ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΠΕ

Μαυράκης Δήμος
Καθηγητής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Φυσικός
dimosm@otenet.gr

Κορομπίλης Κωνσταντίνος
Καθηγητής Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Φυσικός
Korobili@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η θερμοδυναμική είναι μια σύνθετη γνωστική περιοχή με δύσκολες έννοιες, όπως π.χ. η εσωτερική ενέργεια. Θεωρώντας ότι μια τυπική πειραματική προσέγγιση είναι δύσκολο να υλοποιηθεί στα πλαίσια του σημερινού Λυκείου, προσπαθήσαμε να εκμεταλλευτούμε τις δυνατότητες των ΤΠΕ, όπως τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης των μαθητών με λογισμικά και τον ταυτόχρονο με την εξέλιξη του εικονικού πειράματος σχηματισμό γραφικών παραστάσεων. Επιλέχθηκε το ΣΥΝΘΕΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, για την εργαστηριακή διδασκαλία των νόμων Boyle, Charles, Gay Lussac, και του έργου κατά την εκτόνωση αερίου, και ένα java applet για τη μελέτη του κύκλου Carnot.

Σχεδιάσαμε πέντε φύλλα εργασίας με εικονικές πειραματικές διαδικασίες με συνδυασμό και γραφικών παραστάσεων. Περιγράφεται η επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων, και κατευθύνονται οι μαθητές στην αξιοποίησή τους με σκοπό να καταλήξουν σε νόμους και προτάσεις.

Η εφαρμογή έδειξε ότι καθένα από τα πέντε προτεινόμενα εικονικά εργαστηριακά μαθήματα, πραγματοποιούνται στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας και τα αποτελέσματα κρίνονται μάλλον θετικά για τα παιδιά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ*: θερμοδυναμική, νόμοι αερίων, εκπαιδευτικό λογισμικό, ανοιχτό περιβάλλον, προσομοίωση, εκπαιδευτική τεχνολογία, εργαστηριακή διδασκαλία*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα πρώτα δυο κεφάλαια του αναλυτικού προγράμματος Β΄ Λυκείου θετικής-τεχνολογικής κατεύθυνσης περιλαμβάνουν τη Θερμοδυναμική και την Κινητική θεωρία των αερίων. Αν και στο Πρόγραμμα Σπουδών Φυσικής Λυκείου, προβλέπονται συνολικά περί τις 14 ώρες διδασκαλίας, η εμπειρία δείχνει ότι συνήθως η διδασκαλία καλύπτει γύρω στις 20 ώρες, υπερβαίνοντας σχεδόν τους τρεις μήνες. Η Θερμοδυναμική είναι μια σύνθετη γνωστική περιοχή με πολλές παραδοχές, εκτεταμένη χρήση μοντέλων, περιγραφές πολυπαραμετρικών φαινομένων και δύσκολες έννοιες, όπως π.χ. η εσωτερική ενέργεια. Στο Πρόγραμμα Σπουδών δίνεται έμφαση στην πειραματική / εργαστηριακή ανάπτυξη της ύλης και ορίζονται,

ειδικότερα για τη Φυσική κατεύθυνσης, σκοποί όπως η άσκηση των μαθητών στην παρατήρηση, μέτρηση και ποσοτική περιγραφή και ερμηνεία των προχωρημένων φυσικών φαινομένων, στη χρήση συνθετότερων και ακριβέστερων πειραματικών διατάξεων και μεθόδων, αλλά και η εμβάθυνση ποσοτικά και πειραματικά σε βασικές

έννοιες της Φυσικής, ώστε να συνειδητοποιήσουν τον ενιαίο χαρακτήρα των νόμων της (Προγράμματα Σπουδών, 1999). Στην πράξη όμως τα σχετικά κεφάλαια διδάσκονται με μόνο εφόδιο τον πίνακα και την κιμωλία, ενώ απουσιάζει σχεδόν το κλασικό εργαστήριο. Έμφαση δίνεται μόνο σε τυπικές μαθηματικές περιγραφές χωρίς να εξασφαλίζεται η αναγκαία για την κατανόηση ισορροπία μεταξύ ποιοτικών-ποσοτικών προσεγγίσεων. Το πρόβλημα έχει επισημανθεί στη διεθνή βιβλιογραφία (de Berg et al, 1993). Έχει τονιστεί ο σημαντικός ρόλος των γραφικών παραστάσεων ως δυναμικής μεθόδου συσχετισμού και διερεύνησης των σχέσεων (McDermott, 1987). Θεωρούμε ότι αυτές προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες μελέτης ιδιαίτερα στη γνωστική περιοχή των νόμων των αερίων. Ωστόσο δεν είναι δεδομένες για τους μαθητές οι δεξιότητες χειρισμού τους που σχετίζονται με κατασκευή, ανάγνωση και ερμηνεία αυτών (Μπισδικιάν, 2000).

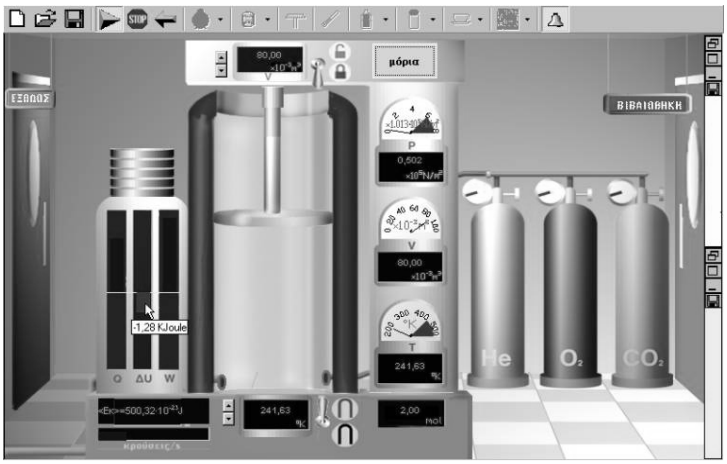
Τυπικά οι γραφικές παραστάσεις συνοδεύουν πειραματικές δραστηριότητες. Θεωρούμε ωστόσο ότι μια τυπική πειραματική προσέγγιση είναι δύσκολο να υλοποιηθεί στα πλαίσια του ενιαίου Λυκείου, όπου ο χρόνος είναι πολύτιμος υπό την πίεση των επερχόμενων γενικών εξετάσεων, αλλά και ειδικότερα στη μελέτη των νόμων των αερίων όπου φαίνεται πως υπάρχουν αντικειμενικές δυσκολίες οργάνωσης σχετικού εργαστηρίου. Η βιβλιογραφία έχει επισημάνει ότι οι ΤΠΕ ως ένα βαθμό μπορούν να προσφέρουν λύσεις σε περιορισμούς του κλασικού εργαστηρίου, μέσω των πολλαπλών αναπαραστάσεων των φαινομένων, του άμεσου συσχετισμού τους με τρόπο κατανοητό για το μαθητή, αλλά και του χειρισμού των παραμέτρων εικονικής πειραματικής διάταξης από τον ίδιο (Hartley et al, 1991, Roth, 1995). Προσπαθήσαμε λοιπόν να εκμεταλλευτούμε τέτοιες δυνατότητες των ΤΠΕ, ιδίως την αλληλεπίδραση των μαθητών με εικονικές πειραματικές διατάξεις στην οθόνη του υπολογιστή και τον ταυτόχρονο με την εξέλιξή τους σχηματισμό γραφικών παραστάσεων, στοχεύοντας στη μερική έστω κάλυψη του ελλείμματος εργαστηριακών διδακτικών προσεγγίσεων που επισημάναμε προηγουμένως.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ

Η προσπάθεια βασίστηκε σε δυο εργαλεία: Α) στο Εικονικό Εργαστήριο Θερμοδυναμικής, τμήμα του ΣΥΝΘΕΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (ΣΕΠ), που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του υπο-έργου ΝΑΥΣΙΚΑ της ΟΔΥΣΣΕΙΑΣ με τη συνεργασία του ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, των τμημάτων Παιδαγωγικού, Φυσικής και Πληροφορικής του ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ, και της εταιρείας M.L.S. LaserLock. Το λογισμικό αξιοποιήθηκε για την εργαστηριακή διδασκαλία των νόμων των αερίων και τη μελέτη του έργου. Β) Στην πιο σύνθετη περίπτωση του κύκλου Carnot, προτιμήθηκε μια παραμετρική προσομοίωση τύπου java applet, («Κύκλος Carnot») που επιτρέπει γραφικές παραστάσεις ταυτόχρονες με την εξέλιξη του φαινομένου.

Α) Η φιλοσοφία σχεδιασμού και οι δυνατότητες του Εικονικού Εργαστηρίου Θερμοδυναμικής του ΣΕΠ έχουν περιγραφεί (Κορομπίλης, 2002, Ρεφανίδης κ. ά., 2000). Περιληπτικά αναφέρουμε ότι πρόκειται για ένα εικονικό χώρο εκτέλεσης πειραμάτων για τους νόμους των αερίων με κυλινδρικό δοχείο με έμβολο. Ο χρήστης μπορεί να εισάγει ποσότητα αερίου ιδανικού (He) ή πραγματικού (O_2 ή CO_2) και να ορίσει τόσο την κατάσταση των τοιχωμάτων του δοχείου (θερμαγωγά με επιλογή

θερμοκρασίας ή αδιαβατικά) όσο και τη λειτουργία του εμβόλου (Σχ. 1). Μπορεί να χειρίζεται άμεσα όλες τις μεταβλητές που μετέχουν στην εκτέλεση ισόθερμης, ισοβαρούς, ισόχωρης, αδιαβατικής μεταβολής, όπως και σύνθετων κυκλικών μεταβολών. Οι αναπαραστάσεις είναι πολλαπλές, περιλαμβάνοντας την κίνηση του εμβόλου, μετρητές για όλα τα μεγέθη (P, V, T, n, έργο, εσωτερική ενέργεια, θερμότητα, κλπ). Το ισχυρότερο στοιχείο αναπαραστάσεων του περιβάλλοντος αποτελούν οι πολλαπλές, συγχρονικές με το εικονικό πείραμα γραφικές παραστάσεις που εμφανίζονται στον ίδιο χώρο με επιλογή του χρήστη, ο οποίος έχει πλήρη έλεγχο στη μορφή τους (άξονες, κλίμακες), αλλά και δυνατότητα αλληλεπίδρασης με αυτές

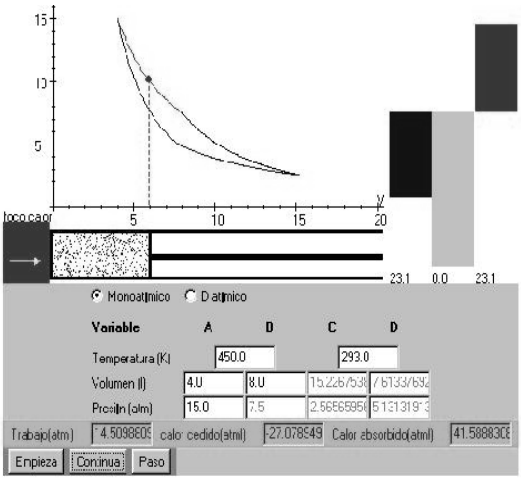


Σχήμα 1 *: το περιβάλλον του Εικονικού Εργαστηρίου Θερμοδυναμικής*

λαμβάνοντας τιμές από οποιοδήποτε σημείο τους. Το περιβάλλον είναι ανοιχτό επιτρέποντας τη σύνθεση νέων πειραμάτων και την παραμετρική μελέτη των νόμων.

Β) Το java applet «Κύκλος Carnot» (Σχ. 2) είναι ένα από τα πολλά που μπορεί κανείς να βρει στο διαδίκτυο. Δεν πρόκειται για ανοιχτό περιβάλλον, μια και ο χρήστης δεν μπορεί να χειριστεί όλες τις παραμέτρους της μεταβολής, αλλά για μια παραμετρική προσομοίωση, εστιασμένη ειδικά στη μελέτη του κύκλου Carnot. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει τις αρχικές τιμές των T, V, P, τη χαμηλή θερμοκρασία της ισόθερμης συμπίεσης και να επιλέξει ανάμεσα σε μονοατομικό (για ιδανικά) ή διατομικό αέριο (για πραγματικά). Οι χειρισμοί περιλαμβάνουν έναρξη- παύση- συνέχιση ης μεταβολής. Οι αναπαραστάσεις περιλαμβάνουν κυρίως συγχρονική γραφική παράσταση P-V και κίνηση εμβόλου. Επιπλέον εμφανίζεται η ανταλλαγή θερμότητας χρωματικά καθώς και τιμές P, V για τα τέσσερα χαρακτηριστικά σημεία του κύκλου και τιμές και μεταβαλλόμενες μπάρες για τα Q, U, W. Η εφαρμογή μπορεί να βρεθεί στη διεύθυνση:

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/carnot/carnot.htm



Σχήμα 2: *Εφαρμογή applet «Κύκλος Carnot».*

ΣΤΟΧΟΙ

- Να εκτελέσουν οι μαθητές εικονικές πειραματικές διαδικασίες, συνδυάζοντας και τη χρήση γραφικών παραστάσεων.
- Να πάρουν τιμές των μεταβλητών και να επεξεργαστούν τα πειραματικά δεδομένα, συσχετίζοντας τα μεγέθη.
- Να καταλήξουν σε νόμους και προτάσεις βασιζόμενοι στις δικές τους μετρήσεις

ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΟΤΗΤΩΝ

Θεωρώντας ότι το πέρασμα απ' τη Μηχανική της Α΄ Λυκείου στη Κινητική Θεωρία των αερίων και τη Θερμοδυναμική δεν είναι ιδιαίτερα εύκολο για τους μαθητές, σκεφθήκαμε ότι η όποια διδακτική μας απόπειρα εικονικού εργαστηρίου θα είχε καλύτερα αποτελέσματα αν εφαρμόζονταν από το πρώτο κιόλας μάθημα, στους νόμους των αερίων. Εκεί ο μαθητής καλείται χωρίς να έχει την απαραίτητη υποδομή από προηγούμενες τάξεις, να παραστήσει μια μεταβολή όχι με μία αλλά με τρεις γραφικές παραστάσεις : P-V, P-T, και V-T. Η επόμενη ενότητα που προσφέρεται για δημιουργικό πειραματισμό των μαθητών και εισαγωγή σε μεθόδους μελέτης φυσικών φαινομένων, είναι ο υπολογισμός του έργου σε μια τυχαία αντιστρεπτή μεταβολή με χρήση της έννοιας των στοιχειωδών μεταβολών. Τέλος επιλέξαμε τον κύκλο του Carnot, ένα θέμα με αυξημένη δυσκολία κατανόησης, ελπίζοντας ότι η εικόνα ενός εμβόλου που κινείται διαγράφοντας τον κύκλο, παράλληλα με σχηματισμό γραφικής παράστασης P-V θα βοηθούσε αποφασιστικά στην κατανόησή του.

Έτσι σχεδιάσαμε 4 φύλλα εργασίας για την αξιοποίηση του Εικονικού Εργαστηρίου Θερμοδυναμικής (ΣΕΠ) στην εργαστηριακή διδασκαλία των νόμων

Boyle, Charles, Gay Lussac, και του έργου κατά την εκτόνωση αερίου. Ένα φύλλο εργασίας σχεδιάστηκε για εφαρμογή του java applet, στη μελέτη του κύκλου Carnot.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Στα φύλλα εργασίας ακολουθήσαμε για τους 3 νόμους των αερίων, Boyle, Charles, Gay Lussac την ίδια πορεία :

α) Περιγράφονται οι ενέργειες που θα εκτελέσουν οι μαθητές για την πραγματοποίηση της εκάστοτε μεταβολής.

β) Υπάρχουν πίνακες για καταγραφή των πειραματικών τιμών και οι μαθητές καλούνται να εκτελέσουν τους απαιτούμενους υπολογισμούς. (όπως ο πίνακας 1 για το νόμο του Boyle).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Αέριο	**P** x10^5(N/m^2)	**V** (x$10^{-3}$$m^3$)	**P x V**x10^2	**n**
He		5		10
He		6		10
He		7		10
He		90		10
He		95		10
He		100		10

γ) Ζητείται η διατύπωση συμπερασμάτων από τους υπολογισμούς.

δ) Πρόβλεψη- επαλήθευση: Καλούνται να εφαρμόσουν παρόμοιους υπολογισμούς και σε άλλες τιμές των μεταβλητών. Π.χ. στο νόμο του Boyle ζητείται η συμπλήρωση του πίνακα 2 χωρίς οι μαθητές να έχουν πάρει τις συγκεκριμένες τιμές από την πειραματική διαδικασία. Στη συνέχεια προτείνεται η επαλήθευση των τιμών από τη

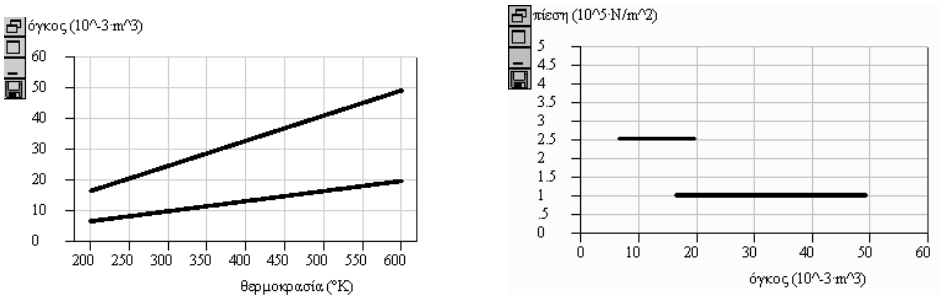
ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Αέριο	**P** x10^5(N/m^2)	**V** (x$10^{-3}$$m^3$)	**P x V**x10^2	**n**
He		10		10
He	10			10

γραφική παράσταση. (Με κλικ σε οποιοδήποτε σημείο της καμπύλης εμφανίζεται ζεύγος τιμών P-V.)

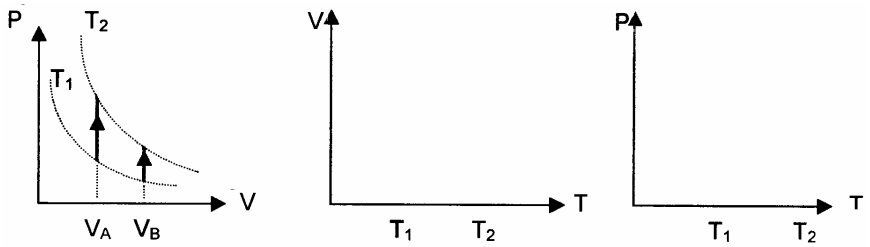
ε) Εκμεταλλευτήκαμε τη δυνατότητα του λογισμικού για σχηματισμό γραφικών παραστάσεων συγχρόνως με την εξέλιξη του πειράματος (ή μετά) και γι' αυτό το σκοπό υπάρχουν οδηγίες στο φύλλο εργασίας, για άνοιγμα και παρατήρηση των γραφικών παραστάσεων σε άξονες P – V, P – T, V – T.

στ) Εν συνεχεία παραμετροποιείται η μελέτη ως προς κατάλληλο μέγεθος (θερμοκρασία για το νόμο Boyle, όγκος για το νόμο του Charles και πίεση για το νόμο του Gay Lussac), για την παρακολούθηση της εξέλιξης των γραφικών παραστάσεων P-V, P-T, V-T, συγχρόνως με τη νέα μεταβολή.(βλ. σχήμα 3)



Σχήμα 3: *ΣΕΠ: Παραμετροποίηση της πίεσης σε ισοβαρή μεταβολή*

ζ) Στο τέλος των τριών πρώτων φύλλων εργασίας ζητείται από τους μαθητές να μεταφέρουν ποιοτικά μια γραφική παράσταση από άξονες P-V σε άξονες V-T και P-T, όπως στην ισόχωρη μεταβολή (σχήμα 4)



Σχήμα 4: *Πολλαπλές γραφικές παραστάσεις στο ίδιο φαινόμενο*

Ειδικά στο νόμο του Boyle υπάρχουν οδηγίες για την πραγματοποίηση 2 επιπλέον ισόθερμων μεταβολών με 10 mole CO_2 και 1 mole CO_2 , πίνακες για συμπλήρωση τιμών και υπολογισμού του γινομένου P•V (όπως ο πίνακας 1) για να γίνει κατανοητό ότι υπάρχουν συνθήκες για την σταθερότητα του παραπάνω γινομένου.

Για την αξιοποίηση των υπολογισμών υπάρχουν οι ερωτήσεις: Πότε το γινόμενο P • V μπορούμε να πούμε ότι παίρνει σταθερές τιμές; α) Όταν η P είναι μεγάλη ή μικρή; β) Όταν ο V είναι μεγάλος ή μικρός; γ) Όταν ο αριθμός mole (n) είναι μεγάλος ή μικρός; δ) Παίζει ρόλο το είδος του αερίου;

Σ' αυτό το σημείο προτείνεται να εισαχθεί η έννοια του "ΙΔΑΝΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ".

Η τέταρτη πειραματική διαδικασία αφιερώθηκε στον υπολογισμό του έργου σε ισοβαρή και ισόθερμη μεταβολή, με μέτρηση του εμβαδού κάτω από την αντίστοιχη γραφική παράσταση σε άξονες P-V. Στο φύλλο εργασίας :

α) Υπάρχουν όλες οι οδηγίες για την πραγματοποίηση των μεταβολών.

β) Ζητείται να καταγραφούν οι μετρήσεις σε κατάλληλα διαμορφωμένο πίνακα. (πίνακας 3) και να γίνουν υπολογισμοί, συσχετίζοντας τα μεγέθη.

γ) Τελικά γίνεται σύγκριση του αποτελέσματος της εμβαδομέτρησης με το έργο που υπολογίζεται από το λογισμικό.

δ) προτείνεται συζήτηση για τις αποκλίσεις που θα παρατηρηθούν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

(Για τον υπολογισμό του έργου με στοιχειώδη εμβαδά)

α/α	**P (N/m^2)**	**ΔV (m^3)**	**P x ΔV**
1	x 10^5	--------	--------
2	x 10^5	(21-20)x10^{-3}	
3	x 10^5	(22-21)x10^{-3}	
4	x 10^5	1 x10^{-3}	
5	x 10^5	1 x10^{-3}	
6	x 10^5	1 x10^{-3}	
7	x 10^5	1 x10^{-3}	
8	x 10^5	1 x10^{-3}	
9	x 10^5	1 x10^{-3}	
10	x 10^5	1 x10^{-3}	
11	x 10^5	1 x10^{-3}	
		Άθροισμα :	

Στο πέμπτο φύλλο εργασίας για τον κύκλο του Carnot υπάρχουν:

α) Οδηγίες για την χρήση του applet.

β) Πίνακας για να σημειωθούν οι τιμές έργου, εσωτερικής ενέργειας και θερμότητας που υπολογίζονται από την προσομοίωση, με το σταμάτημα του κύκλου στο τέλος κάθε μεταβολής.(πίνακας 4)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

	W (έργο)	**ΔU** (εσωτ. ενέργεια)	**Q** (θερμότητα)
Ισόθερμη εκτόνωση			
Αδιαβατική εκτόνωση			
Ισόθερμη συμπίεση			
Αδιαβατική συμπίεση			

γ) Ερωτήσεις για την ποιοτική εκμετάλλευση αυτών των τιμών που αποσκοπούν στον έλεγχο αλλά και στην εμπέδωση προηγούμενων γνώσεων: Σε ποιες μεταβολές η ΔU είναι μηδέν; Σε ποια μεταβολή η ΔU είναι θετική; (γιατί;) Σε ποια μεταβολή το αέριο αποδίδει ενέργεια μέσω έργου στο περιβάλλον χωρίς να δέχεται ενέργεια απ' αυτό; Σε ποια μεταβολή η θερμότητα Q είναι θετική (Q_h); Αυτό σημαίνει ότι το αέριο απορρόφησε ή απέδωσε θερμότητα;

δ) Τελικά ζητείται να υπολογιστεί ο συντελεστής απόδοσης με δυο τρόπους: από τις τιμές Q_h και Q_c του πίνακα και τις τιμές T_h και T_c που φαίνονταν στο applet.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε κατά το σχολικό έτος 2002 – 2003 στο 3^{ο} Ε.Λ. Σταυρούπολης σε τμήμα 24 μαθητών Β΄ Λυκείου θετικής κατεύθυνσης, χωρισμένων σε διμελείς ομάδες ανά υπολογιστή.

Θα προσπαθήσουμε να αποδώσουμε, σε γενικές γραμμές την προσωπική μας εκτίμηση από τη εφαρμογή της παρούσας διδακτικής πρότασης στην τάξη. Οι παρατηρήσεις μας δεν είναι προϊόν συστηματικής έρευνας ούτε χρησιμοποιήθηκε κανενός είδους εργαλείο ελέγχου για την αξιολόγηση του αποτελέσματος.

Αφιερώσαμε μια διδακτική ώρα για την εξοικείωση των μαθητών με το ΣΥΝΘΕΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (ΣΕΠ). Έγινε επίδειξη του περιβάλλοντος και των δυνατοτήτων του, με χρήση βιντεοπροβολέα και στη συνέχεια εξασκήθηκαν οι μαθητές σε ομάδες των δύο ατόμων ανά υπολογιστή. Πραγματοποίησαν 3 μεταβολές, με σταθερή θερμοκρασία - όγκο – πίεση. Ασκήθηκαν στο χειρισμό των γραφικών παραστάσεων αλλάζοντας μεγέθη και κλίμακες. Για το applet δεν απαιτήθηκε χρόνος εξοικείωσης.

Όσον αφορά στην πορεία της διδακτικής διαδικασίας κατά τη διάρκεια των πέντε εικονικών εργαστηριακών ωρών, έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Οι μαθητές πραγματοποίησαν με αρκετή άνεση τις πειραματικές διαδικασίες και τα μικροπροβλήματα χειρισμών γρήγορα ξεπεράστηκαν.
- Κατέγραψαν τις ζητούμενες τιμές των μεγεθών και τις επεξεργάστηκαν επιτυχώς.
- Στην ερμηνεία των μετρήσεων, οι περισσότεροι φάνηκε να μπορούν να διατυπώσουν προφορικά αρκετά καλά νόμους και σχέσεις μεγεθών. Όπου όμως έπρεπε να γράψουν τις παρατηρήσεις και τις απόψεις τους, έδειξαν απροθυμία, προερχόμενη μάλλον απ' το γεγονός ότι δεν είναι συνηθισμένοι σε τέτοιου είδους εργασία κατά τη διάρκεια της διδακτικής ώρας. Τελικά όμως, με την παρότρυνση του διδάσκοντος, τα φύλλα εργασίας συμπληρώθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό.
- Η ενασχόληση των μαθητών με τις γραφικές παραστάσεις, στους νόμους των αερίων, είχε θετικά αποτελέσματα, όπως φάνηκε από τις σχετικές δραστηριότητες αξιολόγησης στα φύλλα εργασίας αλλά και αργότερα στην τάξη, όταν δικαιολογήσαμε θεωρητικά τη μορφή των γραφικών παραστάσεων, όπως και στην επίλυση σχετικών ασκήσεων.
- Ένα γενικότερο θετικό αποτέλεσμα της διαδικασίας ήταν η προθυμία των παιδιών και η ενεργός συμμετοχή τους στη διαδικασία των εργαστηριακών μαθημάτων.

ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ

Στην περίπτωση των μεταβολών αερίων που διδάσκονται στη Θερμοδυναμική της Β΄ Λυκείου κατεύθυνσης εφαρμόσαμε μια εργαστηριακή προσέγγιση στηριζόμενη σε φύλλα εργασίας, προσπαθώντας να εκμεταλλευτούμε δυνατότητες που προσφέρουν οι ΤΠΕ, καθώς δεν είναι εύκολη η εφαρμογή των πειραματικών στόχων που τα Προγράμματα Σπουδών υποδεικνύουν μέσω παραδοσιακού εργαστηρίου. Τα φύλλα εργασίας σχεδιάστηκαν με σκοπό να εμπλακούν οι μαθητές ενεργά σε εικονικές πειραματικές διαδικασίες και να υποστηριχτεί έτσι η προσπάθεια κατανόησης της

φύσης αυτών των φαινομένων και των σχέσεων- νόμων που τα διέπουν. Ταυτόχρονα επιδιώκαμε την αξιοποίηση των γραφικών παραστάσεων οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στην περιγραφή των μεταβολών και την εξοικείωση των μαθητών με τη συστηματικότερη χρήση τους. Η εφαρμογή του συνολικού πακέτου στην τάξη έδειξε ότι ήταν εφικτή η ολοκλήρωση κάθε φύλλου εργασίας στον προβλεπόμενο χρόνο της μιας διδακτικής ώρας, ότι οι μαθητές σε γενικές γραμμές ανταποκρίθηκαν αρκετά καλά και εκτέλεσαν σωστά το σύνολο σχεδόν των δραστηριοτήτων, αλλά και εκδήλωσαν θετικές στάσεις απέναντι σε μια τέτοια προσέγγιση της Φυσικής με τη βοήθεια λογισμικών. Η εμπειρία που αποκομίσαμε από τη συνολική εφαρμογή μας οδηγεί στη διαπίστωση ότι η αξιοποίηση των ΤΠΕ μπορεί να προσφέρει λύσεις στο ζήτημα της εργαστηριακής διδασκαλίας της Φυσικής, υπό την προϋπόθεση του προσεκτικού διδακτικού σχεδιασμού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Επίκουρο Καθηγητή, του τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ. κ. Ε. Χατζηκρανιώτη, για τις πολύτιμες υποδείξεις του στη σύνθεση της εργασίας. Ευχαριστούμε επίσης, τον Αλέξανδρο Ανδρεάδη επιμορφωτή ΤΠΕ, για την πολύπλευρη βοήθειά του, την Αθηνά Βαρυπάτη επιμορφώτρια ΤΠΕ και τον συνάδελφο Ιωάννη Καραμπατζάκη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. de Berg, K. C., Treagust, D. F., "The presentation of gas properties in chemistry textbooks and as reported by science teachers", *Journal of research in science teaching, vol. 30, No. 8, pp. 881- 882 1993.*
2. Hartley, J.R., Byard, M.J. & Mallen, C., "Qualitative modeling and conceptual change in science students". *In Birnbaum,L. (ed) The International Conference on the Learning Sciences: Proceedings of the 1991 Conference, p 222-230. Charlottesville Va: Association for the Advancement of Computing in Education. 1991*
3. McDermott, L., "Students difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics", *American Journal of Physics, Vol. 55 No 6, June 1987, pp 503-513*
4. Roth, W. (1995). Affordances of Computers in Teacher-Student Interactions: The Case of Interactive Physics. *Journal of research in science teaching, Vol 32, No 4, p 329-347*
5. Κορομπίλης, Κ., «Σχεδιασμός και ανάπτυξη Εικονικού Εργαστηρίου σε περιβάλλον πολυμέσων», *Διπλωματική εργασία ΠΜΣ- ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, 2002*.
6. Μπισδικιάν, Γ., «Μελέτη της εφαρμογής πολυμέσων στη διδασκαλία γραφικών παραστάσεων και φυσικών εννοιών». *Διδακτορική διατριβή, ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, 2000.*
7. Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης: Φυσικές Επιστήμες/ ΥΠΕΠΘ- *Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα, 1999*.
8. Ρεφανίδης, Ι., Κορομπίλης, Κ., Μπάρμπας, Α., Κατσούλης, Δ., Χατζηκρανιώτης, Ε., Βλαχάβας, Ι.Αργυράκης, Π., Ψύλλος, Δ., «Εικονικό Εργαστήριο Θερμοδυναμικής», *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση», ΣΕΠΔΕΘ, Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2000.*