

"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, nvoudoukis@primedu.uoa.gr, 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

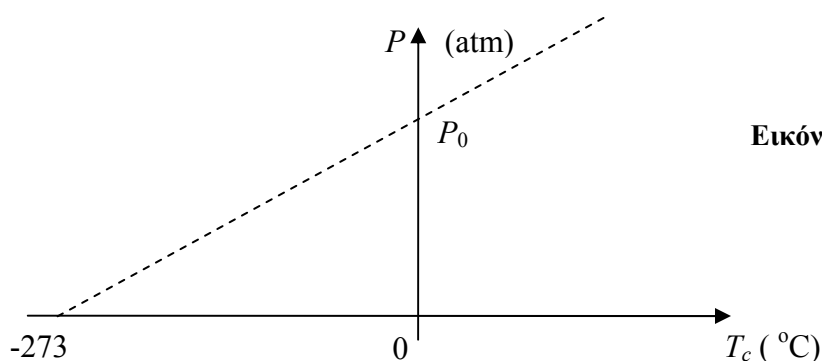
Το απόλυτο μηδέν είναι μία φυσική σταθερά. Είναι καταγεγραμμένες πολλές εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών με την ελάχιστη δυνατή θερμοκρασία που μπορεί να υπάρξει. Η πραγματοποίηση εξαιρετικά χαμηλών θερμοκρασιών εμφανίζει σημαντικό ενδιαφέρον. Κατ' αρχήν για τη γνώση των ιδιοτήτων της ύλης στην περιοχή 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°C και P είναι η πίεση του αέρα σε θερμοκρασία T_c , σε βαθμούς κελσίου. Ο συντελεστής β 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 K ή αλλιώς στους -273°C η πίεση είναι μηδέν σύμφωνα με την κλασσική 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).

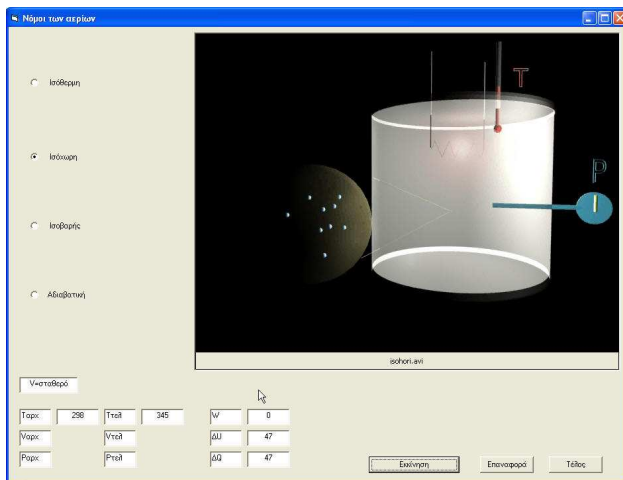
Αυτή η μεθοδολογία βασίζεται στην ιστορικά καταξιωμένη ερευνητική ή επιστημονική μεθοδολογία που απετέλεσε -και αποτελεί- το εργαλείο του ανθρώπου / ερευνητή / επιστήμονα για τη γνωριμία, την περιγραφή και την κατανόηση του φυσικού μας κόσμου.

Σε αδρές γραμμές τα βήματα της επιστημονικής μεθοδολογίας είναι

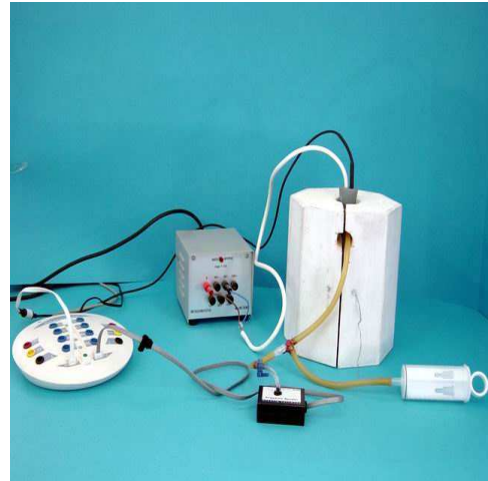
- Έναυσμα ενδιαφέροντος
- Διατύπωση υποθέσεων
- Πειραματισμός
- Διατύπωση θεωρίας / συμπερασμάτων
- Συνεχής έλεγχος (επιβεβαίωση ή διάψευση) / Γενίκευση.

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.

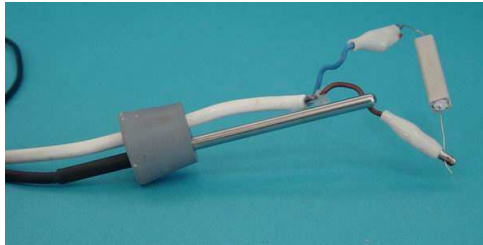
Επιπλέον οι ασκούμενοι μπορούν να εκτυπώσουν και να συμπληρώσουν φύλλα εργασίας και αναφοράς και επιπλέον να παρακολουθήσουν λογισμικό προσομοίωσης σε μοριακό επίπεδο, εικόνα 2.



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^o 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^o Physics Congress Loutraki, Greece.
- (4) Experimental determination of absolute zero temperature, Dragia Trifonov Ivanov, P. Hilendarsky University of Plovdiv, Bulgaria.