

ΜΑΘΗΜΑ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

ΛΥΣΕΙΣ

ΤΑΞΗ

Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΕΞΕΤΑΣΤΕΑ ΥΛΗ:

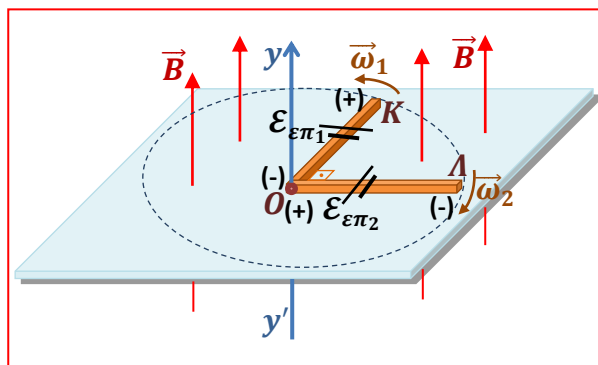
ΚΒΑΝΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ, Η/Μ ΕΠΑΓΩΓΗ

ΘΕΜΑ Α

Α.1. γ Α.2. β Α.3. α Α.4. δ Α.5. α. Λ, β. Λ, γ. Λ, δ. Σ, ε. Λ

ΘΕΜΑ Β

Β.1. γ


2^{ος} κανόνας Kirchhoff:

$$V_{KL} = \mathcal{E}_{\pi_1} + \mathcal{E}_{\pi_2} \Rightarrow V_{KL} = \frac{1}{2} B \omega_1 \ell^2 + \frac{1}{2} B \omega_2 \ell^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{KL} = \frac{1}{2} B (\omega_1 + \omega_2) \ell^2 \quad (1)$$

$$\text{όπου } \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \omega_1 t_1 + \omega_2 t_1 = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\omega_1 + \omega_2) t_1 = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow (\omega_1 + \omega_2) \frac{\pi}{\omega_1} = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega_1 + \omega_2 = \frac{3}{2} \omega_1 \quad (2). \text{ Επομένως } (1) \xrightarrow{(2)} \boxed{V_{KL} = \frac{3}{4} B \omega_1 \ell^2}$$

Β.2. γ

Το ποσοστό μεταβολής του μήκους κύματος, ανάμεσα στην προσπίπτουσα και τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία, ισούται με:

$$\Pi(\%) = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot 100(\%) \Rightarrow 400\% = \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda} \cdot 100\% \Rightarrow \lambda' - \lambda = 4\lambda \Rightarrow \lambda' = 5\lambda \quad (1)$$

Για τη σκέδαση Compton δίνεται ότι:

$$\Delta\lambda = \Delta\lambda_{\max} \Rightarrow \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\pi) \Rightarrow \lambda' - \lambda = 2 \frac{h}{mc} \xrightarrow{(1)} 4\lambda = 2 \frac{h}{mc} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{2mc} \quad (2)$$

Μέσω της Α.Δ.Ε. για τη σκέδαση του φωτονίου με το ηλεκτρόνιο, έχουμε:

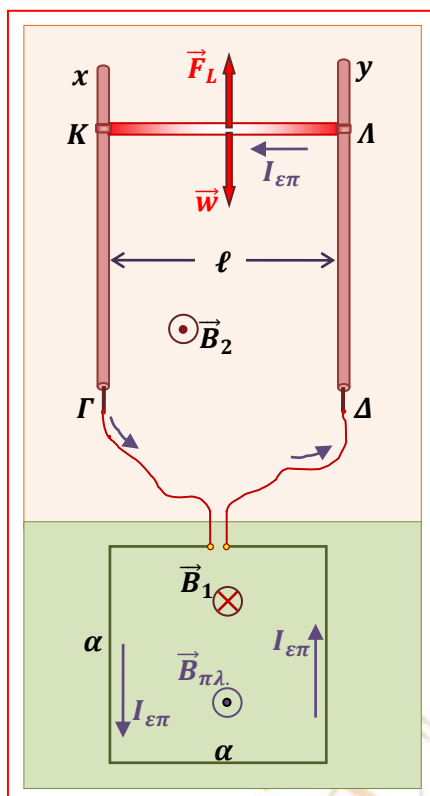
$$K_e = E_\varphi - E'_\varphi \Rightarrow K_e = hf - hf' \Rightarrow K_e = h \frac{c}{\lambda} - h \frac{c}{\lambda'} \xrightarrow{(1)} K_e = h \frac{c}{\lambda} - h \frac{c}{5\lambda} \Rightarrow K_e = \frac{4}{5} h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow$$

$$\xrightarrow{(2)} \boxed{K_e = \frac{8}{5} mc^2}$$

B.3. β

Ισορροπία αγωγού ΚΛ: $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_L = w \Rightarrow B_2 \cdot I_{\varepsilon\pi} \cdot \ell = m \cdot g \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{m \cdot g}{B_2 \cdot \ell}$ (1)

Η φορά του ρεύματος $I_{\varepsilon\pi}$ είναι από το άκρο Λ προς το άκρο Κ του αγωγού ΚΛ, ώστε η φορά της $\vec{F}_L$ να είναι προς τα άνω (σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων) και ο αγωγός να ισορροπεί.



Η φορά του επαγωγικού ρεύματος $I_{\varepsilon\pi}$ στο τετραγωνικό σύρμα είναι αντίθετη της φοράς περιστροφής των δεικτών του ρολογιού (όπως φαίνεται στο σχήμα). Επομένως, στο τετραγωνικό σύρμα θα δημιουργηθεί επαγωγικό μαγνητικό πεδίο $\vec{B}_{\pi\lambda}$ με φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη (σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού). Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, εάν το επαγωγικό μαγνητικό πεδίο έχει αντίθετη φορά από το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο $\vec{B}_1$ που ήδη υπάρχει στο πλαίσιο, η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο αυξάνεται $\rightarrow \frac{\Delta B_1}{\Delta t} = \lambda > 0$.

Σύμφωνα με το νόμο Faraday, η Η.Ε.Δ. από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του πλαισίου ισούται με:

$$\mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = N \left| \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} \right| \xrightarrow{(N=1)} \mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = \left| \frac{\Delta (B_1 \cdot s)}{\Delta t} \right| \xrightarrow{(s=\alpha^2)}$$

$$\Rightarrow \mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = \alpha^2 \cdot \left| \frac{\Delta B_1}{\Delta t} \right| \Rightarrow \mathcal{E}_{\varepsilon\pi} = \alpha^2 \cdot \lambda \quad (2)$$

$$\text{και } I_{\varepsilon\pi} = \frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_{ολ}} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_1 + R_2} \xrightarrow{(R_1=R_2)} I_{\varepsilon\pi} = \frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{2R_1} \xrightarrow{(2)} I_{\varepsilon\pi} = \frac{\alpha^2 \cdot \lambda}{2R_1} \Rightarrow \lambda = \frac{2I_{\varepsilon\pi} \cdot R_1}{\alpha^2} \quad (3)$$

$$\text{Άρα (3)} \xrightarrow{(1)} \lambda = \frac{2m \cdot g \cdot R_1}{B_2 \cdot \ell \cdot \alpha^2}$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ.1.

Έργο εξαγωγής: $\varphi = h \cdot f_o \Rightarrow \varphi = h \cdot \frac{c}{\lambda_{\max_1}} \Rightarrow \lambda_{\max_1} = \frac{hc}{\varphi} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \lambda_{\max_1} = \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{6,6 \cdot 10^{-19}} \text{ m} \Rightarrow \boxed{\lambda_{\max_1} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 300 \text{ nm (υπεριώδης)}$$

Γ.2.

$$\frac{E_{max}}{B_{max}} = c \Rightarrow E_{max} = c \cdot B_{max} \Rightarrow E_{max} = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-11} \text{ V/m} \Rightarrow \boxed{E_{max} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ V/m}}$$

Γ.3.

Νόμος Wien:

$$\lambda_{max} \cdot T = \text{σταθ.} \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{\text{σταθ.}}{T} \xrightarrow{(T_2=1,8 \cdot T_1)} \lambda_{max_2} = \frac{\lambda_{max_1}}{1,8} \quad (1)$$

Φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein:

$$\begin{aligned} K_e &= E_\varphi - \varphi \Rightarrow K_e = hf_2 - \varphi \Rightarrow K_e = h \frac{c}{\lambda_{max_2}} - \varphi \xrightarrow{(1)} K_e = 1,8 \cdot h \frac{c}{\lambda_{max_1}} - \varphi \Rightarrow \\ &\Rightarrow K_e = 1,8\varphi - \varphi \Rightarrow K_e = 0,8\varphi \Rightarrow K_e = 0,8 \cdot 6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow K_e = \frac{0,8 \cdot 6,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \boxed{K_e = 3,3 \text{ eV}} \end{aligned}$$

Γ.4.

i) Για τα φωτοηλεκτρόνια δίνεται ότι:

$$p'_e = 3p_e \Rightarrow p_e'^2 = 9p_e^2 \Rightarrow \frac{p_e'^2}{2m_e} = 9 \frac{p_e^2}{2m_e} \Rightarrow K'_e = 9K_e \quad (2)$$

Θ.Μ.Κ.Ε. (για το ηλεκτρόνιο, από την κάθοδο στην άνοδο):

$$\begin{aligned} K'_e - K_e &= W_{F_{\eta\lambda}} \Rightarrow K'_e - K_e = -e \cdot (-V) \xrightarrow{(2)} 9K_e - K_e = e \cdot V \Rightarrow 8K_e = e \cdot V \Rightarrow V = \frac{8K_e}{e} \Rightarrow \\ &\Rightarrow V = \frac{8 \cdot 3,3 \text{ eV}}{e} \Rightarrow \boxed{V = 26,4 \text{ V}} \end{aligned}$$

ii) Τάση αποκοπής:

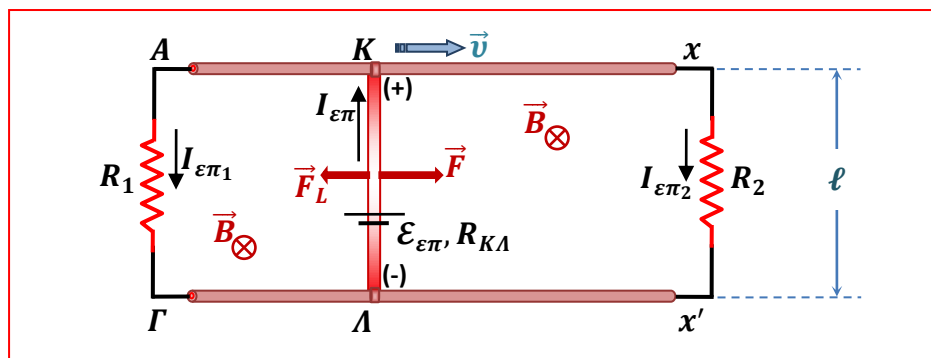
$$K_e = eV_o \Rightarrow V_o = \frac{K_e}{e} \Rightarrow V_o = \frac{3,3 \text{ eV}}{e} \Rightarrow \boxed{V_o = 3,3 \text{ V}}$$

Γ.5.

$$\begin{aligned} \text{Δίνεται ότι: } T_3 &= T_1 + \frac{200}{100} T_1 \Rightarrow T_3 = 3T_1 \xrightarrow{(\lambda_{max} \cdot T = \text{σταθ.})} \lambda_{max_3} = \frac{\lambda_{max_1}}{3} \Rightarrow \lambda_{max_3} = 10^{-7} \text{ m} \\ i &= \frac{N_e}{t} \cdot e \Rightarrow \frac{N_e}{t} = \frac{i}{e} \Rightarrow \frac{N_e}{t} = \frac{1,6 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \Rightarrow \frac{N_e}{t} = 10^{16} \frac{\text{ηλεκτρ.}}{\text{sec}} \xrightarrow{(N_\varphi = N_e)} \frac{N_\varphi}{t} = 10^{16} \frac{\text{φωτ.}}{\text{sec}} \\ I &= \frac{N_\varphi}{t} \cdot \frac{hf_3}{A} \Rightarrow I = \frac{N_\varphi}{t} \cdot \frac{hc}{A \cdot \lambda_{max_3}} \Rightarrow I = 10^{16} \cdot \frac{19,8 \cdot 10^{-26}}{2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-7}} \text{ W/m}^2 \Rightarrow \boxed{I = 99 \text{ W/m}^2} \end{aligned}$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ.1.



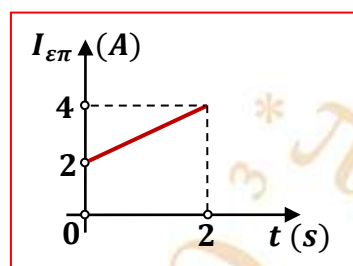
$$\left. \begin{aligned} \text{Νόμος Ohm: } I_{\varepsilon\pi} &= \frac{\varepsilon_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{Bv\ell}{R_{1,2} + R_{K\Lambda}} \\ \text{όπου } R_{1,2} &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_{1,2} = 2 \, \Omega \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{v}{4} \Rightarrow 2 + t = \frac{v}{4} \Rightarrow \boxed{v = 8 + 4t} \text{ (S.I.)}$$

Επειδή η ταχύτητα είναι της μορφής $v = v_o + at$, η κίνηση του αγωγού ΚΛ είναι ομαλά επιταχυνόμενη, με $v_o = 8 \text{ m/s}$ και $a = 4 \text{ m/s}^2$.

Δ.2.

i)

α' τρόπος: Θα υπολογίσουμε το εμβαδό του διαγράμματος $I_{\varepsilon\pi} - t$.



$$I_{\varepsilon\pi} = 2 + t \Rightarrow \begin{cases} I_{\varepsilon\pi} = 2 \text{ A, για } t = 0 \text{ s} \\ I_{\varepsilon\pi} = 4 \text{ A, για } t_1 = 2 \text{ s} \end{cases}$$

$$q = \text{Εμβαδό } (I_{\varepsilon\pi} - t) \Rightarrow q = \frac{(4 + 2) \cdot 2}{2} \text{ C} \Rightarrow \boxed{q = 6 \text{ C}}$$

β' τρόπος: Θα χρησιμοποιήσουμε το νόμο Neumann.

$$\begin{aligned} q &= \frac{\Delta\Phi}{R_{o\lambda}} \Rightarrow q = \frac{B \cdot \Delta A}{R_{o\lambda}} \Rightarrow q = \frac{B \cdot \ell \cdot \Delta x}{R_{o\lambda}} \Rightarrow q = \frac{B \cdot \ell \cdot (v_o t + \frac{1}{2} a t^2)}{R_{1,2} + R_{K\Lambda}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow q = \frac{(8 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 2^2)}{2 + 2} \text{ C} \Rightarrow \boxed{q = 6 \text{ C}} \end{aligned}$$

ii)

$$\begin{aligned} V_{K\Lambda} &= \varepsilon_{\varepsilon\pi} - I_{\varepsilon\pi} R_{K\Lambda} \Rightarrow V_{K\Lambda} = Bv\ell - I_{\varepsilon\pi} R_{K\Lambda} \Rightarrow \\ &\Rightarrow V_{K\Lambda} = (8 + 4t) - (2 + t) \cdot R_{K\Lambda} \xrightarrow{(t_1=2 \text{ s})} \boxed{V_{K\Lambda} = 8 \text{ V}} \end{aligned}$$

Δ.3.

Ρυθμός έκλυσης θερμότητας λόγω φαινομένου Joule (ή θερμική ισχύς) στο κύκλωμα:

$$\frac{dQ_{R_{o\lambda}}}{dt} = P_{\theta} = I_{\varepsilon\pi}^2 \cdot R_{o\lambda} \Rightarrow \frac{dQ_{R_{o\lambda}}}{dt} = (2+t)^2 \cdot (R_{1,2} + R_{K\Lambda}) \xrightarrow{(t_1=2s)} \frac{dQ_{R_{o\lambda}}}{dt} = 64 \text{ J/s}$$

Ρυθμός προσφερόμενης ενέργειας στον αγωγό ΚΛ, μέσω της εξωτερικής δύναμης $\vec{F}$:

$$\frac{dE_{\pi\rho\sigma\varphi}}{dt} = \frac{dW_F}{dt} = \frac{F \cdot dx}{dt} = F \cdot v \xrightarrow{(205 \text{ N.N.})} \frac{dE_{\pi\rho\sigma\varphi}}{dt} = (F_L + ma) \cdot v \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dE_{\pi\rho\sigma\varphi}}{dt} = (BI_{\varepsilon\pi}\ell + ma) \cdot v \Rightarrow \frac{dE_{\pi\rho\sigma\varphi}}{dt} = [(2+t) + 4] \cdot (8+4t) \Rightarrow$$

$$\xrightarrow{(t_1=2s)} \frac{dE_{\pi\rho\sigma\varphi}}{dt} = 128 \text{ J/s}$$

$$\text{Άρα } \left(\frac{dQ_{R_{o\lambda}}}{dt} \right) / \left(\frac{dE_{\pi\rho\sigma\varphi}}{dt} \right) = \frac{1}{2}$$

Δ.4.

i) Τη χρονική στιγμή t_1 , η εξωτερική δύναμη $\vec{F}$ σταθεροποιείται στην τιμή:

$$\begin{aligned} \underline{205 \text{ N.N.}}: \Sigma F_x = ma \Rightarrow F_1 - F_L = ma \Rightarrow F_1 = F_L + ma \Rightarrow F_1 = BI_{\varepsilon\pi}\ell + ma \Rightarrow \\ \Rightarrow F_1 = (2+t_1) + 4 \xrightarrow{(t_1=2s)} F_1 = 8 \text{ N} \end{aligned}$$

Επειδή συνεχίζει να αυξάνεται το εμβαδό του κλειστού πλαισίου ΚΛΓΑΚ, εμφανίζεται επαγωγικό ρεύμα που λόγω του κανόνα Lenz θα έχει τέτοια φορά, ώστε να δημιουργεί δύναμη Laplace που να αντιστέκεται στην κίνηση.

Ο αγωγός ΚΛ εκτελεί **επιταχυνόμενη κίνηση με φθίνουσα επιβράδυνση**:

$$\Sigma F_x = F_1 - F_L = F_1 - BI_{\varepsilon\pi}\ell = F_1 - B \frac{Bv\ell}{R_{1,2} + R_{K\Lambda}} \ell = F_1 - \frac{B^2\ell^2}{R_{1,2} + R_{K\Lambda}} v > 0 \rightarrow |v| \uparrow$$

$$\text{και } \alpha = \frac{\Sigma F_x}{m} \Rightarrow \alpha = \frac{F_1 - \frac{B^2\ell^2}{R_{1,2} + R_{K\Lambda}} v}{m} \xrightarrow{(|v| \uparrow)} |\alpha| \downarrow$$

ii) Κάποια στιγμή, καθώς η ταχύτητα αυξάνεται, άρα και το μέτρο της $\vec{F}_L$, θα έχουμε:

$$\begin{aligned} v = v_{op} \rightarrow a = 0 \rightarrow \Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_1 - F_{L_{op}} = 0 \Rightarrow F_1 = BI_{\varepsilon\pi_{op}}\ell \Rightarrow F_1 = B \frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi_{op}}}{R_{o\lambda}} \ell \Rightarrow \\ \Rightarrow F_1 = B \frac{Bv_{op}\ell}{R_{1,2} + R_{K\Lambda}} \ell \Rightarrow F_1 = \frac{B^2\ell^2}{R_{1,2} + R_{K\Lambda}} v_{op} \Rightarrow v_{op} = \frac{F_1(R_{1,2} + R_{K\Lambda})}{B^2\ell^2} \Rightarrow \boxed{v_{op} = 32 \text{ m/s}} \end{aligned}$$

Δ.5.

$$V_2 = I_{\varepsilon\pi_2} R_2 \Rightarrow I_{\varepsilon\pi_2} = \frac{V_2}{R_2} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi_2} = 2 \text{ A}$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow I_{\varepsilon\pi_1} R_1 = I_{\varepsilon\pi_2} R_2 \Rightarrow I_{\varepsilon\pi_1} = I_{\varepsilon\pi_2} \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi_1} = 4 \text{ A}$$

$$I_{\varepsilon\pi} = I_{\varepsilon\pi_1} + I_{\varepsilon\pi_2} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = 6 \text{ A}$$

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{\mathcal{E}_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{Bv\ell}{R_{1,2} + R_{K\Lambda}} \Rightarrow v = \frac{I_{\varepsilon\pi} \cdot (R_{1,2} + R_{K\Lambda})}{B\ell} \Rightarrow v = 24 \text{ m/s}$$

$$F_L = BI_{\varepsilon\pi}\ell \Rightarrow F_L = 6 \text{ N}$$

Ρυθμός μεταβολής κινητικής ενέργειας:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{\Sigma F}}{dt} = \frac{\Sigma F_x \cdot dx}{dt} = \Sigma F_x \cdot v \Rightarrow \frac{dK}{dt} = (F_1 - F_L) \cdot v \Rightarrow \frac{dK}{dt} = (8 - 6) \cdot 24 \text{ J/s} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{dK}{dt} = 48 \text{ J/s}}$$