N.

Έχει βρεθεί ότι ο οδηγός αντιδρά καλύτερα σε μια δύσκολη στιγμή, εάν ο ίδιος είναι δεμένος με τη ζώνη ασφαλείας και ξέρει ότι και οι συνεπιβάτες του είναι δεμένοι με ασφάλεια.

Πολλοί γονείς θεωρούν ότι με το να κρατάνε το μωρό τους στην αγκαλιά το προστατεύουν, όμως ακόμη και σε σύγκρουση μέτριας βαρύτητας, αν το παιδί κρατιέται στην αγκαλιά, μπορεί:

- να εκσφενδονιστεί μέσα ή έξω από το αυτοκίνητο,
- να λειτουργήσει σαν "αερόσακος" για τον ενήλικα που το κρατάει, με αποτέλεσμα βαρύτερες αμμητικές κακώσεις.

Πώς λειτουργούν οι ζώνες ασφαλείας; (από το CD "Ανακαλύπτω τις Μηχανές")



Η σωστή εφαρμογή της ζώνης ασφαλείας του αυτοκινήτου απαιτεί:

- Η ζώνη να περνάει πάνω από τον ώμο, το διαγώνιο τμήμα της ζώνης να περνάει στη μέση της απόστασης από το λαιμό μέχρι την ακμή του ώμου και κατά μήκος του στήθους (η κλειδα είναι αρκετά δυνατή για να αντέξει τις δυνάμεις της σύγκρουσης ενώ οι πλευρές μπορούν εύκολα να σπάσουν προκαλώντας βλάβες στα εσωτερικά όργανα).

## Συμπεράσματα

Το λογισμικό ΟΛΟΤΕΧΝΟ αποτελεί μια πρόταση που φιλοδοξεί να μεταφέρει την εκπαιδευτική διαδικασία στο χώρο εκπαιδευτικού εργαστηρίου με πολλαπλές δυνατότητες για τον εκπαιδευτικό και το μαθητή. Όμως προκύπτουν ερωτήματα για την εφικτότητα της εφαρμογής μιας τέτοιας πρότασης.

Η περιορισμένη εφαρμογή της πειραματικής διαδικασίας όπως γίνεται σήμερα στα σχολεία μας έρχεται σε αντίθεση με την καταγεγραμμένη αντίληψη (Γλαμπεδάκης 2002) των καθηγητών του κλάδου ΠΕ4 που η συντριπτική τους πλειοψηφία πιστεύει στην αναγκαιότητα της εργαστηριακής άσκησης στα μαθήματα των ΦΕ και ένα σημαντικό ποσοστό τους θεωρεί ότι πρέπει να καλύπτεται εργαστηριακά όλη η ύλη. Παράλληλα στις περισσότερες περιπτώσεις το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού που απαιτείται (H/Y, συστήματα αισθητήρων και απτήρων) υπάρχει στα σχολεία που όμως για διάφορους λόγους μένει ανεκμετάλλευτος ή χρησιμοποιείται ελάχιστα. Σημαντικά προβλήματα είναι η έλλειψη χρόνου για την κάλυψη της ύλης και οι δυσκολίες και ο φόβος που έχουν οι εκπαιδευτικοί στην ενσωμάτωση των ΨΤ στην εκπαιδευτική διαδικασία αλλά και την εφαρμογή εργαστηριακών πρακτικών. Για την κάλυψη της ύλης θεωρούμε πως η συνεχής χρήση των ιδίων εκπαιδευτικών εργαλείων σε επίπεδο τάξης οδηγεί σε δραματική μείωση του χρόνου που απαιτείται για την εφαρμογή τους. Οι δυσκολίες στη χρήση των τεχνολογικών μέσων περιορίζονται με την εξοικείωση με αυτά και ίσως με υποστήριξη που θα πρέπει να έχουν κατά την πρώτη εφαρμογή τους.

Η επιτυχία μιας τέτοιας πρότασης μπορεί να υπάρξει μόνο αν διακρίνουμε σε αυτή στοιχεία που θα μας επιτρέψουν να βελτιώσουμε το μαθησιακό και παιδαγωγικό κλίμα της τάξης μας, όχι βασιζόμενοι στο στοιχείο του εντυπωσιασμού συνήθως εμπεριέχουν οι εφαρμογές των ΨΤ, αλλά στην ουσιαστική βοήθεια που θα μας προσφέρουν.

**Παραπομπές**

- Γλαμπεδάκης Μ. «Τα εργαστήρια Φυσικής – Χημείας – Βιολογίας στα Σχολεία Μέσης Εκπαίδευσης» Παιδαγωγική Εταιρία Ελλάδος – Ελληνική Παιδαγωγική και Εκπαιδευτική Έρευνα 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου 2002
- 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
- «Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικής Λυκείου» Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 1997
- ΥΠΕΠΘ 2006 «Εργαστηριακή Διδασκαλία των Φυσικών Μαθημάτων στα Γενικά Λύκεια»

## "Ο Νόμος του Αντιστρόφου Τετραγώνου" στο Ολοκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά Εκπαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Σαράντος Οικονομίδης, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης  
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,  
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών  
[seconom@primedu.uoa.gr](mailto:seconom@primedu.uoa.gr), [kalkanis@primedu.uoa.gr](mailto:kalkanis@primedu.uoa.gr)

**Περίληψη.** Το έναυσμα για την εργασία αυτή αποτέλεσε το παρακάτω ερώτημα: Είναι δυνατόν μέσα από εργαστηριακές δραστηριότητες να αναδειχθεί η ενοποιητική και η μη αποσπασματική περιγραφή διαφόρων φυσικών φαινομένων; Σημειακές πηγές βαρυτικών δυνάμεων, ηλεκτρικών πεδίων, φωτός, ήχου ή ακτινοβολίας υπακούν στο νόμο αντιστρόφου τετραγώνου. Αυτός ο καθαρά γεωμετρικός νόμος μας δίνει τη δυνατότητα μιας ενοποιητικής και μη αποσπασματικής εκπαιδευτικής προσέγγισης διαφόρων θεματικών ενοτήτων σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Η προσέγγιση που περιγράφεται εδώ εφαρμόστηκε πιλοτικά σε 15 τριτοετείς φοιτητές/τριες του Π.Τ.Δ.Ε. του πανεπιστημίου Αθηνών. Αρχικά υπήρξε μια προεργαστηριακή δραστηριότητα με σκοπό την εξοικείωση των φοιτητών/τριων με τον εξοπλισμό και το λογισμικό διαχείρισης των αισθητήρων. Οι φοιτητές/τριες είχαν επίσης διδαχθεί στο δεύτερο έτος των σπουδών τους τα αντίστοιχα θέματα από τα ηλεκτρομαγνητικά τα οπτικά και τα πυρηνικά φαινόμενα. Η δραστηριότητες των φοιτητών στο εργαστήριο υποστηρίχθηκαν από λογισμικό πολύμορφης επικοινωνίας δημιουργημένο με ένα εργαλείο δημιουργίας ιστοσελίδων και δομημένο με βάση το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό πρότυπο.

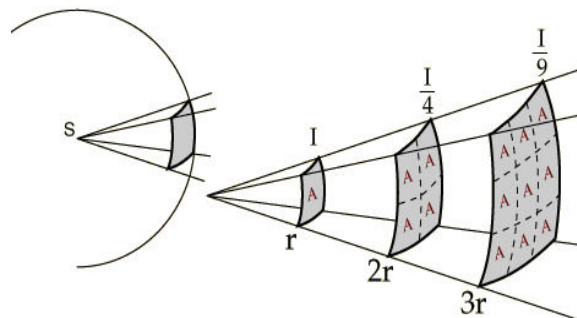
### Εισαγωγή

Η ένταση της επίδρασης μιας σημειακής πηγής  $S$ , χωρίς όριο στην εμβέλειά της η οποία επιδρά ισοδύναμα σε όλες τις κατευθύνσεις σε κάθε δεδομένη απόσταση  $r$  είναι ίση με το πηλίκο της ισχύος της πηγής  $S$  προς την επιφάνεια νοητής σφαίρας ακτίνας  $r$ .

Στην εικόνα 1,  $I$  είναι η ένταση της πηγής  $S$  σε απόσταση  $r$ , που αντιστοιχεί σε επιφάνεια εμβαδού  $A$ . Σε διπλάσια απόσταση  $2r$  το ίδιο ποσό ενέργειας "απλώνεται" σε τετραπλάσια ( $4A$ ) επιφάνεια, οπότε η ένταση υποτετραπλασιάζεται κ.ο.κ. είναι δηλαδή, αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης.

Στην εργασία αυτή προτείνονται τόσο δραστηριότητες με απλά υλικά όσο και με τη χρήση αισθητήρων σε διασύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Οι φοιτητές εργάστηκαν σε ομάδες των τριών ατόμων ανά ομάδα. Θεωρούμε πολύ σημαντική τη δραστηριότητα που επιλέξαμε ως έναυσμα του ενδιαφέροντος διότι όχι μόνο αναδεικνύει το γεωμετρικό χαρακτήρα του νόμου αλλά οδηγεί σε γόνιμη συζήτηση, διατύπωση νέων υποθέσεων, δοκιμών, ερμηνειών και προβλέψεων.



Μέσα από το περιβάλλον του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ, το εκπαιδευτικό υλικό που έχει ελεγχθεί η αξιοπιστία του, μπορεί και να χρησιμοποιείται ανεμπόδιστα, ενώ δίνεται η δυνατότητα χρησιμοποίησης εξωτερικών προγραμμάτων για την καταγραφή των δραστηριοτήτων των μαθητών σε μορφή κειμένου, σχεδίων – απεικονίσεων, ηχογραφήσεων και βιντεοσκοπήσεων που πραγματοποιούν στα πλαίσια του μαθήματος. Μέσα από το ΟΛΟΤΕΧΝΟ γίνεται η άμεση έναρξη των προγραμμάτων λήψης, καταγραφής και απεικόνισης των πειραματικών δεδομένων που χρησιμοποιούμε.

Σύμφωνα με τον Domin 1999 περιγράφονται τέσσερις μορφές εργαστηριακής διδασκαλίας και πρακτικής όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 1.

**Πίνακας 1.**

Μορφή	Έκβαση	Προσέγγιση	Διαδικασία
Ερμηνευτικό	Προκαθορισμένη	Παραγωγική	Δεδομένη
Ερευνητικό	Μη Προκαθορισμένη	Επαγωγική	Παράγεται από τους φοιτητές
Ανακαλυπτικό	Προκαθορισμένη	Επαγωγική	Δεδομένη
Επίλυσης προβλημάτων	Προκαθορισμένη	Παραγωγική	Παράγεται από τους φοιτητές

Στην περίπτωση αυτή το εργαστήριο ήταν ερμηνευτικό στο πρώτο πείραμα, και ανακαλυπτικό στο δεύτερο και το τρίτο. Είχε όμως και ένα χαρακτήρα επίλυσης προβλήματος.

### Εκπαιδευτική Μεθοδολογία

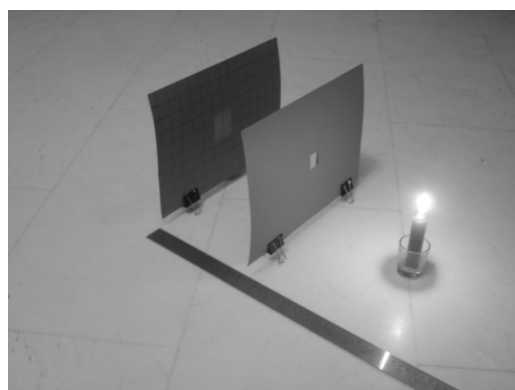
Ως εκπαιδευτική μεθοδολογία για τις εκπαιδευτικές δράσεις που επιχειρούνται στα πλαίσια αυτής της εργασίας προτείνουμε το ερευνητικά εξελισσόμενο εκπαιδευτικό πρότυπο (ή μοντέλο).

Αυτή η μεθοδολογία βασίζεται στην ιστορικά καταξιωμένη ερευνητική ή επιστημονική μεθοδολογία που απετέλεσε -και αποτελεί- το εργαλείο του ανθρώπου / ερευνητή / επιστήμονα για τη γνωριμία, την περιγραφή και την κατανόηση του φυσικού μας κόσμου. Αυτή είναι δυνατό να εξοικειώσει και να ασκήσει το μαθητή στις διαδικασίες της επιστήμης.

Σε αδρές γραμμές τα βήματα της επιστημονικής μεθοδολογίας είναι:

- Έναυσμα ενδιαφέροντος
- Διατύπωση υποθέσεων
- Πειραματισμός
- Διατύπωση θεωρίας / συμπερασμάτων
- Συνεχής έλεγχος (επιβεβαίωση ή διάψευση) / Γενίκευση

**Για έναυσμα ενδιαφέροντος** επιλέξαμε την παρακάτω δραστηριότητα.



**Εικόνα 2:** Το έναυσμα

Πέτασμα χωρισμένο σε τετραγωνάκια, στηρίγματα-συνδετήρες, χάρακας, κερί, χαρτόνι με τετραγωνική οπή ίσου εμβαδού με καθένα από τα τετράγωνα του πετάσματος.

Στην εικόνα 2 φαίνεται μία πηγή φωτός (κόκκινο κερί) σε μία απόσταση (που τη μετράμε με το μεταλλικό χάρακα) από ένα μπλε χαρτόνι με τετραγωνική οπή και πίσω του ακριβώς σε κάποια απόσταση ένα δεύτερο χαρτόνι.

**Για διατύπωση υποθέσεων** θέτουμε τα παρακάτω ερωτήματα:

Όταν η απόσταση κεριού-οπής είναι ίση με την απόσταση οπής-πετάσματος πόσα τετραγωνάκια φωτίζονται;

Κρατώντας σταθερή την απόσταση κεριού οπής, τι νομίζετε ότι θα συμβεί στη φωτιζόμενη επιφάνεια του πετάσματος αν διπλασιάσουμε την απόσταση οπής – πετάσματος;

Πώς μεταβάλλεται με την απόσταση η ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας;

**Για τη δραστηριότητα με τα χαρτόνια το κεριό και τον κανόνα.**

Σκοπός: Οι μαθητές ελέγχουν τις υποθέσεις τους.

Γίνεται συζήτηση και εξηγείται ο νόμος και η γεωμετρική του προέλευση.

**Για πειραματισμό** προτείνονται τρία πειράματα εκτός της δραστηριότητας που χρησίμευσε και ως έναυσμα. Το πρώτο συμπεριλαμβάνει την κατασκευή ενός απλού φωτόμετρου, το δεύτερο με χρήση αισθητήρα φωτός και αισθητήρα θέσης και το τρίτο με χρήση μετρητή Geiger Muller.

**Πείραμα 1 : Κατασκευή φωτόμετρου παραφίνης– Επαλήθευση του νόμου για το φως.**

Σκοπός: Να κατασκευάσουν οι μαθητές ένα φωτόμετρο και να επαληθεύσουν τη σχέση μεταξύ της έντασης του φωτός και της απόστασης.

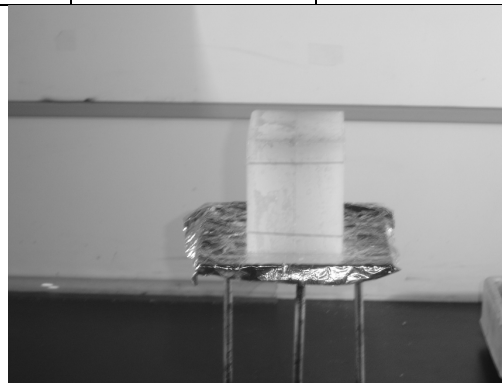
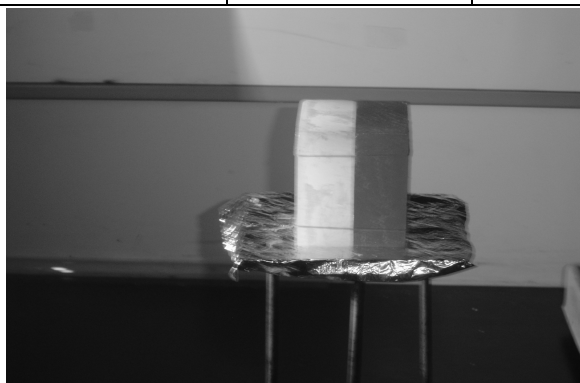
Υλικά: 2 κομμάτια του κεριού παραφίνης, χάρακας, δύο όμοια φωτιστικά, τέσσερις λαμπτήρες, 2 λαστιχάκια, φύλλο αλουμινίου

Διαδικασία:

1. Τοποθετούμε το φύλλο αλουμινίου μεταξύ των δύο κομματιών του κεριού παραφίνης.
2. Τοποθετούμε τα δύο φωτιστικά έτσι ώστε να απέχουν μεταξύ τους 1m.
3. Και τα δύο φωτιστικά έχουν λαμπτήρες των 100W. Κλείνουμε όλα τα άλλα φώτα και τοποθετούμε το φωτόμετρο μεταξύ των δύο φωτιστικών έτσι ώστε τα δύο κομμάτια κεριού να έχουν την ίδια φωτεινότητα.
4. Συμπληρώνουμε τον πίνακα δεδομένων.
5. Αντικαθιστούμε τον ένα λαμπτήρα των 100W με έναν των 75W και επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 και 3.
6. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2 και 3 και με άλλους συνδυασμούς λαμπτήρων και συμπληρώνουμε τον πίνακα δεδομένων 2.

**Πίνακας 2.**

Λαμπτήρες 1 και 2 σε Watt	Αναλογία της ισχύς του λαμπτήρα 1:2	Απόσταση του λαμπτήρα 1 από το κέντρο του φωτόμετρου (cm)	Απόσταση του λαμπτήρα 2 από το κέντρο του φωτόμετρου (cm)	Αναλογία των αποστάσεων του λαμπτήρα 1:2
100,100	1:1			
75,100	3:4			



**Εικόνα 3:** Η εκτέλεση του πειράματος

$I = k / r^2$  όπου  $k$  μια σταθερά που εξαρτάται από την πηγή και είναι ανάλογη της ισχύος της. Εάν πάρουμε την περίπτωση των λαμπτήρων 75W, 100W έχουμε μια αναλογία  $\frac{3}{4}$  ως προς τις ισχύς τους. Από τα δεδομένα του πειράματος μας προκύπτει ότι οι εντάσεις είναι ίσες σε αποστάσεις  $r_1=46$  cm και  $r_2=54$  cm από τις πηγές 1 και 2 αντίστοιχα έτσι:

$$I = k / (r_1)^2$$

$$I = k' / (r_2)^2 \Rightarrow k / (r_1)^2 = k' / (r_2)^2 \Rightarrow (r_1 / r_2)^2 = 3/4$$

$$k = 3/4 k'$$

$$(r_1 / r_2)^2 = (46/54)^2 = 0,73 \sim 3/4$$

Ομοίως για τις επόμενες δύο περιπτώσεις

$$(r_1 / r_2)^2 = (39/61)^2 = 0,41 \sim 2/5 \quad (r_1 / r_2)^2 = (43/57)^2 = 0,57 \sim 8/15$$

Επαληθεύεται έτσι ο νόμος.

## Πείραμα 2: Νόμος αντιστρόφου τετραγώνου για την ένταση του φωτός με χρήση αισθητήρων

Σκοπός: Να βρεθεί η σχέση μεταξύ της έντασης του φωτός και της απόστασης

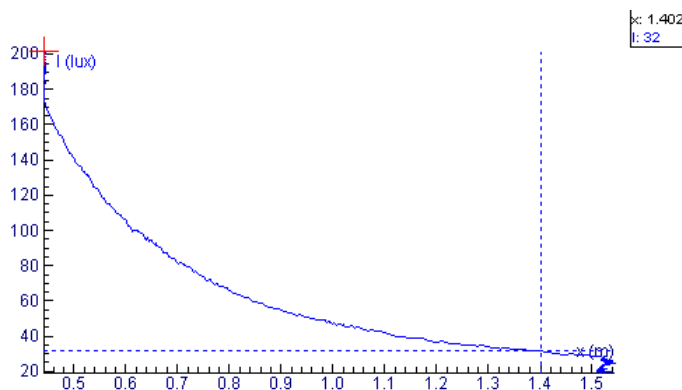
Υλικά: Ηλεκτρονικός υπολογιστής, πρόγραμμα coach 5, κονσόλα, αισθητήρας φωτός, αισθητήρας θέσης, λαμπτήρας.

Διαδικασία:

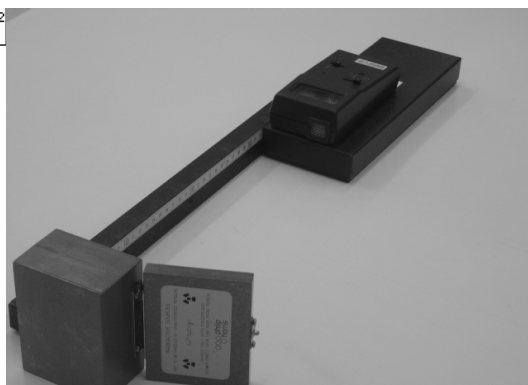
1. Κατασκευάζουμε την διάταξη τοποθετώντας τους αισθητήρες όπως φαίνεται στη διπλανή εικόνα 4.
2. Ενεργοποιήστε το πρόγραμμα coach 5, καθορίστε τους αισθητήρες και ζητήστε από το πρόγραμμα πίνακα μετρήσεων και γραφική παράσταση της έντασης του φωτός με την απόσταση (εικόνα 5).
3. Αφού τοποθετήσετε τον λαμπτήρα σε απόσταση περίπου 2m από τους αισθητήρες, μετακινήστε τον με σταθερή ταχύτητα προς αυτούς.
4. Ταυτόχρονα με τη μετακίνηση του λαμπτήρα δημιουργείται το διάγραμμα της έντασης σε σχέση με την απόσταση όπως φαίνεται παρακάτω. Επίσης καταγράφονται σε πίνακα τιμών όλα τα ζεύγη των τιμών έντασης- απόστασης.
5. Από την επεξεργασία των τιμών εξάγεται ο νόμος.



Εικόνα 4: Οι αισθητήρες



Εικόνα 5: Το διάγραμμα



Εικόνα 6: Το τρίτο πείραμα

### Πείραμα 3: Νόμος αντιστρόφου τετραγώνου με ραδιενεργό πηγή. Χρήση μετρητή Geiger-Miller.

Σκοπός: Να διαπιστωθεί η ισχύς του νόμου και στην περίπτωση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας  $\gamma$  που εκπέμπεται από ραδιενεργούς πυρήνες.

Υλικά: Ραδιενεργό Κοβάλτιο  $60, \text{Co}^{60}$   $5\mu\text{Ci}$ , Ανιχνευτής Geiger Muller, Μετροταινία ή κανόνας.

Διαδικασία:

- 1) Καταγράφουμε τον αριθμό των κρούσεων που δίνει ο απαριθμητής, για διάρκεια 2 λεπτών.
- 2) Επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση τέσσερις φορές και βρίσκουμε τη μέση τιμή σε κρούσεις ανά λεπτό.
- 3) Περιστρέφουμε τον σωλήνα του ανιχνευτή κατά  $90^\circ$  και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία των βημάτων 2 και 3.
- 4) Συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που πήραμε για τους δύο προσανατολισμούς του απαριθμητή. Αυτή είναι η ραδιενέργεια (ενεργότητα) υποβάθρου (Κρούσεις σε κάθε λεπτό).
- 5) Τοποθετούμε τον ανιχνευτή 8cm από την πηγή
- 6) Σημειώνουμε τις κρούσεις σε κάθε λεπτό.
- 7) Επαναλαμβάνουμε σε απόσταση 16cm, 24cm, 32cm το βήμα 3.

Με χρήση μετρητή Geiger-Miller πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ακτινοβολίας υποβάθρου για χρονικό διάστημα 2min σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις. Έγιναν πέντε (5) διαφορετικές μετρήσεις για κάθε διεύθυνση.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε η ραδιενεργή πηγή  $\text{Co}^{60}$   $5\mu\text{Ci}$  και ελήφθησαν πέντε (5) μετρήσεις για χρονικό διάστημα 2min σε τρεις (3) διαφορετικές αποστάσεις 10cm, 20cm, 40cm. Τα πειραματικά αποτελέσματα επιβεβαίωσαν σε ικανοποιητικό βαθμό (στα όρια αποδεκτού σφάλματος) το νόμο αντιστρόφου τετραγώνου.

#### Συμπεράσματα

Η ένταση του φωτός μειώνεται όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή της ακτινοβολίας και ακολουθεί τον νόμο  $I = k/r^2$ .

#### Γενικεύσεις

Γενικεύσεις που θα μπορούσαν να αναφερθούν και μελετηθούν:

1. Φαινόμενο μέγεθος αστέρα
2. Απόλυτο μέγεθος αστέρα
3. Το μάτι ως ένας λογαριθμικός ανιχνευτής
4. Ο νόμος αντιστρόφου τετραγώνου για τις βαρυτικές και για τις ηλεκτρικές δυνάμεις και συσχετίσή του με τα σωματίδια φορείς των βαρυτικών και των ηλεκτρομαγνητικών αλληλεπιδράσεων.

#### Αποτελέσματα και σχόλια

Διαπιστώθηκε αδυναμία των φοιτητών/τριών στην επεξεργασία και την εξαγωγή συμπερασμάτων από πειραματικά δεδομένα, καταγράφηκαν ενδιαφέρουσες εσφαλμένες αντιλήψεις, αλλά και ενδιαφέρον για μια γνήσια προσπάθεια διερεύνησης. Οι φοιτητές/τριες δυσκολεύτηκαν στην επαλήθευση του νόμου από τις μετρήσεις των μηκών και την ισχύ των λαμπτήρων στο πείραμα με το φωτόμετρο παραφίνης. Επίσης στο πείραμα με την ακτινοβολία  $\gamma$  δε σκέφτηκαν να αφαιρέσουν την ακτινοβολία υποβάθρου της οποίας μέτρησαν τη μέση τιμή της στις 22 κρούσεις σε χρονικό διάστημα 2min. Στο ερώτημα «Κρατώντας σταθερή την απόσταση κεριού οπής, τι νομίζετε ότι θα συμβεί στη φωτιζόμενη επιφάνεια του πετάσματος αν διπλασιάσουμε την απόσταση οπής – πετάσματος;» κανείς δεν απάντησε ότι θα φωτιστούν εννέα τετράγωνα του πετάσματος. Η συντριπτική πλειοψηφία



των φοιτητών/τριών απάντησε ότι θα φωτιστούν 8 ή 16 τετράγωνα. Η δικαιολόγησή τους ήταν ότι αν ισχύει ο νόμος σε διπλάσια απόσταση η ένταση θα υποτετραπλασιάζεται. Δεν θεώρησαν δηλαδή την απόσταση από την πηγή η οποία τριπλασιάζεται όταν διπλασιάζεται η απόσταση της οπής από το πέτασμα. Οι φοιτητές/τριες διατύπωσαν ερωτήματα του τύπου «Τι θα γινόταν αν το δεύτερο πέτασμα κοβόταν στο φωτεινό του μέρος και πίσω από αυτό τοποθετούσαμε τρίτο πέτασμα;» Μετά από συζήτηση, διατύπωση νέων υποθέσεων και πειραματισμό, όχι μόνο κατέληξαν στα συμπεράσματά τους αλλά τα ερμήνευσαν και διατύπωσαν προβλέψεις αν η εκτέλεση του πειράματος γινόταν με διαφορετικό τρόπο. Στο πείραμα με τους αισθητήρες διαπίστωσαν την ισχύ του νόμου για το φως από πηγή που μπορεί να θεωρηθεί σημειακή και είχαν την αίσθηση του πολλαπλού ελέγχου της ισχύος του νόμου. Οι εργαστηριακές ασκήσεις που περιγράφονται στην εργασία αυτή έχουν ενταχθεί στο πρόγραμμα των ασκήσεων που εκτελούν φοιτητές του παιδαγωγικού τμήματος από το 2007. Η μέτρηση της ακτινοβολίας υποβάθρου με ανιχνευτή Geiger Miller έχει ήδη ενταχθεί από το 2005. Την περίοδο αυτή δοκιμάζουμε και μια δραστηριότητα με χρήση πομπού και δέκτη μικροκυμάτων όχι μόνο για να ενταχθεί και αυτή στην παραπάνω άσκηση αλλά και για την εκτέλεση εργαστηριακών ασκήσεων με αντίστοιχο χαρακτήρα και μεθοδολογία.

### Παραπομπές

- Καλκάνης Γ.Θ. ΕκΠαιδευτική Φυσική Ι. Οι θεωρίες.(2005)
- Καλκάνης Γ.Θ. Γεώργιος ΕκΠαιδευτική Φυσική ΙΙ. Τα φαινόμενα (2005)
- Καλκάνης Γ.Θ. Γεώργιος “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.
- PSSC Φυσική. Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Domin D.S. (1999). A. review of laboratory instruction styles. Journal of Chemical Education, 76, 543-547.

## **"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](mailto:vgriгор@primedu.uoa.gr), [sarecon@gmail.com](mailto:sarecon@gmail.com), [kalkanis@primedu.uoa.gr](mailto: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  $50\text{ml}$ . 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 κάνιστρο 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 κάνιστρο με το ζεστό νερό και τον αισθητήρα θερμοκρασίας και το ποτήρι με το κρύο νερό στο οποίο έχει εμβαπτιστεί το κάνιστρο.

### 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:

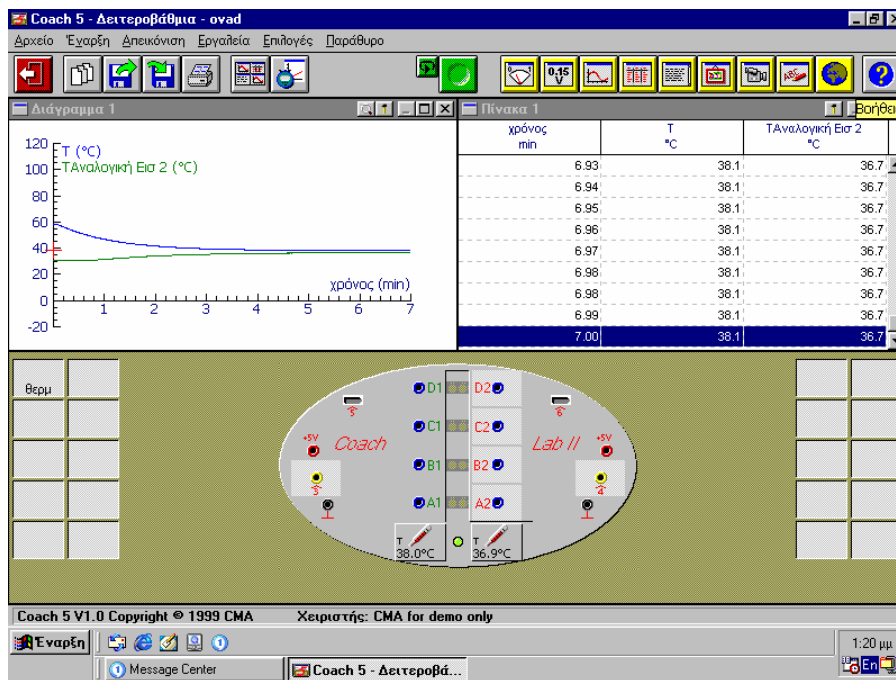
- i. Έναρξη⇒Προγράμματα⇒Coach 5⇒Συγγραφέας του Coach 5
- ii. Επιλέξτε την κονσόλα που θα χρησιμοποιήσετε για τις μετρήσεις (CoachLab II) και δώστε ένα όνομα στη δραστηριότητα που θα πραγματοποιήσετε. Οδηγείστε στη διπλανή οθόνη (βλ. εικόνα 5).



**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  $\Delta T$  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 (°C)	Αρχική θερμοκρασία ζεστού νερού (°C)	Τελική θερμοκρασία νερού βρύσης (°C)	Τελική θερμοκρασία ζεστού νερού (°C)

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Μεταβολή θερμοκρασίας ζεστού νερού $\Delta T_1$ σε °C	Μεταβολή θερμοκρασίας νερού βρύσης $\Delta T_2$ σε °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<sup>ο</sup> 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.

## "Εκτίμηση του Απολύτου Μηδενός" στο ΟΛΟκληρωμένο ΤΕΧΝΟλογικά και Μεθοδολογικά ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Νικόλαος Φ. Βουδούκης, Σαράντος Οικονομίδης, Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης  
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,  
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών  
[seconom@primedu.uoa.gr](mailto:seconom@primedu.uoa.gr), [nvoudoukis@primedu.uoa.gr](mailto:nvoudoukis@primedu.uoa.gr), [kalkanis@primedu.uoa.gr](mailto:kalkanis@primedu.uoa.gr)

**Περίληψη.** Στην εργασία αυτή περιγράφεται μια πειραματική δραστηριότητα στο εργαστήριο με χρήση συγχρονικών διατάξεων η οποία έχει σκοπό την εκτίμηση της θερμοκρασίας του απολύτου μηδενός. Σε μια κωνική φιάλη κενού προσαρμόζεται ένας αισθητήρας πίεσης και έναν αισθητήρα θερμοκρασίας. Στη συνέχεια θερμαίνεται ο αέρας μέσα στη φιάλη, ενώ ο όγκος διατηρείται σταθερός. Η δραστηριότητα των ασκούμενων στο εργαστήριο υποστηρίζεται από λογισμικό πολύμορφης επικοινωνίας δομημένο με βάση το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό πρότυπο στο οποίο περιλαμβάνεται και μία προσομοίωση σε μοριακό επίπεδο. Στην οθόνη του υπολογιστή, στο λογισμικό των αισθητήρων δημιουργείται το διάγραμμα πίεσης – θερμοκρασίας. Οι ασκούμενοι εκτυπώνουν τον πίνακα τιμών και το διάγραμμα και προεκτείνουν την ευθεία (στο γράφημα) μέχρι να συναντήσει τον άξονα της θερμοκρασίας. Προκύπτει με αυτή τη διαδικασία μια καλή εκτίμηση της θερμοκρασίας του απολύτου μηδενός.

### Εισαγωγή

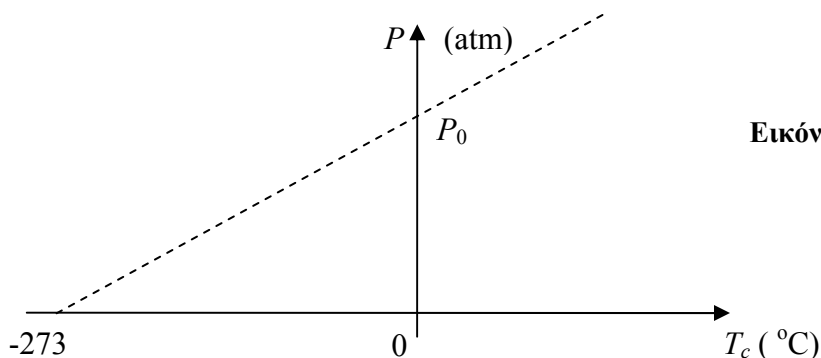
Το απόλυτο μηδέν είναι μία φυσική σταθερά. Είναι καταγεγραμμένες πολλές εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών με την ελάχιστη δυνατή θερμοκρασία που μπορεί να υπάρξει. Η πραγματοποίηση εξαιρετικά χαμηλών θερμοκρασιών εμφανίζει σημαντικό ενδιαφέρον. Κατ' αρχήν για τη γνώση των ιδιοτήτων της ύλης στην περιοχή του απόλυτου μηδενός και στη συνέχεια για την εκμετάλλευση αυτών των ιδιοτήτων. Από την άποψη αυτή η υπεραγωγιμότητα, που εκδηλώθηκε σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες από ορισμένα μέταλλα και κράματα, επιτρέπει την πρόβλεψη σημαντικών εφαρμογών στους τομείς της ηλεκτρονικής και της ηλεκτροτεχνίας για το εγγύς μέλλον.

Σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν ( $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) οι θερμικές, ηλεκτρικές και μαγνητικές ιδιότητες πολλών υλικών παρουσιάζουν σοβαρές μεταβολές, ώστε η συμπεριφορά της ύλης να φαίνεται περίεργη όταν συγκριθεί με αυτήν σε θερμοκρασία δωματίου. Η υπεραγωγιμότητα και η υπερρευστότητα μπορούν να θεωρηθούν ως δύο από τα φαινόμενα που συμβαίνουν κάτω από κάποια συγκεκριμένη κρίσιμη θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία συνδέεται με την κινητική κατάσταση των συστατικών της ύλης σε ατομική κλίμακα (μικρόκοσμος). Τα άτομα ή μόρια κάθε σώματος βρίσκονται σε διαρκή κίνηση. Όσο μεγαλύτερη είναι η μέση κινητική τους ενέργεια τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του σώματος. Στο απόλυτο μηδέν, τα άτομα ή τα μόρια είναι κανονικά στάσιμα, δηλαδή σε κατάσταση ηρεμίας.

Στην πραγματικότητα αυτό είναι αδύνατο, γιατί έρχεται σε αντίθεση με την "αρχή της αβεβαιότητας" του Χάιζενμπεργκ. Στην κβαντομηχανική, το παράδοξο αυτό μπορεί να ξεπεραστεί, αφήνοντας το κάθε σωματίδιο να έχει κάποια κίνηση, όμως το συνολικό άθροισμα της ροπής να είναι μηδέν. Αυτό προϋποθέτει ότι τα ηλεκτρόνια θα είναι σε

κατάσταση απόλυτης συνοχής. Έτσι είναι πιθανό να υπάρχει μια ποικιλία από διαφορετικά κβάντα στο απόλυτο μηδέν, αλλά και μεταβολές φάσεις μεταξύ τους. Η νέα αυτή ιδέα μάς επιτρέπει να πραγματοποιήσουμε το όραμα της κατασκευής πιο ευαίσθητων ηλεκτρονικών συστημάτων με μηδέν κατανάλωση ισχύος. Ο νόμος που περιγράφει την μεταβολή της πίεσης με τη θερμοκρασία:  $P=P_0(1+\beta T_c)$  (1).  $P_0$  είναι η πίεση του αέρα σε θερμοκρασία  $0^{\circ}\text{C}$  και  $P$  είναι η πίεση του αέρα σε θερμοκρασία  $T_c$ , σε βαθμούς κελσίου. Ο συντελεστής  $\beta$  καλείται θερμικός συντελεστής της πίεσης υπό σταθερό όγκο. Ο αέρας συμπεριφέρεται ικανοποιητικά ως ιδανικό αέριο. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται η μεταβολή της πίεσης με τη θερμοκρασία. Στους  $0\text{ K}$  ή αλλιώς στους  $-273^{\circ}\text{C}$  η πίεση είναι μηδέν σύμφωνα με την κλασική θεωρία.



Εικόνα 1. Το διάγραμμα P-T

## 1. Μεθοδολογία

Ως εκπαιδευτική μεθοδολογία για τις εκπαιδευτικές δράσεις που επιχειρούνται στα πλαίσια αυτής της εργασίας προτείνουμε το ερευνητικά εξελισσόμενο εκπαιδευτικό πρότυπο (ή μοντέλο).

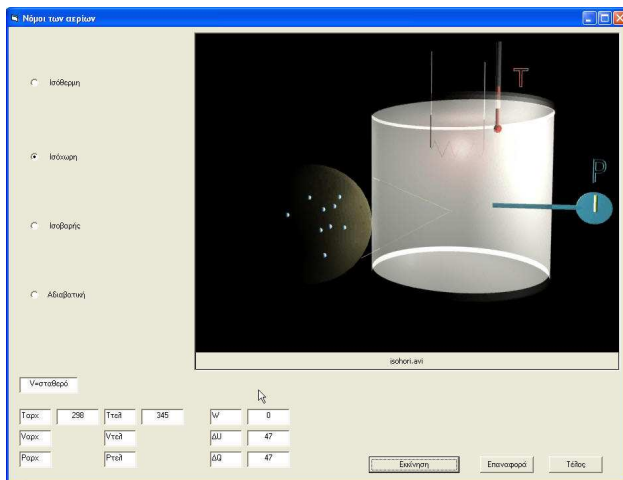
Αυτή η μεθοδολογία βασίζεται στην ιστορικά καταξιωμένη ερευνητική ή επιστημονική μεθοδολογία που απετέλεσε -και αποτελεί- το εργαλείο του ανθρώπου / ερευνητή / επιστήμονα για τη γνωριμία, την περιγραφή και την κατανόηση του φυσικού μας κόσμου.

Σε αδρές γραμμές τα βήματα της επιστημονικής μεθοδολογίας είναι

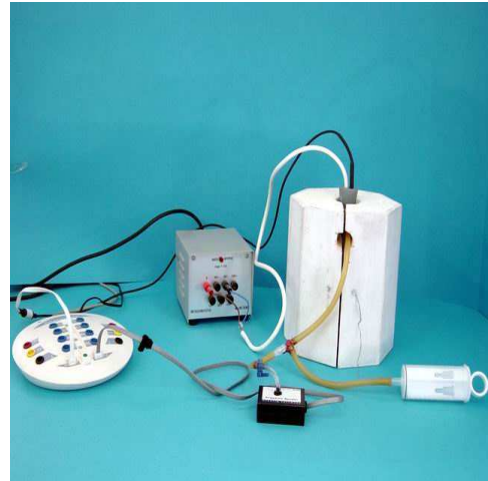
- Έναυσμα ενδιαφέροντος
- Διατύπωση υποθέσεων
- Πειραματισμός
- Διατύπωση θεωρίας / συμπερασμάτων
- Συνεχής έλεγχος (επιβεβαίωση ή διάψευση) / Γενίκευση.

Μέσα από το λογισμικό πολύμορφης επικοινωνίας το οποίο εντάσσεται στο περιβάλλον του ΟΛΟΤΕΧΝΟΥ, γίνεται η άμεση έναρξη των προγραμμάτων λήψης, καταγραφής και απεικόνισης των πειραματικών δεδομένων που χρησιμοποιούμε., καταγράφονται οι υποθέσεις και τα συμπεράσματα των μαθητών.

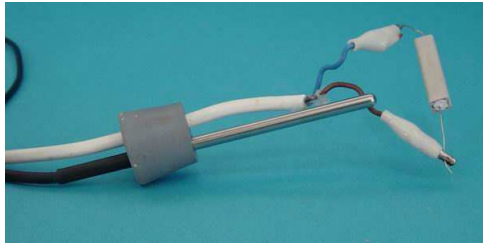
Επιπλέον οι ασκούμενοι μπορούν να εκτυπώσουν και να συμπληρώσουν φύλλα εργασίας και αναφοράς και επιπλέον να παρακολουθήσουν λογισμικό προσομοίωσης σε μοριακό επίπεδο, εικόνα 2.



**Εικόνα 2.** Η οθόνη του λογισμικού προσομοίωσης



**Εικόνα 3.** Η διάταξη



**Εικόνα 4.** Η θέρμανση του αέρα μέσα στη φιάλη επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας αντίστασης.

## Πειραματισμός

Με τη βοήθεια του μετασχηματιστή τροφοδοτείται ο αντιστάτης που υπάρχει μέσα στη φιάλη κενού. Ο αντιστάτης θερμαίνει τον αέρα που υπάρχει μέσα στο δοχείο της διάταξης. Με τον αισθητήρα πίεσης μετρούμε την πίεση και με τον αισθητήρα θερμοκρασίας τη θερμοκρασία. Στην οθόνη του Η/Υ σχεδιάζεται σε πραγματικό χρόνο (real time) η γραφική παράσταση πίεσης-θερμοκρασίας. Πρόκειται για ευθεία γραμμή η οποία προεκτεινόμενη τέμνει τον οριζόντιο άξονα (θερμοκρασίας) στο απόλυτο μηδέν.

Η διαδικασία των πέντε βημάτων της μεθόδου υποστηρίζεται από λογισμικό – υλικό. Σε κάθε ομάδα φοιτητών αντιστοιχεί ένας Η/Υ. Στον Η/Υ υπάρχει το υποστηρικτικό υλικό – λογισμικό. Με βάση οδηγίες – φύλλα εργασίας που δίνονται σε μορφή φυλλαδίου οι φοιτητές χειρίζονται το υλικό. Δημιουργείται με τον τρόπο αυτό μία αρκετά επιτυχημένη αλληλεπίδραση Η/Υ και κλασικού εργαστηρίου.

## Εφαρμογή και αξιολόγηση

Η παρούσα εκπαιδευτική πρόταση πραγματοποιήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2005-06, ως εργαστηριακή άσκηση με επιτυχία στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών. Κάθε ομάδα τριτοετών φοιτητών και φοιτητριών εργάστηκε επί δύο ώρες. Δόθηκε ένα φύλλο εργασίας και αναφοράς για κάθε ομάδα.

## Συμπεράσματα

Ιδιαίτερα επιτυχημένος κρίνεται ο συνδυασμός Η/Υ (με δημιουργία υλικού που καλύπτει πλήρως την άσκηση, ακολουθώντας την εκπαιδευτική μεθοδολογία των πέντε βημάτων) και κλασικού εργαστηρίου (με πραγματοποίηση διάταξης, λήψη μετρήσεων κλπ.). Τα πρώτα συμπεράσματα από την εφαρμογή της εκπαιδευτικής πρότασης είναι θετικά και ενθαρρυντικά. Γενικά οι φοιτητές εργάστηκαν με ενδιαφέρον, συστηματικά και οι περισσότεροι διδακτικοί στόχοι επιτεύχθηκαν. Η εκτίμηση μιας φυσικής σταθεράς, όπως είναι το απόλυτο μηδέν έχει ιδιαίτερη εκπαιδευτική αξία και η παρούσα άσκηση προτείνεται να εκτελείται μαζί με αντίστοιχες ασκήσεις, που έχουν σκοπό την εκτίμηση – μέτρηση φυσικών σταθερών όπως π.χ. η σταθερά του Planck.

## Παραπομπές

- (1) Symposium at 8<sup>o</sup> Conference of Hellenic Union of Physics & Union of Cypriots Physicists with the subject “Teaching physics.”, Kalamata – Pylos, Mesinia 17-19 January 2003, Organized by G. Kalkanis,
- (2) “Polytropic devices sensors- actuators in school laboratory, Math. Patrinosopoulos, et..all
- (3) Velentzas A, et al. (2004), "Experimental activities", 10<sup>o</sup> Physics Congress Loutraki, Greece.
- (4) Experimental determination of absolute zero temperature, Dragia Trifonov Ivanov, P. Hilendarsky University of Plovdiv, Bulgaria.