



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ”

ΑΞΟΝΑΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ 1: “Παιδεία & Πολιτισμός”
Μέτρο 1.2: «Εισαγωγή & Αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών στην Εκ-
παίδευση»

Τίτλος Έργου: «ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟ-
ΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ & ΕΠΙΚΟΙΝΩ-
ΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ»

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Σ.Ε.Π.

Δραστηριότητα Θερμοδυναμικής
(Φύλλο Εργασίας Καθηγητή)



Τομέας Επιμόρφωσης & Κατάρτισης

ΠΑΤΡΑ - 2002

Θερμοδυναμική- Ενότητα 2: Νόμοι των αερίων (Β΄ Λυκείου)

ΦΥΛΛΟ ΟΔΗΓΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ 7

Πείραμα 7: Ισόθερμη μεταβολή -Νόμος Boyle-Mariotte

Στόχοι:

Ο μαθητής να μπορέσει:

1. να διαπιστώσει την αντίστροφη αναλογία μεταξύ όγκου και πίεσης του αερίου όταν η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή
2. να κατανοήσει το ρόλο της αρχικής θερμοκρασίας ως παραμέτρου της ισόθερμης μεταβολής
3. να μελετήσει την ισόθερμη μεταβολή με επεξεργασία των γραφικών παραστάσεων P- V, V- T και P- T και,
4. να μελετήσει το έργο, συνδέοντας την παραγωγή του με εκτόνωση και τη δαπάνη του με συμπίεση του αερίου.

Περιγραφή πειράματος:

Ο μαθητής μεταβάλλει τον όγκο του δοχείου και παρακολουθεί τη μεταβολή πίεσης τόσο με μετρητή, όσο και με γραφική παράσταση P- V, που εξελίσσεται μαζί με το πείραμα. Σε όλη τη διάρκεια του πειράματος δεν μεταβάλλει τον αριθμό των moles του αερίου στο δοχείο ούτε τη θερμοκρασία. Το έμβολο είναι κλειδωμένο. Επαναλαμβάνει το πείραμα και για δεύτερη σταθερή τιμή θερμοκρασίας. Καλείται

(α) να συσχετίσει την πίεση με τον όγκο

(β) να συμπεράνει την παραγωγή /κατανάλωση έργου συσχετίζοντάς την και με την κίνηση του εμβόλου.

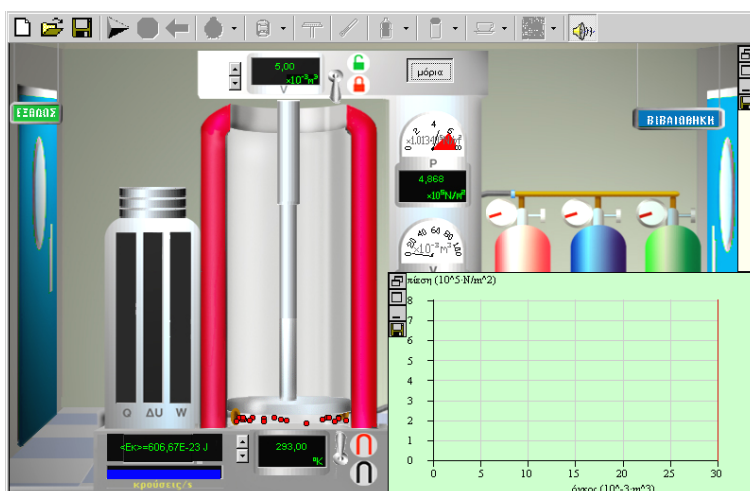
Οι μαθητές εργάζονται σε διμελείς ομάδες ακολουθώντας τις οδηγίες φύλλου εργασίας.

□ Αρχικές συνθήκες

Αέριο: ήλιο.

Κατά την κρίση του καθηγητή οι μαθητές μπορούν:

- είτε να ανοίξουν μέσα από το πρόγραμμα το αρχείο Gas00.lab και να ρυθμίσουν τις παραμέτρους της διάταξης (κατάσταση εμβόλου, τιμές θερμοκρασίας



κλπ) και της γραφικής παράστασης ακολουθώντας τις οδηγίες,

- είτε να ανοίξουν μέσα από το πρόγραμμα το αρχείο Gas07.lab. Σ' αυτή την περίπτωση θα βρεθούν σε ένα περιβάλλον όπου όλες οι αρχικές συνθήκες είναι ρυθμισμένες και θα κερδίσουν χρόνο για τη διεξαγωγή του πειράματος.

Η πρώτη περίπτωση είναι πιο χρονοβόρα, αλλά προσφέρει το πλεονέκτημα ότι οι μαθητές ίσως εξοικειωθούν καλύτερα με την έννοια «αρχικές συνθήκες». Ίσως είναι σκόπιμο στις πρώτες επαφές τους με το εικονικό εργαστήριο Θερμοδυναμικής να ακολουθήσουν την πρώτη λύση και, αργότερα, στα επόμενα πειράματα, να χρησιμοποιήσουν τα έτοιμα αρχεία .lab.


Να σημειωθεί ότι το μοριακό μοντέλο εμφανίζεται μόνο αν πιεστεί το κατάλληλο κουμπί, ώστε οι μαθητές να συνηθίσουν στην ιδέα ότι πρόκειται για μια επιστημονική αναπαράσταση και όχι για μια ρεαλιστική ορατή πραγματικότητα.

□ **Εκτέλεση πειράματος ισόθερμης μεταβολής- Καταγραφή δεδομένων**

Οι μαθητές μεταβάλλουν τον όγκο με σταθερή θερμοκρασία σύμφωνα με προκαθορισμένες τιμές του Πίνακα 1. Συμπληρώνουν τις τιμές πίεσης από το μετρητή. Στον Πίνακα 2 συμπληρώνουν επίσης από τους μετρητές τις τιμές θερμότητας, μεταβολής εσωτερικής ενέργειας και έργου μόνο για τον τελικό όγκο των $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ (μόνο την 1^η γραμμή του πίνακα). Ταυτόχρονα παρατηρούν το σχηματισμό γραφικής παράστασης P- V.

□ **Επεξεργασία δεδομένων- Συσχετισμοί**

Συσχετίζουν πίεση- όγκο από τα δεδομένα. Λαμβάνουν με κλικ στην καμπύλη τις τιμές πίεσης σε τρεις συγκεκριμένες τιμές όγκου και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα δυο μεγέθη είναι αντιστρόφως ανάλογα.

 **Θεωρητική υποστήριξη: α). ορισμός ισόθερμης μεταβολής- Νόμος Boyle- Mariotte ως περίπτωση της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων β). ορισμός αντιστρεπτής μεταβολής**

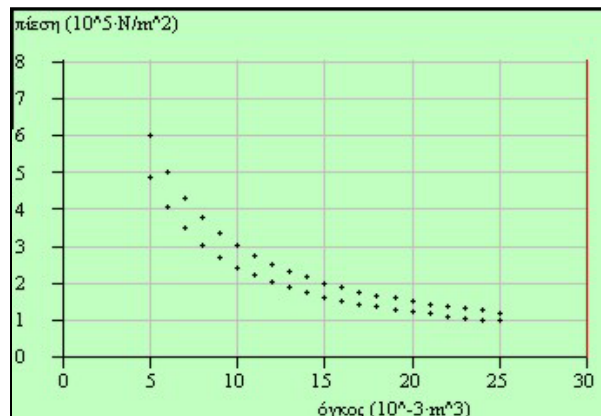
□ **Έλεγχος αντιστρεπτότητας**

Πραγματοποιούν τη μεταβολή αντίστροφα και διαπιστώνουν ότι είναι αντιστρεπτή.

□ **Επανάληψη πειράματος- παραμετροποίηση της θερμοκρασίας.**

Επαναλαμβάνουν τη μεταβολή με μεγαλύτερη θερμοκρασία. Πριν αυξήσουν τη θερμοκρασία, σταματούν από το κουμπί «STOP» την καταγραφή δεδομένων (η καμπύλη δε συνεχίζει την εξέλιξή της). Δεν πιέζουν το κουμπί «Επαναφορά», γιατί αλλιώς θα χαθούν τα μέχρι τώρα δεδομένα και θα σβήσουν οι καμπύλες. Όταν είναι έτοιμοι, ξεκινούν πάλι το πείραμα και η νέα καμπύλη σχηματίζεται σε διαφορετική θέση στους ίδιους άξονες. Συμπληρώνουν και τη 2^η γραμμή του Πίνακα 2 (θερμότητα, μεταβολή εσωτερικής ενέργειας και έργο) και πάλι μόνο για τον τελικό όγκο των $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.

- **Αναμενόμενη μορφή γραφικών παραστάσεων P- V για αέριο ήλιο από $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ - $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ σε θερμοκρασίες 293°K και 363°K αντίστοιχα:**

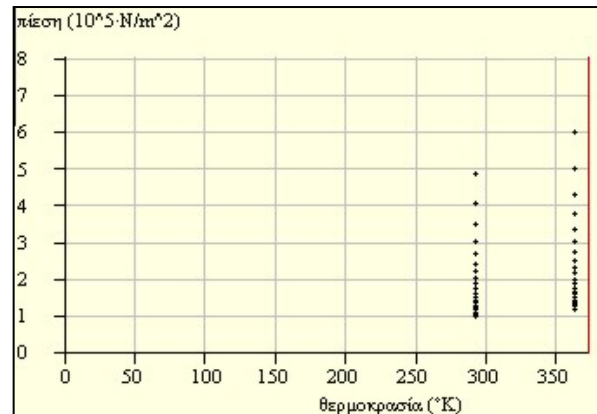
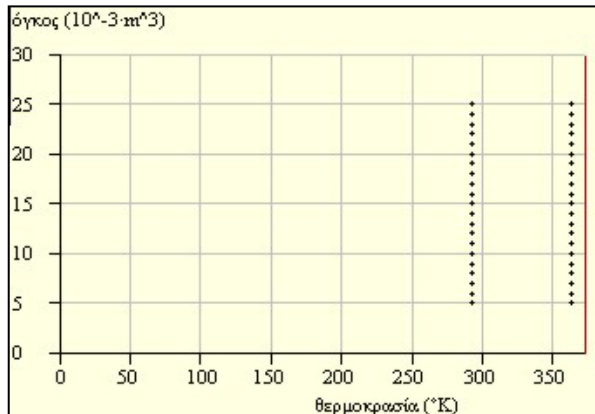


- **Επιβεβαίωση- σύγκριση**


Διαπιστώνουν ότι η σχέση P- V δεν άλλαξε. Συγκρίνουν τις τιμές πίεσης στις ίδιες τρεις τιμές όγκου που είχαν πάρει με κλικ στην αρχική καμπύλη, με τις αντίστοιχες της νέας καμπύλης.

Σημείωση: Στο σημείο αυτό αν ο καθηγητής κρίνει ότι δεν είναι εφικτή η ολοκλήρωση του πειράματος στα χρονικά όρια της διδακτικής ώρας, μπορεί να διακόψει τη συνέχιση των δραστηριοτήτων για ένα επόμενο μάθημα. Τότε οι μαθητές θα ανοίξουν πάλι το αρχείο Gas07.lab και θα εκτελέσουν ξανά τις μεταβολές ως εδώ, χωρίς καταγραφή δεδομένων –κάτι που απαιτεί ελάχιστο χρόνο.

- ❑ **Πρόβλεψη: Άλλες γραφικές παραστάσεις της ισόθερμης μεταβολής- Επιβεβαίωση**
Καλούνται να σχεδιάσουν πώς νομίζουν ότι θα είναι η μορφή των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων V- T και P- T και επιβεβαιώνουν ανοίγοντάς τες από το πρόγραμμα.
- ❑ **Αναμενόμενη μορφή γραφικών παραστάσεων V- T και P- T για αέριο ήλιο από $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ - $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ σε θερμοκρασίες 293°K και 363°K αντίστοιχα:**




- ❑ **Μελέτη του έργου κατά την ισόθερμη μεταβολή**

 **Θεωρητική υποστήριξη: έργο σε μια συμπίεση ή εκτόνωση αερίου με μεταβλητή πίεση.**

Σημειώνουν το έργο με το πρόσημό του από τα δεδομένα του Πίνακα 2 και για τις δυο ισόθερμες μεταβολές. Επίσης βρίσκουν τη σχέση ΔU , Q και W .

- ❑ **Συμπέρασμα για το έργο- συσχετισμός με την κίνηση του εμβόλου.**

Συσχετίζουν την παραγωγή ή δαπάνη έργου με την κίνηση του εμβόλου και το είδος της μεταβολής: συμπίεση ή εκτόνωση. Πραγματοποιούν και μια συμπίεση στους 273°K (αφού πιέσουν το κουμπί «STOP» και το κουμπί «επαναφορά»), για να διαπιστώσουν τη μείωση έργου (αρνητικό πρόσημο).

 **Θεωρητική υποστήριξη: 1^{ος} Θερμοδυναμικός Νόμος**

Ακολουθεί η φάση με τις πιο «προχωρημένες» ενέργειες που αποσκοπούν στην εμβάθυνση των μαθητών σε ορισμένες πλευρές του θέματος, στην καλύτερη κατανόηση, αλλά και σε δεξιότητες όπως σύγκριση, συνδυασμός με προηγούμενες γνώσεις κ.λ.π. Η φάση αυτή έχει τον τίτλο:

🔗 **ΑΣ ΕΜΒΑΘΥΝΟΥΜΕ ΛΙΓΟ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ**

και μπορεί να εκτελεστεί ή όχι κατά την κρίση του καθηγητή, ανάλογα με το διαθέσιμο χρόνο, το επίπεδο των μαθητών, και τις συγκεκριμένες κάθε φορά συνθήκες. Ο χρόνος υλοποίησης μπορεί να διατεθεί τόσο στο τέλος της τρέχουσας διδακτικής ώρας, όσο και σε μια επόμενη διδακτική ώρα, οπότε οι μαθητές θα πρέπει να έχουν φυλάξει το φύλλο εργασίας με τις μετρήσεις τους από την 1^η φάση για να προβούν στις απαραίτητες συγκρίσεις δεδομένων.

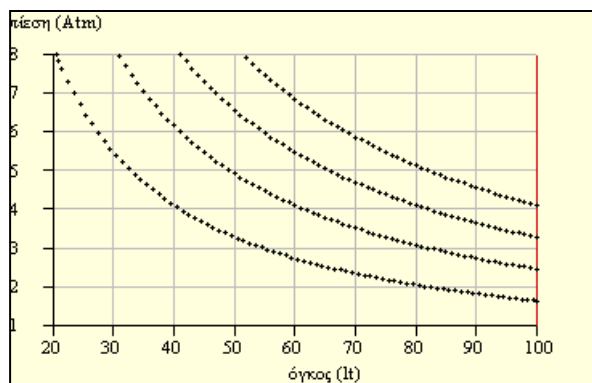
❑ **Προβληματισμός**

Μπορεί να απαντηθεί είτε το **A.** είτε το **B.** (παρακάτω):

A. Καλούνται να αντιστοιχήσουν στις τέσσερις διαφορετικές ισόθερμες καμπύλες (για 10 mol He) της εικόνας ($T_1=500^\circ\text{K}$, $T_2=300^\circ\text{K}$, $T_3=200^\circ\text{K}$, $T_4=400^\circ\text{K}$), τις αντίστοιχες θερμοκρασίες.

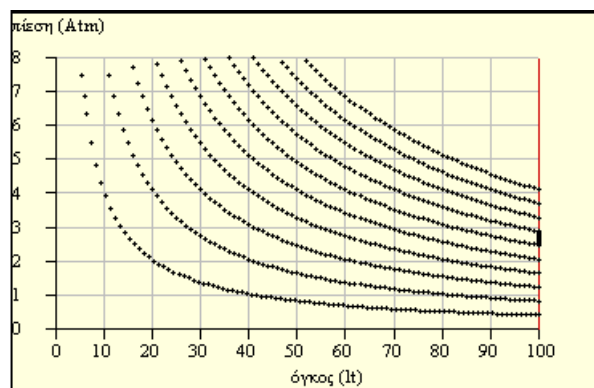
❑ **Επιβεβαίωση**

Μπορούν να επιβεβαιώσουν εκτελώντας τις μεταβολές μεταξύ 100 και 20 lt από το πρόγραμμα, με μια επισήμανση: σε αρκετές από τις μεταβολές η πίεση θα αυξηθεί μάλλον πάνω από τα όρια και η μεταβολή θα διακοπεί σε εκείνη την τιμή όγκου. Πιέζοντας το κουμπί «STOP» μπορούν να συνεχίζουν με την επόμενη μεταβολή κ.λ.π. Οι καμπύλες σε κάθε περίπτωση θα συνεχίζουν να σχηματίζονται, με τελικό αποτέλεσμα όπως στην εικόνα.



B. Καλούνται να υποθέσουν πώς δικαιολογούνται 10 διαφορετικές ισόθερμες του ίδιου αερίου (He), όλες στη θερμοκρασία των 500°K . (Προφανώς έχουμε διαφορετικό αριθμό mol: από 1-10).

Πρέπει να προτείνουν μια πειραματική διαδικασία επιβεβαίωσης: τη γράφουν στο φύλλο εργασίας και την προτείνουν στην τάξη με την άδεια του καθηγητή. Αν ο τελευταίος το επιτρέψει, επιβεβαιώνουν εκτελώντας τις μεταβο-



λής μεταξύ 100 – 0 lt (προφανώς ισχύει και πάλι η παραπάνω επισήμανση σχετικά με τα όρια πίεσης).

Σε κάθε περίπτωση (**A.** και **B.**) καλό είναι να ανοίξουν και πάλι το αρχείο Gas07.lab, απαντώντας όμως αρνητικά στην ερώτηση του προγράμματος για αποθήκευση αλλαγών. Μεταξύ κάθε επανεκτέλεσης πρέπει να πιέζουν «STOP» και «Εκτέλεση πειράματος», ώστε να λάβουν τις νέες καμπύλες μαζί με τις προηγούμενες. (Αν η υλοποίηση γίνει σε άλλη διδακτική ώρα θα αξιοποιήσουν όσες καμπύλες είχαν σχεδιάσει στο φύλλο εργασίας για σύγκριση, γιατί αυτό πρέπει να το φέρουν μαζί τους).

□ **Ενημέρωση της τάξης**

Είτε μέσω e-mail (διέγερση ενδιαφέροντος), είτε και προφορικά ώστε να υπάρξει διάλογος, κατά την κρίση του **καθηγητή**.

Σημείωση: στα φύλλα εργασίας των μαθητών προσφέρεται συνοπτική θεωρητική υποστήριξη σε κρίσιμα σημεία. Είναι προφανές ότι στα πλαίσια ενός φύλλου εργασίας δεν είναι δυνατή ούτε και σκόπιμη η αναλυτική θεωρητική τεκμηρίωση. Ο καθηγητής έχει την επιλογή, κατά την κρίση του και ανάλογα με τις συνθήκες και το επίπεδο της τάξης, να επεκτείνει ή όχι αυτές τις θεωρητικές επισημάνσεις.

Ακολουθεί ο συνοπτικός πίνακας των μεταβλητών που χειρίζονται οι μαθητές κατά τη διάρκεια του πειράματος. Η διάκριση σε εξαρτημένες μεταβλητές και μεταβλητές εξόδου πρακτικά σημαίνει ότι, σε κάποια πειράματα είναι δυνατόν να έχουμε πολλές εξαρτημένες μεταβλητές, ενώ μπορεί να μην ταυτίζονται όλες με εκείνες που πραγματικά ενδιαφέρουν ως εξαγόμενο στο τέλος του πειράματος. Αυτές χαρακτηρίζονται ως μεταβλητές εξόδου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

ΣΤΑΘΕΡΑ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ ΕΙΣΟΔΟΥ (ανεξάρτητη μεταβλητή)	ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΞΟΔΟΥ
n	T (και n στη φάση «Ας εμβαθύνουμε...»)	V	P, W	P, W

□ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΥΛΙΚΟ

Αρχείο Gas00.lab: εμφανίζει το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου Θερμοδυναμικής με έμβολο ελεύθερο, τοιχώματα θερμοαγωγά, κανένα αέριο στο δοχείο, όγκο μηδενικό, πίεση μηδενική και θερμοκρασία 293⁰ K. Στους μαθητές παρέχεται η ελευθερία εισαγωγής- εξαγωγής οποιουδήποτε αερίου.

Αρχείο Gas07.lab: εμφανίζει το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου Θερμοδυναμικής με ρυθμισμένες τις αρχικές συνθήκες του πειράματος 7. Στους μαθητές παρέχεται η ελευθερία εισαγωγής- εξαγωγής οποιουδήποτε αερίου.

Ο μαθητής θα πρέπει υποχρεωτικά να ανοίξει ένα από τα δυο αρχεία, αλλιώς δε θα μπορεί να πραγματοποιήσει καμία απολύτως μεταβολή, επειδή εξ ορισμού στο περιβάλλον μαθητή δεν παρέχεται καμία ελευθερία επιλογών, ούτε καν η εισαγωγή- εξαγωγή αερίου από το δοχείο.

Οδηγία πρόσβασης στα ανωτέρω αρχεία:

Από την επιλογή «Αρχείο» στο μενού επιλέγουμε «Άνοιγμα Πειράματος» και οδηγούμαστε στο φάκελο «Program Files\NAYΣΙΚΑ\ΣΕΠ\LabFiles\Πειράματα Θερμοδυναμικής» μέσα στον οποίο βρίσκονται τα αρχεία που ζητάμε.