

Λύσεις κριτηρίου 21

ΘΕΜΑ Α

A1. (α) **A2.** (β) **A3.** (α) **A4.** (δ) **A5.** α. Σ β. Λ γ. Λ δ. Σ ε. Σ

ΘΕΜΑ Β

B1. (i)

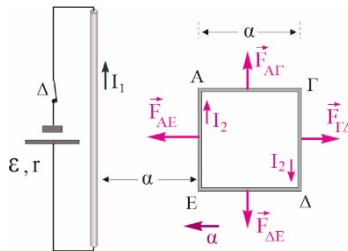
Όταν κλείσει ο διακόπτης, ο ευθύγραμμος αγωγός διαρρέεται από ρεύμα I_1 με φορά όπως στο σχήμα και σε κάθε πλευρά του πλαισίου αναπτύσσεται δύναμη Laplace με τη φορά που δείχνεται στο σχήμα.

Οι δυνάμεις F_{AG} και F_{DE} αλληλοαναιρούνται. Για τα μέτρα των δυνάμεων F_{AE} και F_{GD} ισχύει

$$F_{AE} = \frac{\mu_0 2I_1 I_2 \alpha}{4\pi \alpha}, \quad F_{GD} = \frac{\mu_0 2I_1 I_2 \alpha}{4\pi 2\alpha}$$

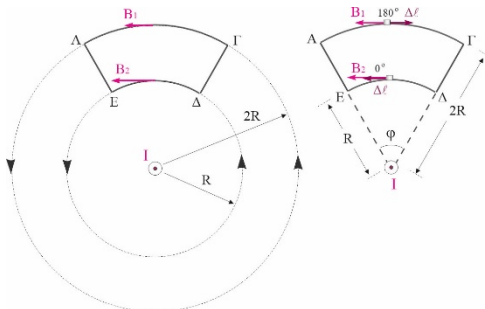
Επομένως το πλαίσιο θα κινηθεί προς τα αριστερά με επιτάχυνση μέτρου

$$\alpha = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F_{AE} - F_{GD}}{m} \Rightarrow \alpha = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi m}$$



B2. (iii)

Ο ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός δημιουργεί μαγνητικό πεδίο του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι ομόκεντροι κύκλοι που βρίσκονται σε επίπεδο κάθετο σε αυτόν και τα κέντρα τους συμπίπτουν με τον αγωγό.



Για τη διαδρομή ΑΓ: Το μήκος της διαδρομής είναι $s_{AG} = \varphi \cdot 2R$

$$\sum_{A \rightarrow \Gamma} B_i \Delta l_i \cos \theta_i = B_1(A\Gamma) \cos \theta_i = \frac{\mu_0 2I}{4\pi 2R} \varphi \cdot 2R (-1) \Rightarrow \sum_{A \rightarrow \Gamma} B_i \Delta l_i \cos \theta_i = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \varphi$$

Για διαδρομή ΔΕ: Το μήκος της διαδρομής είναι $s_{\Delta E} = \varphi \cdot R$

$$\sum_{\Delta \rightarrow E} B_i \Delta l_i \cos \theta_i = B_2(\Delta E) \cos \theta_i = \frac{\mu_0 2I}{4\pi R} \varphi R \Rightarrow \sum_{\Delta \rightarrow E} B_i \Delta l_i \cos \theta_i = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \varphi$$

Επομένως
$$\sum_{A \rightarrow \Gamma} B_i \Delta l_i \cos \theta_i + \sum_{\Delta \rightarrow E} B_i \Delta l_i \cos \theta_i = 0$$

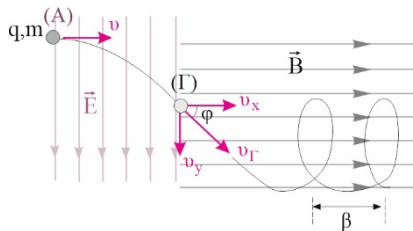
B3. (iii)

Η κινητική ενέργεια στο Γ είναι διπλάσια αυτής στο Α, επομένως

$$K_{\Gamma} = 2K_A \Rightarrow \frac{1}{2}mv_{\Gamma}^2 = 2 \cdot \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v_{\Gamma} = \sqrt{2}v$$

$$\text{συν}\varphi = \frac{v}{v_{\Gamma}} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{4}$$

$$v_x = v_{\Gamma}\text{συν}\varphi = v, \quad v_y = v_{\Gamma}\eta\mu\varphi = v$$



Σε μια περίοδο T το φορτίο στο μαγνητικό πεδίο διανύει διάστημα $s = v_{\Gamma} \cdot T$

Το βήμα της έλικας είναι $\beta = v_x \cdot T = v \cdot T$

$$\frac{s}{\beta} = \frac{v\sqrt{2} \cdot T}{v \cdot T} \Rightarrow s = \beta\sqrt{2}$$

Διαιρώντας κατά μέλη παίρνουμε:

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. $R = R \cdot 2\pi\alpha = 0,08\Omega$

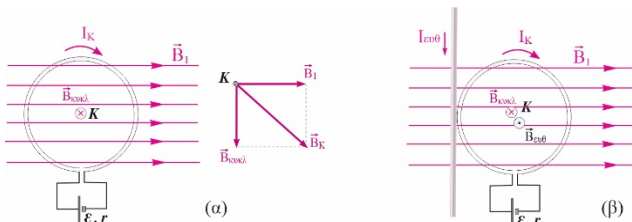
$$I_K = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = 10 \text{ A}$$

Γ2. $B_K = 0$

$$\vec{B}_{\text{κυκλ}} = -B_1 \hat{j} \Rightarrow$$

$$B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\pi I_K}{\alpha} \Rightarrow$$

$$B_1 = \pi \cdot 10^{-5} \text{ T}$$



Γ3. Σχήμα (α): $B_K = \sqrt{B_1^2 + B_{\text{κυκλ}}^2} = \sqrt{2B_1^2} \Rightarrow B_K = \sqrt{2} \pi \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Γ4. Σχήμα (β):

Για να υπάρχει στο K μόνο η ένταση B_1 του ομογενούς μαγνητικού πεδίου, θα πρέπει οι επιμέρους εντάσεις των μαγνητικών πεδίων, λόγω του ευθύγραμμου και του κυκλικού αγωγού να είναι αντίθετες. Επομένως

$$|B_{\text{ευσθ}}| = |B_{\text{κυκλ}}| \Rightarrow \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I_{\text{ευσθ}}}{\alpha} = B_{\text{κυκλ}} \Rightarrow I_{\text{ευσθ}} = \frac{4\pi}{\mu_0} \frac{B_{\text{κυκλ}} \cdot \alpha}{2} \Rightarrow I_{\text{ευσθ}} = 10\pi \text{ A}$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Τα σωματίδια επιταχύνονται στο ΟΗΠ. Εφαρμόζουμε το ΘΜΚΕ για να βρούμε την ταχύτητα που αποκτούν.

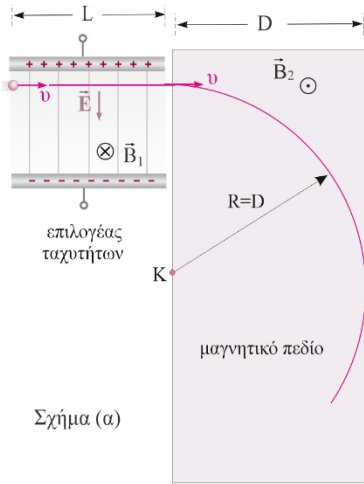
$$\frac{1}{2}mv^2 = qV \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} \Rightarrow v = 4 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{E}{B_1} \Rightarrow B_1 = \frac{E}{v} \Rightarrow B_1 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{T}$$

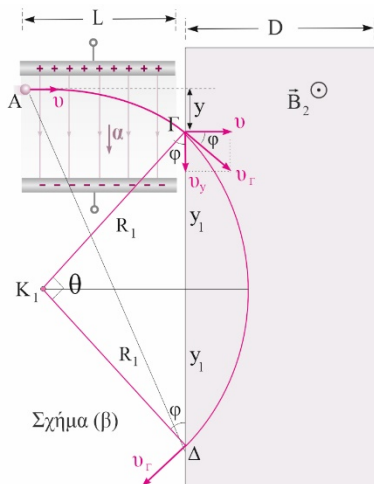
Αφού κινούνται ευθύγραμμα, ισχύει

Δ2. Για να μην εξέρχονται από τη δεξιά πλευρά πρέπει

$$R \leq D \Rightarrow \frac{mv}{qB_2} \leq D \Rightarrow D_{\min} = \frac{mv}{qB_2} \Rightarrow D_{\min} = 0,4 \text{m}$$



Σχήμα (α)



Σχήμα (β)

Δ3. Στο ηλεκτρικό πεδίο, το φορτίο εκτελεί στο ν άξονα χ

ευθύγραμμη ομαλή κίνηση και στον άξονα γ ομαλά επιταχυνόμενη με επιτάχυνση μέτρο

$$\alpha = \frac{F_{\eta\lambda}}{m} = \frac{Eq}{m} \Rightarrow \alpha = 5 \cdot 10^9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$t = \frac{L}{v} = 8 \cdot 10^{-6} \text{s}$$

Το φορτίο θα κινηθεί μέσα στον πυκνωτή για χρονικό διάστημα

Η ταχύτητα του σωματιδίου κατά την έξοδό του από το ηλεκτρικό πεδίο στον άξονα γ είναι

$$v_y = \alpha \cdot t = 4 \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\epsilon\varphi\varphi = \frac{v_y}{v_x} = 1 \Rightarrow \varphi = 45^\circ$$

Η γωνιακή εκτροπή είναι:

Δ4. Το φορτίο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα

$$v_r = \frac{v}{\sigma\upsilon\upsilon\eta\varphi} = 4\sqrt{2} \cdot 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

εκτελώντας κυκλική τροχιά ακτίνας R_1 που ισούται με

$$R_1 = \frac{mv_r}{qB_2} = 0,4\sqrt{2} \text{ m}$$

Η απόσταση ΓΔ είναι: $(\Gamma\Delta) = 2y_1 = 2R_1 \cdot \sigma\upsilon\upsilon\eta\varphi \Rightarrow (\Gamma\Delta) = 0,8 \text{m}$

$$y = \frac{1}{2} \alpha t^2 = 0,16 \text{m}$$

Η κατακόρυφη εκτροπή γ στο ηλεκτρικό πεδίο είναι

Η απόσταση του σημείου εξόδου (Δ) από το μαγνητικό πεδίο B_2 , από το σημείο εισόδου (Α) στο ηλεκτρικό πεδίο, υπολογίζεται χρησιμοποιώντας το πυθαγόρειο θεώρημα (δες σχήμα β).

$$(A\Delta) = \sqrt{L^2 + (2y_1 + y)^2} = 0,32\sqrt{10} \text{ m}$$

Δ5. $t_{ολ} = t_{ηλ} + t_{μαγν}$, (1)

Το φορτίο κινείται στο μαγνητικό πεδίο διαγράφοντας τόξο που αντιστοιχεί σε γωνία $\theta = \pi/2$.

Επομένως $t_{μαγν} = \frac{1}{4} \cdot \frac{2\pi m}{qB_2} \Rightarrow t_{μαγν} = 5\pi \cdot 10^{-6} \text{ s}$

Αντικαθιστώντας στην (1) παίρνουμε: $t_{ολ} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ s} + 5\pi \cdot 10^{-6} \text{ s} = (8 + 5\pi) \cdot 10^{-6} \text{ s}$