ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ ΟΜΟΚΕΝΤΡΟ ΦΛΩΡΟΠΟΥΛΟΥ

**ΘΕΜΑ Δ**

Ποσότητα ιδανικού αερίου ίση με $\frac{2}{R}$ mol, βρίσκεται αρχικά σε κατάσταση ισορροπίας στην οποία έχει πίεση $2\ 10^5$ N/m$^2$ θερμοκρασία 100 K. Το αέριο υφίσταται τις εξής διαδοχικές μεταβολές: θερμαίνεται ισοβαρώς μέχρι ο όγκος του να γίνει $5\ 10^{-3}$ m$^3$. Ακολούθως ψύχεται ισόχωρα μέχρι να αποκτήσει θερμοκρασία ίση με την αρχική. Τέλος το αέριο συμπιέζεται ισόθερμα μέχρι να βρεθεί την αρχική του κατάσταση.

**Δ1)** Να κατασκευάσετε το διάγραμμα p – V σε βαθμολογημένους άξονες.

***Μονάδες 6***

**Δ2)** Να κατασκευάσετε το διάγραμμα p – T και V - T σε βαθμολογημένους άξονες.

***Μονάδες 8***

**Δ3)** Υπολογίστε την θερμότητα που αποβάλλει το αέριο συνολικά κατά την κυκλική μεταβολή.

***Μονάδες 5***

**Δ4)** Υπολογίστε την μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου σε κάθε μεταβολή ξεχωριστά.

***Μονάδες 6***

Δίνεται ότι στα μονατομικά αέρια $C_V = \frac{3R}{2}$ και ότι $\ell n5 \approx 1{,}6$.

## ΑΠΑΝΤΗΣΗ

**Δ1)** $\mathbf{(A)} \xrightarrow[\text{θε\textbackslash έρμανση}]{\text{ισοβαρής}} \mathbf{(B)} \xrightarrow[\text{ψύξη}]{\text{ισόχωρη}} \mathbf{(Γ)} \xrightarrow[\text{συμπίεση}]{\text{ισόθερμη}} \mathbf{(A)}$

Εφαρμόζω την καταστατική εξίσωση για την κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας

(A): $p_A V_A = n R T_A \rightarrow V_A = \frac{n R T_A}{p_A} = \frac{\frac{2}{R}\ R\ 100\,K}{2\ 10^5\ N/m^2} \rightarrow \mathbf{V_A = 10^{-3}\ m^3}$ **.**

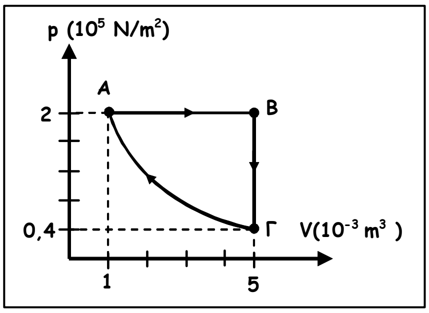
Η μεταβολή **ΑΒ είναι ισοβαρής,** άρα: $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \rightarrow \frac{10^{-3}}{100} = \frac{5\ 10^{-3}}{T_B} \rightarrow T_B = \mathbf{500\ K}$.

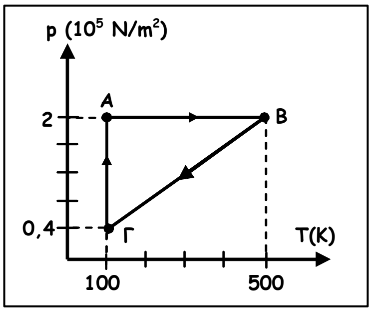
Η μεταβολή **ΒΓ είναι ισόχωρη**, άρα:

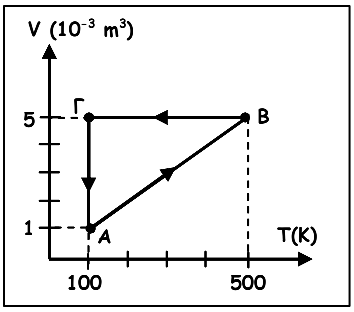
$\frac{p_B}{T_B} = \frac{p_Γ}{T_Γ} \rightarrow \frac{2\ 10^5}{500} = \frac{p_Γ}{100} \rightarrow 5\ p_Γ = 2\ 10^5 \rightarrow \mathbf{p_Γ = \frac{2}{5}\ 10^5\ N/m^2}$ .

Συγκεντρώνουμε τις τιμές της πίεσης, του όγκου και της απόλυτης θερμοκρασίας στο παρακάτω πίνακα και κατασκευάζουμε το διάγραμμα p - V:

| | **A** | **B** | **Γ** | **A** |
|---|---|---|---|---|
| **p (N/m²)** | **$2\ 10^5$** | **$2\ 10^5$** | **$\frac{2}{5}\ 10^5$** | **$2\ 10^5$** |
| **V (m³)** | **$10^{-3}$** | **$5\ 10^{-3}$** | **$5\ 10^{-3}$** | **$10^{-3}$** |
| **T (K)** | **100** | **500** | **100** | **100** |




**Δ3.** Γνωρίζουμε ότι: $C_p - C_V = R \rightarrow C_p = C_V + R \rightarrow\ C_p = \frac{3R}{2} + R \rightarrow\ C_p = \frac{5R}{2}$

**Για την ισοβαρή θέρμανση ΑΒ ισχύει:**

$Q_{AB} = n\ C_p\ (T_B - T_A) = \frac{2}{R}\ \frac{5R}{2}(500 - 100)\ \rightarrow$ **$Q_{AB} = 2000$ J.**

**Για την ισόχωρη ψύξη ΒΓ ισχύει:**

$Q_{B\Gamma} = n\ C_V\ (T_\Gamma - T_B) = \frac{2}{R}\ \frac{3R}{2}(100 - 500) = 3\ (-\ 400) \rightarrow$ **$Q_{B\Gamma} = -\ 1200$ J.**

***Για την ισόθερμη μεταβολή ΓΑ*** **ισχύει:**

$$Q_{\Gamma A} = n\ R\ T_\Gamma\ \ell n\frac{V_A}{V_\Gamma} = \frac{2}{R}\ R\ 100\ \ell n\frac{10^{-3}}{5 10^{-3}} = 200\ \ell n\frac{1}{5} = 200\ (-\ \ell n5) \rightarrow$$

$Q_{\Gamma A} = 200\ (-\ 1{,}6) \rightarrow$ **$Q_{\Gamma A} = -\ 320$ J**

**Το ποσό της θερμότητας που απέβαλλε το αέριο** προς το περιβάλλον κατά τη διάρκεια της κυκλικής μεταβολής είναι: **$Q_{αποβ.} = Q_{B\Gamma} + Q_{\Gamma A} = -\ 1520$ J**

**Δ4. Για την ισοβαρή θέρμανση ΑΒ ισχύει:**

$\Delta U_{AB} = n\ C_V\ \Delta T_{AB} = \frac{2}{R}\ \frac{3R}{2}\ (T_B - T_A) = 3\ (500 - 100) \rightarrow$ **$\Delta U_{AB} = 1200$ J**

**Για την ισόχωρη ψύξη ΒΓ ισχύει:**

$\Delta U_{\text{ΒΓ}} = n\, C_V\, \Delta T_{\text{ΒΓ}} = \frac{2}{R}\,\frac{3R}{2}\,(T_{\Gamma} - T_{B}) = 3\,(100 - 500) \rightarrow \boldsymbol{\Delta U_{\text{ΒΓ}} = -\,1200\ J}$

**Για την ισόθερμη μεταβολή ΓΑ** ισχύει:

$\Delta U_{\text{ΓΑ}} = n\, C_V\, \Delta T_{\text{ΓΑ}} = \frac{2}{R}\,\frac{3R}{2}\,(T_{A} - T_{\Gamma})_{\Delta}\,) \rightarrow \boldsymbol{\Delta U_{\text{ΓΑ}} = 0\ J}$