

ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ**ΘΕΜΑ 1^ο****Α. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
β	γ	α	δ	β	δ	γ	β	α	δ

Β. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΩΣΤΟ -ΛΑΘΟΣ

(i) ΛΑΘΟΣ	(ii) ΛΑΘΟΣ	(iii) ΛΑΘΟΣ	(iv) ΛΑΘΟΣ	(v) ΣΩΣΤΟ
-----------	------------	-------------	------------	-----------

Γ. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗΣ

$\alpha \rightarrow 2$	$\beta \rightarrow 3$	$\gamma \rightarrow 4$	$\delta \rightarrow -$	$\varepsilon \rightarrow 1$
------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	-----------------------------

Δ. ΕΡΩΤΗΣΗ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ ΚΕΝΩΝ

ΜΕΤΑΒΟΛΗ	Q	ΔU	W
ΑΒ:ΙΣΟΘΕΡΜΗ ΕΚΤΟΝΩΣΗ	+120 J	0	+120 J
ΒΓ: ΙΣΟΒΑΡΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗ	-150 J	-90 J	-60 J
ΓΑ: ΙΣΟΧΩΡΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	+90 J	+90 J	0
ΚΥΚΛΙΚΗ	+60 J	0	+60 J

ΘΕΜΑ 2^ο

1. Α. Θεωρία σχολικό βιβλίο σελ 41,42

Β.1) **Ισόθερμη εκτόνωση** : Από τον 1^ο Θ.Ν έχουμε $Q = \Delta U + W$ και επειδή $\Delta U = 0$ άρα $Q = W$.

Αφού προσφέρουμε θερμότητα είναι $Q > 0$ οπότε και $W > 0$

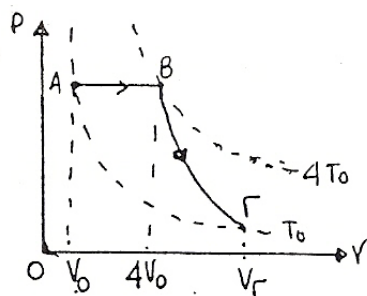
ii) **Ισόχωρη θέρμανση** : Αφού $\Delta V = 0$ άρα είναι $W = 0$.

Από τον 1^ο Θ.Ν έχουμε : $Q = \Delta U + W \Rightarrow Q = \Delta U$

2. Α. Θεωρία σχολικό βιβλίο σελ 47

Β. Θεωρία σχολικό βιβλίο σελ 49

3. Α.



B. Το έργο στην ισοβαρή μεταβολή AB είναι:

$$W_{AB} = p\Delta V = nR\Delta T_{AB} \text{ ή } W_{AB} = nR(4T_0 - T_0) \Rightarrow W_{AB} = 3nRT_0(1)$$

Από τον 1° Θ.Ν για την αδιαβατική εκτόνωση ΒΓ έχουμε:

$$W_{BG} = -\Delta U_{BG} = -nCv\Delta T_{BG} \text{ ή } W_{BG} = -nCv(T_0 - 4T_0) \text{ ή } W_{BG} = 3nCvT_0(2)$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις (1) και (2) προκύπτει:

$$\frac{W_{AB}}{W_{BG}} = \frac{3nRT_0}{3nCvT_0} = \frac{R}{Cv} \text{ και επειδή είναι } Cv > R, \text{ οπότε } W_{AB} < W_{BG}$$

Αρα σωστή απάντηση είναι η (ii)

4. Α. Στην αδιαβατική εκτόνωση έχουμε $Q=0$ και επειδή $\Delta V > 0$ θα είναι και $W > 0$.

$$\text{Από τον 1° Θ.Ν έχουμε } Q = \Delta U + W \Rightarrow 0 = \Delta U + W \Rightarrow \Delta U = -W$$

Άρα $\Delta U < 0$ δηλαδή η εσωτερική ενέργεια του αερίου ελαττώνεται

Από τη σχέση $U = \frac{3}{2}nRT$ προκύπτει ότι και η θερμοκρασία ελαττώνεται.

Αρα το αέριο ψύχεται.

B. Επειδή οι μεταβολές AB και ΓΔ είναι ισοβαρείς ισχύει: $P\Delta V = nR\Delta T$

Επομένως για τα έργα τους έχουμε:

$$W_{AB} = nR\Delta T_{AB} \Rightarrow W_{AB} = nR(T_2 - T_1)(1)$$

$$W_{\Gamma\Delta} = nR\Delta T_{\Gamma\Delta} \Rightarrow W_{\Gamma\Delta} = nR(T_2 - T_1)(2)$$

Από (1) και (2) προκύπτει: $W_{AB} = W_{\Gamma\Delta}$

Γ. Αφού η αρχική και η τελική κατάσταση των τριών μεταβολών ΑΓΒ, ΑΒ, ΑΔΒ είναι η ίδια οι μεταβολές της εσωτερικής ενέργειας και για τις τρεις μεταβολές θα είναι ίσες, δηλαδή

$$\Delta U_{AGB} = \Delta U_{ADB} = \Delta U_{AB} = 0 \text{ (Η μεταβολή AB}$$

είναι ισόθερμη)

Επίσης από την σύγκριση των εμβαδών στο διάγραμμα p-V προκύπτει ότι

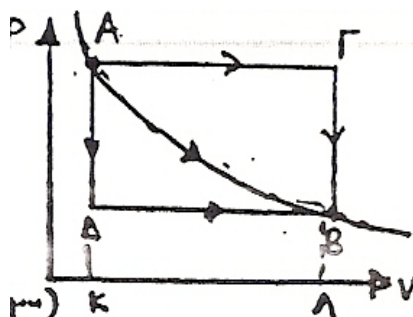
$$E_{AGBK} > E_{ABLK} > E_{ADBK}$$

Αρα για τα έργα των τριών μεταβολών θα έχουμε: $W_{AGB} > W_{AB} > W_{ADB}$ (1)

Από τον 1° Θ.Ν για τις μεταβολές ΑΓΒ, ΑΒ, ΑΔΒ έχουμε:

$$Q_{AGB} = \Delta U_{AGB} + W_{AGB} \Rightarrow Q_{AGB} = 0 + W_{AGB} \Rightarrow Q_{AGB} = W_{AGB} \text{ (2a)}$$

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB} \Rightarrow Q_{AB} = 0 + W_{AB} \Rightarrow Q_{AB} = W_{AB} \text{ (2b)}$$



$$Q_{\text{AAB}} = \Delta U_{\text{AAB}} + W_{\text{AAB}} \Rightarrow Q_{\text{AAB}} = 0 + W_{\text{AAB}} \Rightarrow Q_{\text{AAB}} = W_{\text{AAB}} \quad (2c)$$

Από τις (1), (2a), (2b), (2c) παίρνουμε: $Q_{\text{AGB}} > Q_{\text{AB}} > Q_{\text{AAB}}$

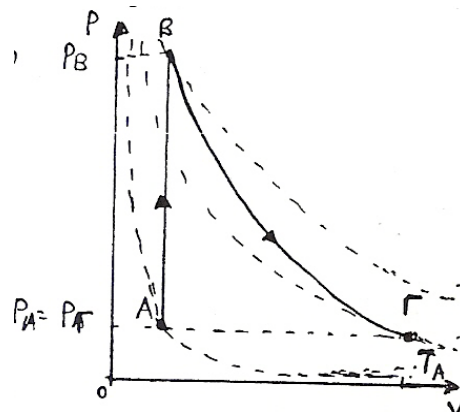
ΘΕΜΑ 3^ο

A. Από τη σχέση $p = 5 \cdot 10^3 T$ προκύπτει

$$\frac{p}{T} = \text{σταθ.} = 5 \cdot 10^3 \Rightarrow \frac{nR}{V} = 5 \cdot 10^3$$

ή $V = \text{σταθ.}$ επομένως η μεταβολή είναι ισόχωρη.

Επειδή η πίεση αυξάνεται αρα και η θερμοκρασία αυξάνεται δηλαδή το αέριο θερμαίνεται.



B. Στην κατάσταση A ισχύει $p_A = 5 \cdot 10^3 T_A$ (1) και

από την καταστατική εξίσωση έχουμε:
 $p_A V_A = nRT_A$ (2)

Από τον συνδυασμό των (1) και (2) παίρνουμε:

$$V_A = \frac{nRT_A}{p_A} = \frac{\frac{10}{R} RT_A}{5 \cdot 10^3 T_A} \Rightarrow V_A = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Απο το νόμο Charles για την AB έχουμε: $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B} \Rightarrow T_B = 32T_A$ (3)

Από το νόμο του Poisson για τη μεταβολή BΓ έχουμε:

$$p_B V_B^\gamma = p_\Gamma V_\Gamma^\gamma \Rightarrow \left(\frac{V_\Gamma}{V_B}\right)^\gamma = \frac{p_B}{p_\Gamma}$$

και επειδή είναι $p_B = 32p_A$ και $p_\Gamma = p_A$ και $V_B = V_A$ θα είναι:

$$\left(\frac{V_\Gamma}{V_A}\right)^\gamma = 32 \text{ ή } \left(\frac{V_\Gamma}{V_A}\right)^{\frac{5}{3}} = 32 \Rightarrow \left(\frac{V_\Gamma}{V_A}\right) = 32^{\frac{3}{5}} \Rightarrow \left(\frac{V_\Gamma}{V_A}\right) = (2^5)^{\frac{3}{5}} \Rightarrow \frac{V_\Gamma}{V_A} = 2^3 = 8$$

Αρα είναι $V_\Gamma = 8V_A$ ή $V_\Gamma = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Γ. Για τη μεταβολή ABΓ έχουμε: $Q_{\text{ολ}} = Q_{\text{AB}} + Q_{\text{BΓ}}$ και επειδή η BΓ είναι αδιαβατική είναι $Q_{\text{BΓ}} = 0$ Επομένως

$$Q_{\text{ολ}} = Q_{\text{AB}} = nC_V \Delta T_{\text{AB}} = n \frac{3}{2} R (T_B - T_A) = \frac{3}{2} nR (32T_A - T_A) = \frac{93}{2} nRT_A \quad (4)$$

Αντικαθιστώντας $Q_{\text{ολ}} = 93000 \text{ J}$, $n = \frac{10}{R} \text{ mol}$ στην (4) παίρνουμε:

$$93000 = \frac{93}{2} 10 T_A \Rightarrow T_A = 200 \text{ K}$$

Α. Για τη μεταβολή ΒΓ είναι :

$$\Delta U_{\text{ΒΓ}} = n C_V \Delta T_{\text{ΒΓ}} \Rightarrow \Delta U_{\text{ΒΓ}} = \frac{3}{2} n R (T_{\Gamma} - T_{\text{Β}}) = \frac{3}{2} (n R T_{\Gamma} - n R T_{\text{Β}}) \text{ ή}$$

$$\Delta U_{\text{ΒΓ}} = \frac{3}{2} (p_{\Gamma} V_{\Gamma} - p_{\text{Β}} V_{\text{Β}}) = \frac{3}{2} (p_{\text{Α}} 8 V_{\text{Α}} - 32 p_{\text{Α}} V_{\text{Α}}) = -36 p_{\text{Α}} V_{\text{Α}}$$

$$\text{Άρα } \Delta U_{\text{ΒΓ}} = -36 n R T_{\text{Α}} = -36 \cdot 10 \cdot 200 \Rightarrow \Delta U_{\text{ΒΓ}} = -72000 \text{ J}$$

ΘΕΜΑ 4^ο

Α. Α1. Για τις ειδικές γραμμομοριακές θερμότητες ισχύουν οι σχέσεις:

$$C_p = C_V + R \quad \text{και} \quad \frac{C_p}{C_V} = \gamma = \frac{5}{3} \Rightarrow C_p = C_V + R \quad \text{και} \quad C_p = \frac{5}{3} C_V \Rightarrow$$

$$C_V = \frac{3}{2} R \quad \text{και} \quad C_p = \frac{5}{2} R$$

Για την **ισοβαρή μεταβολή ΑΒ** έχουμε:

$$Q_1 = n C_p \Delta T_{\text{ΑΒ}} \Rightarrow Q_1 = n \frac{5}{2} R \Delta T_{\text{ΑΒ}} \Rightarrow Q_1 = \frac{5}{2} n R (T_{\text{Β}} - T_{\text{Α}}) \Rightarrow$$

$$Q_1 = \frac{5}{2} (n R T_{\text{Β}} - n R T_{\text{Α}}) \text{ ή } Q_1 = \frac{5}{2} (p_{\text{Β}} V_{\text{Β}} - p_{\text{Α}} V_{\text{Α}}) \Rightarrow Q_1 = \frac{5}{2} p_{\text{Α}} (V_{\text{Β}} - V_{\text{Α}}) \Rightarrow$$

$$V_{\text{Β}} - V_{\text{Α}} = \frac{2 Q_1}{5 p_{\text{Α}}} = \frac{2 \cdot 420}{5 \cdot 3,2 \cdot 10^5} \Rightarrow V_{\text{Β}} - V_{\text{Α}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \quad (1)$$

Γνωρίζουμε ότι: $V_{\text{Α}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ οπότε από την (1) έχουμε:

$$V_{\text{Β}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ ή } V_{\text{Β}} = 0,4 \text{ l}$$

$$\text{Επίσης είναι } p_{\text{Β}} = p_{\text{Α}} = 3,2 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Από το νόμο του Lussac έχουμε: } \frac{V_{\text{Β}}}{V_{\text{Α}}} = \frac{T_{\text{Β}}}{T_{\text{Α}}} \Rightarrow \frac{0,4}{0,1} = \frac{T_{\text{Β}}}{T_{\text{Α}}} \Rightarrow T_{\text{Β}} = 4 T_{\text{Α}} \quad (2)$$

Από το νόμο του Boyle για την **ισόθερμη ΓΑ** έχουμε:

$$p_{\Gamma} V_{\Gamma} = p_{\text{Α}} V_{\text{Α}} \Rightarrow p_{\Gamma} = p_{\text{Α}} \frac{V_{\text{Α}}}{V_{\Gamma}} \Rightarrow \frac{p_{\Gamma}}{p_{\text{Α}}} = \frac{V_{\text{Α}}}{V_{\Gamma}} \quad (3)$$

Από το νόμο του Poisson για την **αδιαβατική ΒΓ** έχουμε:

$$p_B V_B^\gamma = p_\Gamma V_\Gamma^\gamma p_A V_B^\gamma = p_\Gamma V_\Gamma^\gamma \Rightarrow \frac{p_\Gamma}{p_A} = \left(\frac{V_B}{V_\Gamma}\right)^\gamma \quad (4)$$

Απο τις (3) και (4) προκύπτει:

$$\left(\frac{V_B}{V_\Gamma}\right)^\gamma = \frac{V_A}{V_\Gamma} \quad \frac{(4V_A)^\gamma}{V_\Gamma^\gamma} = \frac{V_A}{V_\Gamma} \Rightarrow 4^\gamma = \left(\frac{V_\Gamma}{V_A}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow$$

$$\frac{V_\Gamma}{V_A} = 4^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \Rightarrow \frac{V_\Gamma}{V_A} = 4^{\frac{5}{2}} \Rightarrow \frac{V_\Gamma}{V_A} = 2^5 \Rightarrow V_\Gamma = 32V_A \text{ ή } V_\Gamma = 3,2l$$

$$\text{Από τη σχέση (3) έχουμε: } p_\Gamma = p_A \frac{V_A}{V_\Gamma} = 3,2 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,1}{3,2} \Rightarrow p_\Gamma = 10^4 \frac{N}{m^2}$$

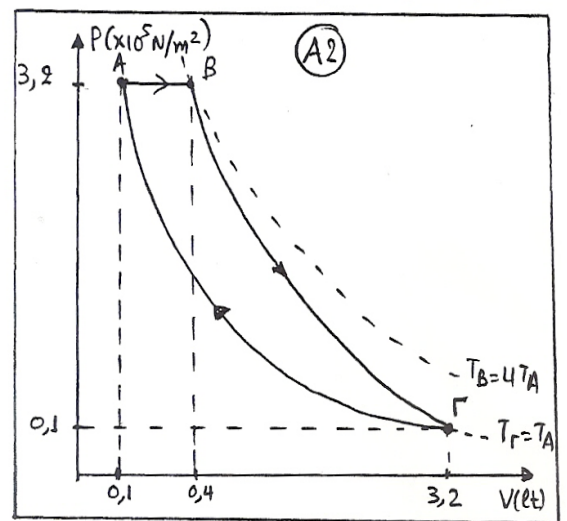
A2.

A3. Για τα έργα των τριων μεταβολών έχουμε:

$$W_{AB} = p_A \Delta V_{AB} \Rightarrow$$

$$W_{AB} = p_A (V_B - V_A) = 3,2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{ή } W_{AB} = 96 J$$



$$W_{B\Gamma} = \frac{p_\Gamma V_\Gamma - p_B V_B}{1-\gamma} \text{ ή } W_{B\Gamma} = \frac{10^4 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} - 3,2 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{-\frac{2}{3}}$$

$$\text{ή } W_{B\Gamma} = 144 J$$

$$W_{\Gamma A} = p_\Gamma V_\Gamma \ln\left(\frac{V_A}{V_\Gamma}\right) \text{ ή } W_{\Gamma A} = 10^4 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3} \ln\left(\frac{0,1}{3,2}\right) =$$

$$= 32 \ln\left(\frac{1}{32}\right) = 32 \ln\left(\frac{1}{2^5}\right) = 32 \ln 2^{-5} = -32 \cdot 5 \ln 2$$

$$\text{ή } W_{\Gamma\Lambda} = -160 \cdot 0,7 \text{ ή } W_{\Gamma\Lambda} = -112 \text{ J}$$

Και για το ολικό έργο της κυκλικής μεταβολής:

$$W_{\text{ολ}} = W_{AB} + W_{B\Gamma} + W_{\Gamma\Lambda} = 96 \text{ J} + 144 - 112 \text{ J} \text{ ή } W_{\text{ολ}} = 128 \text{ J}$$

A4. Ο συντελεστής απόδοσης του κύκλου είναι:

$$e = \frac{W_{\text{ολ}}}{Q_h} = \frac{128}{240} \text{ ή } e = \frac{8}{15}$$

B. B1. Ο συντελεστής απόδοσης της μηχανής Carnot, που λειτουργεί μεταξύ των θερμοκρασιών $T_B = T_h$ και $T_A = T_c$ είναι:

$$e_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} \text{ ή } e_c = 1 - \frac{T_A}{T_B} e_c = 1 - \frac{1}{4} \text{ ή } e_c = \frac{3}{4}$$

B2. Το έργο που παράγει η μηχανή Carnot σε κάθε κύκλο είναι:

$$W_c = e_c \cdot Q_h = 0,75 \cdot 240 = 180 \text{ J}$$

Άρα η ισχύς της μηχανής είναι:

$$P = \frac{W}{t} = 100 \cdot 180 = 18000 \text{ W} \text{ ή } P = 18 \text{ KW}$$