



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ”

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

Τίτλος Έργου: «ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ
ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ &
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ»

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Σ.Ε.Π.

Δραστηριότητα Θερμοδυναμικής
(Φύλλο Εργασίας Μαθητή)



Τομέας Επιμόρφωσης & Κατάρτισης

ΠΑΤΡΑ - 2002

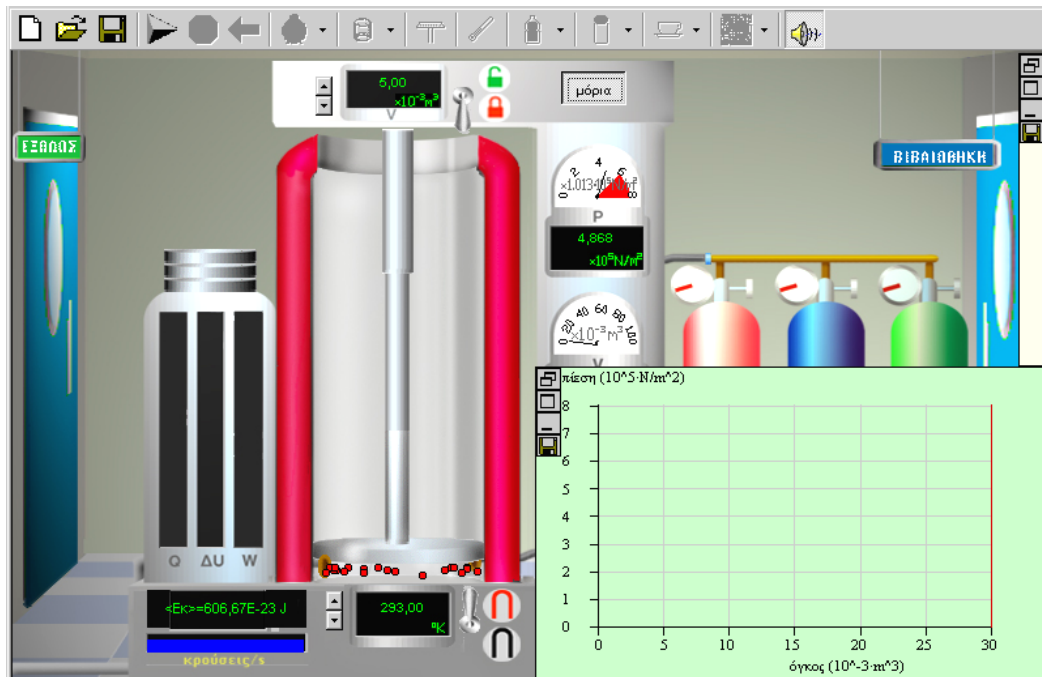
Ισόθερμη μεταβολή -Νόμος Boyle-Mariotte

Περιβάλλον: Εικονικό εργαστήριο Θερμοδυναμικής. Έμβολο δοχείου κλειδωμένο. Τοιχώματα δοχείου θερμαγωγά.

Περιγραφή: Στην εργασία αυτή θα παρακολουθείτε και θα καταγράφετε τις μεταβολές στην πίεση του αερίου στο δοχείο, όταν μεταβάλλεται ο όγκος του• δε θα μεταβάλλετε τον αριθμό n των mol του αερίου στο δοχείο ούτε τη θερμοκρασία T . Πιο συγκεκριμένα: (α) θα καταγράψετε τις μεταβολές πίεσης από το μετρητή, (β) θα εξετάσετε τη σχέση μεταξύ της πίεσης του αερίου και του όγκου του με επεξεργασία γραφικών παραστάσεων και (γ) θα βρείτε το παραγόμενο έργο. Η διαδικασία θα επαναληφθεί και με δεύτερη τιμή θερμοκρασίας. Να ακολουθείτε τις οδηγίες λεπτομερώς και με τη σειρά. (Αν θέλετε να παρακολουθείτε μικροσκοπικά την κίνηση των μορίων πιέστε το κουμπί «μόρια»)

Ενέργειες:

Αρχικές συνθήκες



- Ανοίξετε το αρχείο Gas00.lab και διαμορφώστε την πειραματική διάταξη όπως στην εικόνα (εναλλακτικά ανοίξετε το αρχείο Gas07.lab).
- Έμβολο κλειδωμένο. Γραφική παράσταση (κάτω) P- V με κλίμακα πίεσης από 0- $8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ και όγκου 0- $30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Αρχικός όγκος $V_0 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$.
Εισαγωγή 1 mol He (κόκκινη φιάλη). Αυτή η ποσότητα θα παραμείνει σταθερή σε όλη τη διάρκεια του πειράματος. Αφήστε την αρχική θερμοκρασία του δοχείου $T_0 = 293^0 \text{ K}$ για όλη τη μεταβολή.
- Η γραφική παράσταση P- V θα είναι ανοιχτή στο μεσαίο μέγεθος κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Εκτέλεση πειράματος ισόθερμης μεταβολής- Καταγραφή δεδομένων

- Πιέστε το κουμπί «εκτέλεση πειράματος» (το βελάκι που δείχνει προς τα δεξιά).
- Αυξάνοντας τον όγκο συμπληρώστε τον Πίνακα 1 και την 1^η γραμμή του Πίνακα 2 με τις τιμές που σας δίνουν οι μετρητές πίεσης, θερμότητας, εσωτερικής ενέργειας και έργου.

| A/A | V (m ³) | P (N/m ²) |
|-----|---------------------|-----------------------|
|-----|---------------------|-----------------------|

| ΠΙΝΑΚΑΣ 1 | | |
|-----------|---------------------|--|
| 1 | 5.10 ⁻³ | |
| 2 | 10.10 ⁻³ | |
| 3 | 15.10 ⁻³ | |
| 4 | 20.10 ⁻³ | |
| 5 | 25.10 ⁻³ | |

| ΠΙΝΑΚΑΣ 2 | | | | |
|-----------|---------------------|--------|---------|--------|
| T (°K) | V (m ³) | Q (KJ) | ΔU (KJ) | W (KJ) |
| 293 | 25.10 ⁻³ | | | |
| 363 | 25.10 ⁻³ | | | |

Επεξεργασία δεδομένων- Συσχετισμοί

- Τι παθαίνει η πίεση, όταν ο όγκος αυξάνεται;
- Με κλικ σε ένα σημείο της καμπύλης μπορείτε να δείτε τα ζεύγη τιμών (P, V) που αντιστοιχούν σε αυτό. Βρείτε μ' αυτόν τον τρόπο ποια πίεση αντιστοιχεί στις πιο κάτω τιμές όγκου (αν χρειαστεί μεγεθύνετε προσωρινά το γράφημα):

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| $V_{1a} = 8.10^{-3} \text{ m}^3$ | $P_{1a} = \dots \text{ N/m}^2$ |
| $V_{2a} = 12.10^{-3} \text{ m}^3$ | $P_{2a} = \dots \text{ N/m}^2$ |
| $V_{3a} = 18.10^{-3} \text{ m}^3$ | $P_{3a} = \dots \text{ N/m}^2$ |

 Τι σχέση έχουν μεταξύ τους τα δυο μεγέθη P και V; Είναι ποσά

«Η αντιστρεπτή μεταβολή μιας σταθερής μάζας ενός αερίου, όταν η θερμοκρασία του διατηρείται σταθερή, λέγεται ισόθερμη. Τα μεγέθη P και V έχουν τη σχέση:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Η σχέση (Νόμος Boyle- Mariotte) είναι εφαρμογή (και η συνηθέστερη μορφή) της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων (n ο αριθ. των moles, P η πίεση, R η παγκόσμια σταθερά των αερίων).

Αντιστρεπτή ονομάζεται η μεταβολή ενός συστήματος, όταν αυτό περνάει από μια σειρά διαδοχικών καταστάσεων ισορροπίας, την οποία μπορεί να πραγματοποιήσει και κατά τη μια φορά και κατά την αντίθετή της.»

Έλεγχος αντιστρεπτότητας

- Είναι αντιστρεπτή η ισόθερμη μεταβολή που μόλις πραγματοποιήσατε; Δεν έχετε παρά να ελαττώνετε διαδοχικά τον όγκο από 25.10⁻³ m³ μέχρι 5.10⁻³ m³ και να συγκρίνετε τις διαδοχικές τιμές πίεσης με εκείνες που καταγράψατε στον Πίνακα 1

Επανάληψη πειράματος με διαφορετική θερμοκρασία

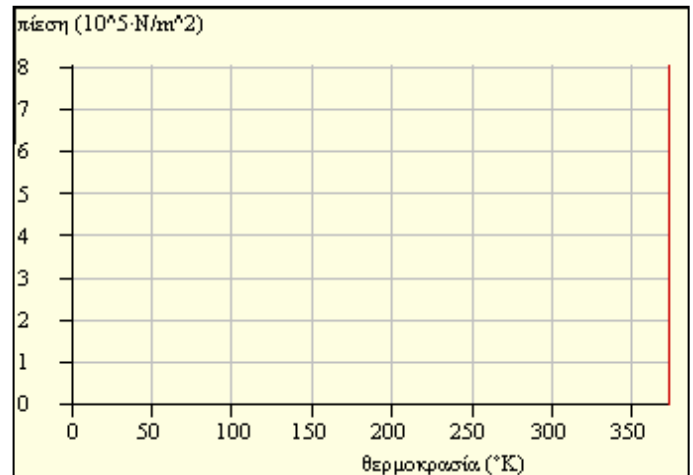
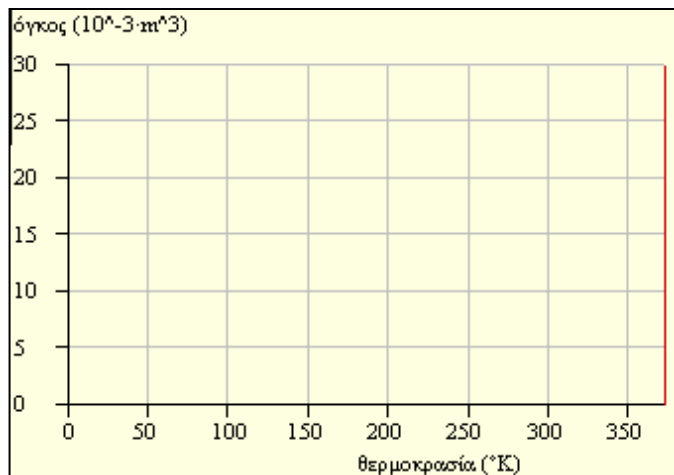
- Πιέστε το κουμπί «STOP» (διακοπή πειράματος). Διατηρώντας τον όγκο στα $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ αυξήστε τη θερμοκρασία στο δοχείο σε 363° K .
- Πιέστε το κουμπί «εκτέλεση πειράματος».

Επιβεβαίωση- σύγκριση

- Πραγματοποιήστε μια 2^η ισόθερμη μεταβολή, όπως και προηγουμένως, συμπληρώνοντας μόνο τη 2^η γραμμή του Πίνακα 2. Παρακολουθείτε το σχηματισμό της γραφικής παράστασης. Είναι πάλι ίδια η σχέση μεταξύ P- V;
Σε τι διαφέρει η νέα ισόθερμη καμπύλη από την προηγούμενη;
.....
- Με κλικ πάνω στη νέα καμπύλη συμπληρώστε όπως πριν τα ζεύγη (V, T).
 $V_{1a} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $P_{1b} = \dots \text{ N/m}^2$
 $V_{2a} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $P_{2b} = \dots \text{ N/m}^2$
 $V_{3a} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $P_{3b} = \dots \text{ N/m}^2$ Οι νέες τιμές πίεσης είναι αυξημένες ή ελαττωμένες, τώρα που υπάρχει μεγαλύτερη θερμοκρασία;

Πρόβλεψη: Άλλες γραφικές παραστάσεις της ισόθερμης μεταβολής

- Ποια μορφή νομίζετε ότι πρέπει να έχουν οι γραφικές παραστάσεις V- T και P- T στις δυο ισόθερμες μεταβολές; Σχεδιάστε τις.



Επιβεβαίωση

- Επιβεβαιώστε ανοίγοντας τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις από το πρόγραμμα. (Μετατρέψτε την πάνω γραφική παράσταση σε V- T και βάλτε αντίστοιχες κλίμακες $0-30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ και $0-373^\circ \text{ K}$. Στη συνέχεια, για την P-T, μετατρέψτε τον άξονα V σε P με κλίμακα $0-8 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$)
- Έχουν οι γραφικές παραστάσεις που σχεδιάσατε την ίδια μορφή με αυτές που σχηματίστηκαν από το πρόγραμμα;

Μελέτη του έργου κατά την ισόθερμη μεταβολή

📖 «Το έργο κατά την εκτόνωση ή συμπίεση αερίου (αύξηση ή ελάττωση του όγκου του αντίστοιχα) με μεταβαλλόμενη πίεση υπολογίζεται γραφικά από το εμβαδόν που περικλείεται ανάμεσα στην καμπύλη P - V και τον άξονα V .»

- Πόσο έργο και με τι πρόσημο παρήχθη κατά το τέλος της πρώτης και δεύτερης ισόθερμης μεταβολής;
 $1^{\text{η}}$ ισόθερμη ($T_1=293^{\circ}\text{K}$) στα $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $W_1=\dots\dots\dots \text{ J}$
 $2^{\text{η}}$ ισόθερμη ($T_2=363^{\circ}\text{K}$) στα $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $W_2=\dots\dots\dots \text{ J}$.
 Ποια η σχέση μεταξύ Q και W ;
 Ποια η σχέση μεταξύ Q , ΔU και W ;

Συμπέρασμα για το έργο

- Προς τα μέσα ή προς τα έξω κινούνταν το έμβολο κατά τη διάρκεια της $1^{\text{ης}}$ και κατά τη διάρκεια της $2^{\text{ης}}$ ισόθερμης μεταβολής;
 Τι μεταβολές ήταν, συμπίεσεις ή εκτονώσεις;
- Πιέστε το κουμπί «STOP» και το κουμπί «επαναφορά». Δώστε **νέα αρχική τιμή θερμοκρασίας 273°K** , αφήστε τον όγκο στα $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ και πιέστε «εκτέλεση πειράματος». Μεταβάλετε την τιμή του όγκου σε $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, παρακολουθήστε τη μεταβολή και καταγράψτε το έργο με το πρόσημό του:
 $W_3=\dots\dots\dots \text{ KJ}$.
 Είναι συμπίεση ή εκτόνωση; Προς τα πού κινούνταν τώρα το έμβολο;

- Τι συμπεραίνετε; Πώς μεταβάλλεται το έργο σε μια ισόθερμη συμπίεση και πώς σε μια εκτόνωση;

- Πότε έχετε παραγωγή και πότε δαπάνη έργου; Στην ισόθερμη συμπίεση
 Στην ισόθερμη εκτόνωση

📖 «Σύμφωνα με τον 1° Θερμοδυναμικό Νόμο ένα μέρος της θερμότητας Q που προσφέρεται σε ένα θερμοδυναμικό σύστημα (στην περίπτωση μας αέριο) δαπανάται για τη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειάς του κατά ΔU και το υπόλοιπο για την παραγωγή μηχανικού έργου W . Η σχέση που εκφράζει το νόμο είναι:

$$Q = \Delta U + W$$

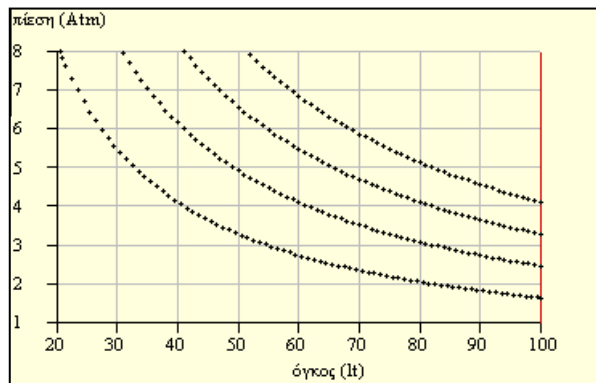
$Q>0$: το σύστημα απορροφά θερμότητα, $Q<0$: το σύστημα αποδίδει θερμότητα, $W>0$: το σύστημα αποδίδει ενέργεια μέσω έργου, $W<0$: το σύστημα απορροφά ενέργεια μέσω έργου, $\Delta U>0$ ή $\Delta U<0$: το σύστημα αυξάνει ή ελαττώνει αντίστοιχα την εσωτερική του ενέργεια (δηλ. το σύνολο όλων των μορφών ενέργειας των ατόμων και μορίων του).»

🔗 ΑΣ ΕΜΒΑΘΥΝΟΥΜΕ ΛΙΓΟ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ

Οι παρακάτω ενέργειες μπορούν να γίνουν, αν το κρίνει ο/η καθηγητής/καθηγήτριά σας, είτε στο τέλος της ώρας, εφόσον φτάνει ο χρόνος, είτε σε μια άλλη διδακτική ώρα.

Προβληματιστείτε:

- Α. Από τη μελέτη της ισόθερμης μεταβολής έχει γίνει φανερό ότι για κάθε ιδανικό αέριο ορισμένης μάζας σε ορισμένη θερμοκρασία το γινόμενο P.V είναι σταθερό. Παρακάτω βλέπετε μια σειρά ισόθερμων καμπυλών του (θεωρούμενου ως ιδανικού) He μάζας 10 mol οι οποίες αντιστοιχούν σε θερμοκρασίες:



$$T_1=500^{\circ}\text{K}$$

$$T_2=300^{\circ}\text{K}$$

$$T_3=200^{\circ}\text{K}$$

$$T_4=400^{\circ}\text{K}$$

Πάνω στην κάθε καμπύλη αναγράψτε την αντίστοιχη θερμοκρασία.

Επιβεβαίωση

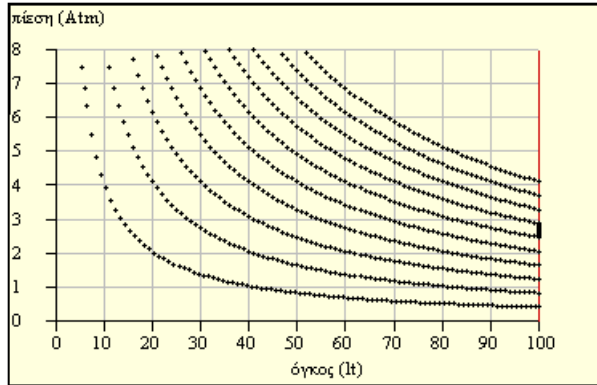
Αν το κρίνει ο/η καθηγητής/καθηγήτριά σας, μπορείτε να

επιβεβαιώσετε ανοίγοντας πάλι το αρχείο Gas07.lab (δεν αποθηκεύετε αλλαγές) και να εκτελέσετε διαδοχικά 4 ισόθερμες συμπίεσεις ή εκτονώσεις 10 mol He μεταξύ 20 και 100 lt ($\cdot 10^{-3} \text{ m}^3$) πιέζοντας «STOP» μόλις τελειώνετε τη μια και «εκτέλεση» πριν αρχίσετε την άλλη (όχι το «επαναφορά»). Αν η πίεση υπερβεί τα όρια αντοχής του δοχείου, η συγκεκριμένη μεταβολή θα σταματήσει στον όγκο εκείνης της στιγμής. Εσείς με «STOP» θα συνεχίσετε κανονικά στην επόμενη μεταβολή σας. Αν δε θέλετε να συμβεί αυτό, μπορείτε να κάνετε τις μεταβολές με 3 mol από την αρχή.

Ενημερώστε την τάξη

- Κοινοποιήστε τις απαντήσεις σας στις υπόλοιπες ομάδες είτε προφορικά είτε με e-mail (θα το αποφασίσει ο/η καθηγητής/καθηγήτριά σας).

- Β.** Στην παρακάτω εικόνα έχετε μια σειρά ισόθερμων του He, όλες στους 500°K , μεταξύ 0 και 100 lt ($\cdot 10^{-3}\text{ m}^3$). (Στην πράξη δεν είναι δυνατή η συμπίεση σε όγκο 0, γι αυτό η κάθε μεταβολή σταματάει μόλις η πίεση υπερβεί τα όρια αντοχής του δοχείου). Εσείς όμως μάθατε ότι σε κάθε θερμοκρασία αντιστοιχεί μόνο μια ισόθερμη καμπύλη. Ποια μεταβλητή μπορεί να άλλαξε ώστε να



προκύψουν πολλές ισόθερμες στην ίδια θερμοκρασία;

Αν υποθέσετε μια απάντηση, μπορείτε να προτείνετε στην τάξη με την άδεια του /της καθηγητή/ καθηγήτριά σας μια πειραματική διαδικασία επιβεβαίωσης στο Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον; Γράψτε την πρότασή σας περιληπτικά.

.....

.....

Επιβεβαίωση

- Αν ο/ η καθηγητής/ καθηγήτριά σας το επιτρέψει, πραγματοποιήστε την πειραματική ιδέα σας ανοίγοντας πάλι το αρχείο Gas07.lab (δεν θα αποθηκεύσετε καμιά αλλαγή σε κανένα αρχείο) και μετά

Ενημερώστε την τάξη

- Κοινοποιήστε τις προτάσεις σας και τα αποτελέσματα του πειραματισμού σας στις υπόλοιπες ομάδες είτε προφορικά είτε με e-mail (θα το αποφασίσει ο/ η καθηγητής/ καθηγήτριά σας).