

ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ (ΙΣΟΘΕΡΜΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ)

A. ΣΤΟΧΟΙ

- Η εξοικείωση με τη χρήση απλών πειραματικών διατάξεων.
- Η πραγματοποίηση και παρατήρηση της ισόθερμης μεταβολής του αέρα, που προσεγγίζει το ιδανικό αέριο, όταν είναι απαλλαγμένος από την υγρασία.
- Η εξοικείωση σε μετρήσεις θερμοκρασίας, όγκου και πίεσης με τα αντίστοιχα όργανα.
- Η εφαρμογή θεωρητικών γνώσεων στις μεταβολές αερίου.
- Η επιβεβαίωση ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας συμπεριφέρεται ως ιδανικό αέριο στις συνθήκες του πειράματος.
- Η εξοικείωση στην κατασκευή γραφικών παραστάσεων και η εξαγωγή συμπερασμάτων από αυτές.
- Η κατανόηση και η εκτίμηση των σφαλμάτων που υπεισέρχονται κατά τις μετρήσεις.

B. ΘΕΜΑ

- Αέρας υφίσταται σταδιακή μείωση του όγκου του V και μετράμε την αντίστοιχη πίεση p . Ελέγχουμε αν το γινόμενο $p \cdot V$ είναι σταθερό και κάνουμε τις γραφικές παραστάσεις $p - V$ και $p - 1/V$, επαληθεύοντας έτσι το νόμο της ισόθερμης μεταβολής.

Γ. ΟΡΓΑΝΑ

- Κυλινδρικός μεταλλικός θάλαμος όγκου ~ 340 mL, κλειστός στο ένα άκρο, στο εσωτερικό του οποίου προσαρμόζεται έμβολο που κινείται μέσω χειρολαβής προώθησης και άγκιστρου επαναφοράς.
- Κυλινδρικό δοχείο από PVC (υδατόλουτρο) μέσα στο οποίο τοποθετείται ο μεταλλικός κυλινδρικός θάλαμος για δημιουργία μεταβαλλόμενων συνθηκών θερμοκρασίας.
- Μεταλλικό μανόμετρο με κλίμακα $0 - 2,5$ bar με υποδιαίρεσεις ανά $0,02$ bar, στο οποίο είναι προσαρμοσμένος εύκαμπτος σωλήνας για τη σύνδεσή του με τον μεταλλικό θάλαμο μέσω κατάλληλης στρόφιγγας τριών εισόδων.
- Ψηφιακό πολύμετρο – θερμομέτρο με αισθητήρα θερμοκρασίας. Για λόγους εξοικονόμησης μπαταρίας κλείνει αυτόματα μετά από λίγα λεπτά λειτουργίας και επανέρχεται σε λειτουργία πατώντας το μπουτόν POWER δύο φορές.
- Βαθμονομημένη κλίμακα μέτρησης του όγκου του αέρα $0 - 360$ mL με υποδιαίρεσεις ανά 2 mL.
- Δύο στρόφιγγες τριών εισόδων κατάλληλα συνδεδεμένες μεταξύ τους.
- Πλαστική σύριγγα των 20 mL με υποδιαίρεσεις ανά 1 mL.



Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο Κατεύθυνσης της Β΄ τάξης Γενικού Λυκείου :
 - ✓ Ενότητα 1 – 2 : Οι νόμοι των αερίων (Νόμος του Boyle)
 - ✓ Ενότητα 1 – 3 : Καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων
 - ✓ Ενότητα 1 – 4 : Κινητική θεωρία

Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Ισόθερμη ονομάζεται η μεταβολή μιας ποσότητας ιδανικού αερίου, στη διάρκεια της οποίας η θερμοκρασία του αερίου διατηρείται σταθερή ($T = \text{σταθ.}$).
- Η πίεση ορισμένης ποσότητας αερίου, του οποίου η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, είναι αντίστροφα ανάλογη με τον όγκο του :

$$p = \frac{C_{\text{ισόθ}}}{V}, \quad T = \text{σταθ.} \quad (1\alpha)$$

$$pV = C_{\text{ισόθ}}, \quad T = \text{σταθ.} \quad (1\beta)$$

- Το διάγραμμα $p - V$ είναι ισόθερμη ισοσκελής υπερβολή.
- Η σταθερή της ισόθερμης μεταβολής εξαρτάται από τον αριθμό n των mol και από τη θερμοκρασία T του αερίου.
- Κάθε στιγμή η πίεση του αέρα στο δοχείο είναι :

$$p_{\text{αέρα}} = p_{\text{ατμ}} + p_{\text{μιν}}$$

όπου $p_{\text{ατμ}}$ η ατμοσφαιρική πίεση και $p_{\text{μιν}}$ η ένδειξη του μανομέτρου (υπερπίεση).

- Η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι $1 \text{ Atm} = 1,01325 \text{ bar}$. Άρα όταν το μεταλλικό μανόμετρο μετράει την ατμοσφαιρική πίεση και δείχνει 0 bar , πρέπει να διορθώνουμε την ένδειξη θέτοντας $1,01325 \text{ bar}$.
- Μερικές αντιστοιχίες στις μονάδες πίεσης είναι οι παρακάτω :
 1 Atm (φυσική ατμόσφαιρα) = $760 \text{ Torr} = 1,01325 \text{ bar} = 101325 \text{ Pa}$
 $1 \text{ bar} = 750,0617 \text{ Torr} = 10^5 \text{ Pa}$

ΣΤ. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

- Το μανόμετρο είναι στηριγμένο στο κολάρο στο πάνω μέρος του μεταλλικού κυλινδρικού θαλάμου.
- Συνδέουμε τον εύκαμπτο σωλήνα του μεταλλικού μανομέτρου μέσω του τριπλού διακόπτη στην αντίστοιχη έξοδο στο πάνω μέρος του κυλινδρικού μεταλλικού θαλάμου.
- Προσαρμόζουμε το αισθητήριο της θερμοκρασίας στην ειδική υποδοχή στο εξωτερικό του κυλινδρικού μεταλλικού θαλάμου.
- Τοποθετούμε προσεκτικά τον κυλινδρικό μεταλλικό θάλαμο μέσα στο άδειο υδατόλουτρο προσέχοντας να προσαρμόσουμε τον λεπτό σωλήνα και το καλώδιο του θερμοζεύγους στην αντίστοιχη εγκοπή στο πάνω μέρος του υδατόλουτρου.
- Προσαρμόζουμε την κλίμακα μέτρησης του όγκου στην ειδική υποδοχή του κυλινδρικού μεταλλικού θαλάμου πίσω από το στέλεχος του εμβόλου.
- Προσαρμόζουμε κατάλληλα το φως του καλωδίου του θερμοζεύγους στην αντίστοιχη υποδοχή του πολυμέτρου, που σημειώνεται σαν ($^{\circ}\text{C}$) K TYPE THERMOCOUPLE. Ανοίγουμε το ψηφιακό πολύμετρο και θέτουμε τον επιλογέα στην αντίστοιχη θέση.
- Γυρίζουμε τα ρυθμιστικά των τριόδων στροφίγγων σε τέτοια θέση, ώστε να επιτρέπουν την εισαγωγή αέρα στον κυλινδρικό θάλαμο.
- Πιέζοντας το μοχλό απελευθέρωσης του στελέχους, ανεβάζουμε το έμβολο από το άγκιστρο επαναφοράς, ώστε ο κυλινδρικός μεταλλικός θάλαμος να είναι γεμάτος αέρα ($\sim 340 \text{ mL}$).
- Γυρίζουμε το ρυθμιστικό της κάτω στρόφιγγας, ώστε ο χώρος του θαλάμου να επικοινωνεί μόνο με το μανόμετρο.

Z. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Λήψη μετρήσεων

1. Σημειώνουμε την ένδειξη θ_1 του ψηφιακού θερμομέτρου στον ΠΙΝΑΚΑ 1, την οποία θα διατηρούμε σταθερή σε όλη τη διάρκεια της μεταβολής.
2. Σημειώνουμε την τιμή του όγκου V του αέρα, που διαβάζουμε στην κλίμακα μέτρησης του όγκου, στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
3. Σημειώνουμε την πίεση στον ΠΙΝΑΚΑ 1. Σ' αυτή τη θέση η ένδειξη του μανομέτρου είναι 0 bar, αλλά η πίεση είναι 1,01 bar ($0 \text{ bar} + 1 \text{ Atm} = 0 \text{ bar} + 1,01325 \text{ bar} \approx 1,01 \text{ bar}$).
4. Μειώνουμε τον όγκο του αέρα κατά 20 mL καταβάζοντας το έμβολο στον μεταλλικό κυλινδρικό θάλαμο μέσω της χειρολαβής προώθησης. Σημειώνουμε τη νέα τιμή του όγκου στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
5. Σημειώνουμε τη νέα τιμή της πίεσης στον ΠΙΝΑΚΑ 1. (προσθέτοντας πάντα 1,01 bar στην τιμή του μανομέτρου).
6. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 4 – 5 μέχρι τα 160 mL και καταχωρούμε τις αντίστοιχες τιμές όγκου και πίεσης στον ΠΙΝΑΚΑ 1, προσέχοντας να διατηρούμε σταθερή τη θερμοκρασία θ του αέρα.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Μπορούμε να επαναλάβουμε τη διαδικασία 1 – 6 για διαφορετική θερμοκρασία θ_2 του αέρα, ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία :

7. Πιέζοντας το μοχλό απελευθέρωσης του στελέχους, ανεβάζουμε το έμβολο από το άγκιστρο επαυφοράς, ώστε ο κυλινδρικός μεταλλικός θάλαμος να είναι γεμάτος αέρα ($\sim 340 \text{ mL}$).
8. Γεμίζουμε προσεκτικά το υδατόλουτρο με ζεστό νερό (θερμοκρασίας $\sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$) από την είσοδο στο πάνω μέρος του υδατόλουτρου και περιμένουμε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη του ψηφιακού θερμομέτρου.
9. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 1 – 6 και καταχωρούμε τις αντίστοιχες τιμές όγκου και πίεσης στον ΠΙΝΑΚΑ 1, προσέχοντας να διατηρούμε σταθερή τη θερμοκρασία θ_2 του αέρα.
10. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για όσες θερμοκρασίες θέλουμε αδειάζοντας λίγο ζεστό νερό από το κάτω άκρο του υδατόλουτρου και προσθέτοντας την αντίστοιχη ποσότητα κρύου νερού από το πάνω μέρος με τη βοήθεια της σύριγγας των 20 mL.

Επεξεργασία μετρήσεων

1. Υπολογίζουμε την απόλυτη θερμοκρασία T από τη σχέση $T = \theta + 273$ και καταχωρούμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
2. Υπολογίζουμε το γινόμενο $p \cdot V$ κάθε ζεύγους τιμών (p, V) και το καταγράφουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
3. Υπολογίζουμε την τιμή $1/V$ κάθε τιμής του όγκου V και την καταγράφουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ							
$\theta_1 = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$ $T_1 = \dots\dots\dots \text{ K}$ $n, T_1 = \text{σταθ.}$				$\theta_2 = \dots\dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$ $T_2 = \dots\dots\dots \text{ K}$ $n, T_2 = \text{σταθ.}$			
V (mL)	p (bar)	$p \cdot V$ (bar · mL)	$1/V$ (mL^{-1})	V (mL)	p (bar)	$p \cdot V$ (bar · mL)	$1/V$ (mL^{-1})
340				340			
320				320			
300				300			

280				280			
260				260			
240				240			
220				220			
200				200			
180				180			
160				160			

4. Συγκρίνουμε τα γινόμενα $p \cdot V$ που αντιστοιχούν σε κάθε θερμοκρασία και διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 1 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
5. Κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση $p - V$ για όλες τις θερμοκρασίες πάνω στο ίδιο γράφημα.
6. Διαπιστώνουμε τη μορφή της γραφικής παράστασης $p - V$ και διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 2 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
7. Από ποια μεγέθη εξαρτάται η σταθερή $C_{ισοθ}$ της ισόθερμης μεταβολής και με ποια σχέση συνδέονται ; Διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 3 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
8. Κατασκευάζουμε τη γραφική παράσταση $p - 1/V$ για όλες τις θερμοκρασίες (T_1, T_2, \dots) πάνω στο ίδιο γράφημα.
9. Τι εκφράζει η κλίση της γραφικής παράστασης $p - 1/V$; Διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 4 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Το γινόμενο $p \cdot V$ για κάθε θερμοκρασία είναι / δεν είναι σταθερό και αυτό σημαίνει ότι ισχύει / δεν ισχύει ο νόμος της ισόθερμης μεταβολής.
2. Η γραφική παράσταση $p - V$ έχει μορφή ευθείας / υπερβολής και αυτό σημαίνει ότι ισχύει / δεν ισχύει ο νόμος της ισόθερμης μεταβολής.
3. Η σταθερή $C_{ισοθ}$ της ισόθερμης μεταβολής δίνεται από τη σχέση (nRT) / (nR/T) / (RT/n).
4. Η κλίση της γραφικής παράστασης $p - 1/V$ είναι ανάλογη / αντιστρόφως ανάλογη της ποσότητας n και ανάλογη / αντιστρόφως ανάλογη με τη θερμοκρασία T του αερίου.

Η. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πού μπορεί να οφείλονται οι αποκλίσεις στα γινόμενα $p \cdot V$;
2. Επηρεάζεται η γραφική παράσταση $p - V$ από τη θερμοκρασία του αέρα στον μεταλλικό θάλαμο;
3. Επηρεάζεται η γραφική παράσταση $p - V$ από την ποσότητα του αέρα στον θάλαμο ;