

**ΤΑΞΗ: Β΄ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ**

**ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΚΗ / ΘΕΤΙΚΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ**

**Ημερομηνία: Κυριακή 22 Απριλίου 2012**

**ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**

**ΘΕΜΑ Α**

- A1. δ
- A2. β
- A3. β
- A4. α
- A5. α - Σ, β - Λ, γ - Σ, δ - Λ, ε - Λ

**ΘΕΜΑ Β**

**B1. 1.** Σωστή απάντηση η β.  
Επειδή τα φορτισμένα σωματίδια εισέρχονται κάθετα στις δυναμικές γραμμές του Ο.Μ.Π. θα τους ασκηθεί από το πεδίο η δύναμη Lorentz,  $F_{LOR}$  κάθετη στην ταχύτητά τους, οπότε θα διαγράψουν τμήμα κυκλικής τροχιάς ακτίνας  $R = \frac{mv}{Bq}$  και με περίοδο  $T = \frac{2\pi m}{Bq}$ .

Σωματίδιο Α:  $R_1 = \frac{2mv}{Bq}$  Σωματίδιο Β:  $R_2 = \frac{mv}{B2q}$  οπότε

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{2mv}{Bq}}{\frac{mv}{B2q}} \Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{2 \cdot mv \cdot 2q}{mvBq} \Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{2 \cdot mv \cdot 2q}{mvBq} \Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2} = 4$$

**2.** Σωστή απάντηση η γ.  
Οι τροχιές που θα διαγράψουν τα σωματίδια είναι ημικύκλια, οπότε ο χρόνος εξόδου για το κάθε ένα είναι ίσος με  $t = \frac{T}{2}$ .

Σωματίδιο Α:  $t_1 = \frac{1}{2} T_1 = \frac{1}{2} \frac{2\pi m}{Bq} = \frac{\pi m}{Bq}$

Σωματίδιο Β:  $t_2 = \frac{1}{2} T_2 = \frac{1}{2} \frac{2\pi m}{B2q} = \frac{\pi m}{2Bq}$

Τα σωματίδια εξέρχονται με χρονική διαφορά (πρώτα εξέρχεται το Β):

$$\Delta t = \frac{3\pi m}{2Bq}$$

**B2.** Σωστή απάντηση η β.

Γνωρίζουμε ότι η γωνιακή ταχύτητα δίνεται από τη σχέση  $\omega = 2\pi f$  και ότι η μέγιστη τιμή της εναλλασσόμενης τάσης δίνεται από τη σχέση  $V = N \cdot \omega \cdot B \cdot A$ . Αφού διπλασιάστηκε η συχνότητα περιστροφής του πλαισίου θα διπλασιαστεί και η γωνιακή ταχύτητα ( $\omega$ ) και η μέγιστη τιμή της τάσης ( $V$ ).

$$v = 400 \sqrt{2 \cdot \eta \mu(200\pi)} \text{ (S.I.)}$$

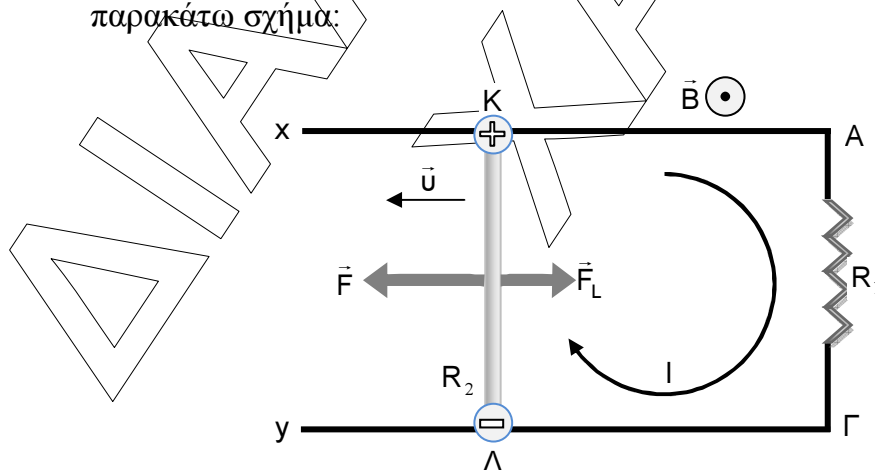
**B3.** Σωστή απάντηση η α.

Η μόνη δύναμη που ασκείται στο σωματίδιο B είναι η δύναμη Coulomb ( $F_c$ ) οπότε ισχύει ότι:

$$E_{\text{αρχ}} = E_{\text{τελ}} \Leftrightarrow U_{\Delta \text{ΥΝ.ΗΛ}} = K_{\text{ΤΕΛ}} \Leftrightarrow \frac{kQq}{d} = \frac{1}{2} mu^2 \Leftrightarrow u = \sqrt{\frac{2kQq}{dm}}$$

### ΘΕΜΑ Γ

**Γ1.** Χρησιμοποιώντας τον κανόνα των τριών δακτύλων, βρίσκουμε ότι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, που βρίσκονται στο εσωτερικό του αγωγού, δέχονται δύναμη Lorentz με φορά προς το K. Έτσι στο άκρο K υπάρχει συσσώρευση αρνητικού φορτίου, ενώ στο άκρο Λ έλλειμμα αρνητικού φορτίου ή αλλιώς περίσσεια θετικού φορτίου. Συνεπώς η ζητούμενη πολικότητα εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα:



Στο ίδιο σχήμα έχει σχεδιαστεί και η φορά του επαγωγικού ρεύματος. Λόγω της ύπαρξης του επαγωγικού ρεύματος ο αγωγός δέχεται από το μαγνητικό πεδίο δύναμη Laplace, η φορά της οποίας (με χρήση και πάλι του κανόνα των τριών δακτύλων) προκύπτει αντίθετη από τη φορά της δύναμης  $F$ .

Γ2. Για τον κινούμενο αγωγό ισχύουν οι σχέσεις:

$$E_{\varepsilon\pi} = Bv\ell$$

$$I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{\text{ολ}}} = \frac{Bv\ell}{R_{\text{ολ}}} \text{ και } F_L = BIl = \frac{B^2 v \ell^2}{R_{\text{ολ}}}$$

Ο αγωγός θα αποκτήσει σταθερή (οριακή) ταχύτητα, όταν βάσει του 1<sup>ου</sup> Νόμου Newton θα ισχύει:

$$\Sigma F = 0 \Leftrightarrow F = F_L \Leftrightarrow F = \frac{B^2 \cdot v_{\text{op}} \cdot \ell^2}{R_{\text{ολ}}} \Leftrightarrow B^2 \cdot v_{\text{op}} \cdot \ell^2 = FR_{\text{ολ}} \Leftrightarrow$$

$$v_{\text{op}} = \frac{FR_{\text{ολ}}}{B^2 \ell^2} \Leftrightarrow v_{\text{op}} = \frac{F \cdot (R_1 + R_2)}{B^2 \ell^2} \Leftrightarrow v_{\text{op}} = \frac{0,4 \cdot (8 + 2)}{2^2 \cdot 0,5^2} = \frac{0,4 \cdot 10}{4 \cdot 0,25} \Leftrightarrow$$

$$v_{\text{op}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Γ3. Όταν  $v = \frac{v_{\text{op}}}{2} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$E_{\varepsilon\pi} = Bv\ell \Leftrightarrow E_{\varepsilon\pi} = 2 \cdot 2 \cdot 0,5 \Leftrightarrow E_{\varepsilon\pi} = 2\text{V}$$

$$I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{\text{ολ}}} = \frac{2}{10} \Leftrightarrow I = 0,2\text{A}$$

$$V_{\text{ΚΛ}} = V_{\text{ΑΓ}} = I \cdot R_1 \Leftrightarrow V_{\text{ΚΛ}} = 0,2 \cdot 8 \Leftrightarrow V_{\text{ΚΛ}} = 1,6\text{V}$$

ή ισοδύναμα, εφόσον ο κινούμενος αγωγός ΚΛ ισοδυναμεί με πηγή ΗΕΔ

$E_{\varepsilon\pi} = 2\text{V}$  και εσωτερικής αντίστασης  $R_2 = 2\Omega$ , θα ισχύει:

$$V_{\text{ΚΛ}} = E_{\varepsilon\pi} - I \cdot R_2 \Leftrightarrow V_{\text{ΚΛ}} = 2 - 0,2 \cdot 2 \Leftrightarrow V_{\text{ΚΛ}} = 1,6\text{V}$$

Γ4. τη στιγμή που  $v = \frac{v_{\text{op}}}{2} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , το μέτρο της δύναμης Laplace που ασκεί το μαγνητικό πεδίο στον αγωγό είναι:

$$F_L = BIl \Leftrightarrow F_L = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,5 \Leftrightarrow F_L = 0,2\text{N}$$

Εφαρμόζοντας τώρα τον 2<sup>ο</sup> Νόμο Newton στον κινούμενο αγωγό, έχουμε:

$$\Sigma F = ma \Leftrightarrow F - F_L = ma \Leftrightarrow a = \frac{F - F_L}{m} \Leftrightarrow$$

$$a = \frac{0,4 - 0,2}{0,1} \Leftrightarrow$$

$$a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Γ5. Η θερμική ισχύς που αναπτύσσεται στο κύκλωμα τη στιγμή που  $v = \frac{v_{\text{op}}}{2} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  είναι:

$$P_{\Theta} = I^2 \cdot R_{\text{ολ}} \Leftrightarrow P_{\Theta} = I^2 \cdot (R_1 + R_2) \Leftrightarrow P_{\Theta} = 0,2^2 \cdot 10 \Leftrightarrow$$

$$P_{\Theta} = 0,4\text{W}$$

**ΘΕΜΑ Δ**

- Δ1.** **A → B:** Ισοβαρής θέρμανση (ή εκτόνωση), διότι η πίεση είναι σταθερή, η απόλυτη θερμοκρασία και ο όγκος αυξάνουν ως ανάλογα μεγέθη.  
**B → Γ:** Ισόθερμη εκτόνωση, διότι η απόλυτη θερμοκρασία είναι σταθερή, η πίεση μειώνεται, άρα ο όγκος ως αντιστρόφως ανάλογο μέγεθος της πίεσης θα αυξάνει.  
**Γ → Δ:** Ισοβαρής ψύξη (ή συμπίεση), διότι η πίεση είναι σταθερή, η απόλυτη θερμοκρασία και ο όγκος μειώνονται ως ανάλογα μεγέθη.  
**Δ → Α:** Ισόθερμη συμπίεση, διότι η απόλυτη θερμοκρασία είναι σταθερή, η πίεση αυξάνεται, άρα ο όγκος ως αντιστρόφως ανάλογο μέγεθος της πίεσης θα μειώνεται.

- Δ2.** Με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης p-T, των δεδομένων και των νόμων που ισχύουν στις μεταβολές συμπληρώνεται ο παρακάτω πίνακας.

**A → B** (Νόμος Gay-Lussac):

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Leftrightarrow \frac{V_A}{273} = \frac{2}{546} \Leftrightarrow V_A = 1\text{L} \quad (1)$$

**Δ → Α** (Νόμος Boyle):

$$p_\Delta \cdot V_\Delta = p_A \cdot V_A \Leftrightarrow p_\Delta \cdot 2 = 8 \cdot 1 \Leftrightarrow p_\Delta = 4\text{atm} \quad (2)$$

**Γ → Δ** (Ισοβαρής):

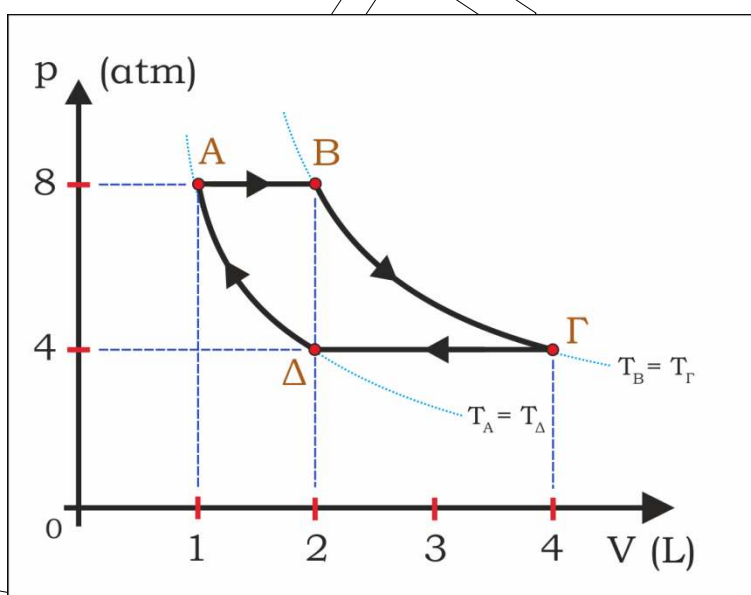
$$p_\Gamma = p_\Delta \Leftrightarrow p_\Gamma = 4\text{atm} \quad (3)$$

**B → Γ** (Νόμος Boyle):

$$p_B \cdot V_B = p_\Gamma \cdot V_\Gamma \Leftrightarrow 8 \cdot 2 = 4 \cdot V_\Gamma \Leftrightarrow V_\Gamma = 4\text{L} \quad (4)$$

(Εναλλακτικά τον όγκο  $V_\Gamma$  μπορούμε να τον βρούμε με την εφαρμογή του νόμου του Gay-Lussac για την μεταβολή  $\Gamma \rightarrow \Delta$ ).

	Κατ. Α	Κατ. Β	Κατ. Γ	Κατ. Δ
p (atm)	8	8	4 <sup>(3)</sup>	4 <sup>(2)</sup>
V (L)	1 <sup>(1)</sup>	2	4 <sup>(4)</sup>	2
T (K)	273	546	546	273



Δ3. A → B:  $W_{AB} = p_A \cdot \Delta V_{AB} \Leftrightarrow W_{AB} = 8 \cdot 10^5 \cdot (2 - 1) \cdot 10^{-3} \Leftrightarrow \boxed{W_{AB} = 800J}$

B → Γ:  $W_{B\Gamma} = n \cdot R \cdot T_B \cdot \ln \frac{V_\Gamma}{V_B} \Leftrightarrow W_{B\Gamma} = p_B \cdot V_B \cdot \ln \frac{V_\Gamma}{V_B} \Leftrightarrow$   
 $W_{B\Gamma} = 8 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{4}{2} \Leftrightarrow W_{B\Gamma} = 1600 \cdot \ln 2 \Leftrightarrow$   
 $\boxed{W_{B\Gamma} = 1120J}$

Γ → Δ:  $W_{\Gamma\Delta} = p_\Gamma \cdot \Delta V_{\Gamma\Delta} \Leftrightarrow W_{\Gamma\Delta} = 4 \cdot 10^5 \cdot (2 - 4) \cdot 10^{-3} \Leftrightarrow \boxed{W_{\Gamma\Delta} = -800J}$

Δ → A:  $W_{\Delta A} = n \cdot R \cdot T_A \cdot \ln \frac{V_A}{V_\Delta} \Leftrightarrow W_{\Delta A} = p_A \cdot V_A \cdot \ln \frac{V_A}{V_\Delta} \Leftrightarrow$   
 $W_{\Delta A} = 8 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{1}{2} \Leftrightarrow W_{\Delta A} = -800 \cdot \ln 2 \Leftrightarrow$   
 $\boxed{W_{\Delta A} = -560J}$

Το ωφέλιμο (συνολικό) έργο είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα των επιμέρους έργων:

$$W_{\omega\phi} = W_{AB} + W_{BG} + W_{\Gamma\Delta} + W_{\Delta A} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow W_{\omega\phi} = 800 + 1120 - 800 - 560 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \boxed{W_{\omega\phi} = 560\text{J}}$$

Δ4. Θερμότητα απορροφάται στις εξής μεταβολές:

**A → B:**  $W_{AB} > 0$ ,  $\Delta U_{AB} > 0$  άρα σύμφωνα με τον Α' νόμο της Θερμοδυναμικής και το  $Q_{AB} > 0$ .

$$Q_{AB} = \frac{5}{2} n \cdot R \cdot \Delta T_{AB} \Leftrightarrow Q_{AB} = \frac{5}{2} \cdot W_{AB} \Leftrightarrow Q_{AB} = \frac{5}{2} \cdot 800 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \boxed{Q_{AB} = 2000\text{J}}$$

**B → Γ:**  $W_{BG} > 0$ ,  $\Delta U_{AB} = 0$  άρα σύμφωνα με τον Α' νόμο της Θερμοδυναμικής και το  $Q_{BG} > 0$ .

$$Q_{BG} = W_{BG} + \Delta U_{BG} \Leftrightarrow \boxed{Q_{BG} = 1120\text{J}}$$

Η συνολική θερμότητα που απορροφάται στη διάρκεια ενός κύκλου είναι ίση με:

$$Q_h = Q_{AB} + Q_{BG} \Leftrightarrow Q_h = 2000 + 1120 \Leftrightarrow \boxed{Q_h = 3120\text{J}}$$

Η απόδοση της θερμικής μηχανής είναι ίση με:

$$e = \frac{W_{\omega\phi}}{Q_h} \Leftrightarrow e = \frac{560}{3120} \Leftrightarrow \boxed{e = \frac{7}{39}}$$

Η απόδοση της μηχανής Carnot αν λειτουργούσε μεταξύ των ίδιων θερμοκρασιών θα ήταν:

$$e_c = 1 - \frac{T_c}{T_h} \Leftrightarrow e_c = 1 - \frac{273}{546} \Leftrightarrow e_c = \frac{273}{546} \Leftrightarrow \boxed{e_c = 0,5}$$

Για να μπορεί να υπάρξει η παραπάνω μηχανή στην πράξη θα πρέπει να έχει απόδοση μικρότερη από την απόδοση της μηχανής Carnot σύμφωνα με το θεώρημα του Carnot.

Έστω ότι:  $e < e_c \Leftrightarrow \frac{7}{39} < 0,5 \Leftrightarrow 7 < 19,5$  ισχύει, άρα υπάρχει.