Μάθημα / Τάξη **ΦΥΣΙΚΗ Γ ΛΥΚΕΙΟΥ (ΘΕΡΙΝΑ)**

Ημερομηνία **25 / 02 / 2024**

Επιμέλεια Διαγωνίσματος **ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΤΜΗΜΑ**

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1. γ (μονάδες 5)
Α2. δ (μονάδες 5)
Α3. δ (μονάδες 5)
Α4. α (μονάδες 5)
Α5. α) Λάθος (μονάδες 1)
β) Σωστό (μονάδες 1)
γ) Λάθος (μονάδες 1)
δ) Σωστό(μονάδες 1)
ε) Σωστό(μονάδες 1)

ΘΕΜΑ Β

Β1. Α. Σωστή απάντηση είναι η (α) (μονάδες 1)

Δικαιολόγηση

Οι θέσεις των κοιλιών προσδιορίζονται από την σχέση $x = \kappa\frac{\lambda}{2}$ (μονάδες1) (κ=0, $\pm1, \pm2, \pm3, \pm4, \pm5, \dots\dots\dots$)

Ισχύει $0 \leq x \leq L$ ή $0 \leq \kappa\frac{\lambda}{2} \leq L$ ή $0 \leq \kappa\frac{\lambda}{2} \leq \frac{7\lambda}{4}$ ή $0 \leq \kappa \leq 3{,}5$ (μονάδες 2)

Οι ακέραιες τιμές του κ είναι 0,1,2,3 .Άρα πάνω στην χορδή ΟΑ σχηματίζονται 4 κοιλίες.

Β. Σωστή απάντηση είναι η (β) (μονάδες 1)

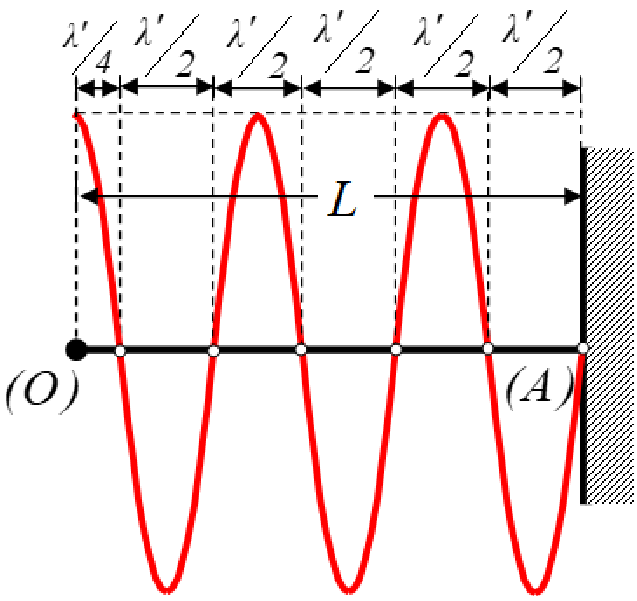
Δικαιολόγηση

Στην χορδή ΟΑ σχηματίζουμε 6 κοιλίες. Σύμφωνα με το σχήμα έχουμε : $L = \frac{5\lambda'}{2} + \frac{\lambda'}{4}$ (μονάδες 1) $\Rightarrow$

$L = \frac{11\lambda'}{4} \Rightarrow \frac{7\lambda}{4} = \frac{11\lambda'}{4} \Rightarrow$

$$\frac{7}{4}\upsilon_\delta\, T = \frac{11}{4}\upsilon_\delta\, T' \text{ (μονάδες 1)} \Rightarrow$$

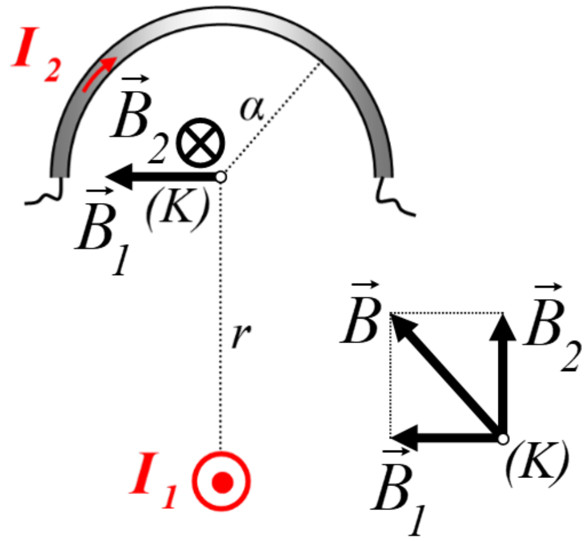
$$\frac{T}{T'} = \frac{11}{7} \text{ (μονάδες 1)}$$



Β2. Σωστή απάντηση είναι η (β) (μονάδες 2)

<u>Δικαιολόγηση</u>

Στο διπλανό σχήμα φαίνονται τα διανύσματα των εντάσεων $\vec{B}_1$ και $\vec{B}_2$ που οφείλονται στον ευθύγραμμο αγωγό και στον ημικυκλικό αγωγό αντίστοιχα (μονάδες 1).



Για το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο σημείο (K) που οφείλεται στον ευθύγραμμο αγωγό έχουμε:

$$B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2I_1}{r} \text{ (μονάδες 1) } \xrightarrow{r=2\alpha, I_1=I} B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2I}{2\alpha} \Rightarrow$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi\alpha} \text{ (1)(μονάδες 1)}$$

Για το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο σημείο (K) που οφείλεται στον ημικυκλικό αγωγό έχουμε:
Εφαρμόζουμε τον νόμο των $Biot-Savart$ για στοιχειώδες τμήμα του ημικυκλίου για να υπολογίσουμε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο (K). Έχουμε:

$$\Delta B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2\cdot\Delta l}{\alpha^2}\cdot \eta\mu\theta \text{ (2)}$$

Ισχύει ότι κάθε στοιχειώδες τμήμα $\Delta\vec{l}$ απέχει από το σημείο (K) απόσταση α ενώ η γωνία μεταξύ κάθε στοιχειώδους τμήματος $\Delta\vec{l}$ και $\vec{r}$ είναι $\theta = \pi/2\ rad$. Από τη σχέση (2) προκύπτει:

$$\Delta B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2\cdot\Delta l}{\alpha^2}\cdot\eta\mu\frac{\pi}{2} \Rightarrow \Delta B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2\cdot\Delta l}{\alpha^2} \text{ (μονάδες 1)}$$

Για το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο (K), ολόκληρο το ημικύκλιο, ισχύει:

$$B_2 = \Sigma\Delta B_2 \Rightarrow B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2}{\alpha^2}\cdot\Sigma\Delta l \Rightarrow B_3 = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I_2}{\alpha^2}\cdot\pi\alpha \Rightarrow$$

$$B_3 = \frac{\mu_0 I_2}{4\alpha} \xRightarrow{I_2=\frac{I}{\pi}} B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi\alpha} \text{ (μονάδες 1) (3)}$$

Για το μέτρο της έντασης του συνολικού μαγνητικού πεδίου στο κέντρο (K) του ημικυκλικού αγωγού έχουμε:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \overset{(1),(3)}{\triangleq} \sqrt{2B_1^2} = B_1\sqrt{2} \Rightarrow \boxed{B = \frac{\mu_0 I\sqrt{2}}{4\pi\alpha}} \text{ (μονάδες 1)}$$

Β3. Σωστή απάντηση είναι η (α) (μονάδες 2)

<u>Δικαιολόγηση</u>

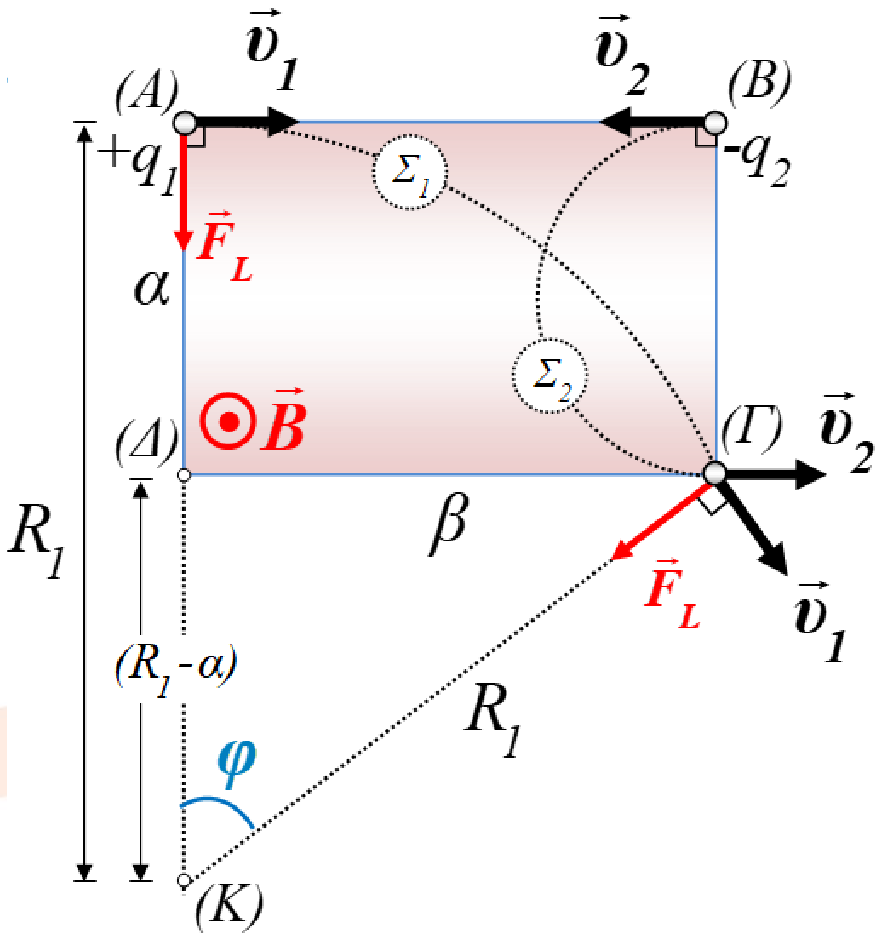
Για να βρούμε το κέντρο (K) της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου Σ_1, σχεδιάζουμε τη μαγνητική δύναμη $Lorentz$ στο σημείο εισόδου (A) και στο σημείο εξόδου (Γ). Το σημείο τομής (K) των φορέων των δυνάμεων που σχεδιάσαμε είναι το κέντρο (K) της κυκλικής τροχιάς.
Εφαρμόζουμε το πυθαγόρειο θεώρημα στο τρίγωνο $K\Delta\Gamma$ (μονάδες 1). Ισχύει:

$$(K\Gamma)^2 = (K\Delta)^2 + (\Delta\Gamma)^2 \Rightarrow R_1^2 = (R_1 - a)^2 + \beta^2 \Rightarrow R_1^2 = R_1^2 + \alpha^2 - 2R_1\alpha + 3\alpha^2 \Rightarrow$$

$$2R_1\alpha = 4\alpha^2 \Rightarrow R_1 = 2\alpha \text{ (1) (μονάδες 2)}$$

Για την ακτίνα R_2 της κυκλικής τροχιάς του σωματιδίου Σ_2 έχουμε:

$$R_2 = \frac{\alpha}{2} \text{(2) (μονάδες 1)}$$



Από τις σχέσεις (1) και (2) έχουμε:

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{2\alpha}{\frac{\alpha}{2}}=4\Rightarrow\frac{\frac{m_1\upsilon_1}{B|q_1|}}{\frac{m_2\upsilon_2}{B|q_2|}}=4\Rightarrow\frac{m_1\upsilon_1|q_2|}{m_2\upsilon_2|q_1|}=4\ (3)$$

Επειδή τα δύο σωματίδια Σ_1 και Σ_2 εξέρχονται από το πεδίο ταυτόχρονα για τους χρόνους παραμονής Δt_1 και Δt_2 αντίστοιχα ισχύει:

$\Delta t_1=\Delta t_2$

Όμως $\Delta t_1=\frac{\varphi}{360}\cdot T_1$ όπου για τη γωνία φ από το τρίγωνο $K\Delta\Gamma$ ισχύει $\eta\mu\varphi=\frac{\beta}{R_1}=\frac{\alpha\sqrt{3}}{2\alpha}=\frac{\sqrt{3}}{2}\Rightarrow\varphi=60^o$

Έτσι $\Delta t_1=\frac{60^o}{360^o}\cdot T_1=\frac{2\pi m_1}{6B|q_1|}=\frac{\pi m_1}{3B|q_1|}$ (4) (μονάδες 1)

$\Delta t_2=\frac{T_2}{2}=\frac{2\pi m_2}{2B|q_2|}=\frac{\pi m_2}{B|q_2|}$ (5) (μονάδες 1)

Πρέπει $\Delta t_1=\Delta t_2\Rightarrow\frac{\pi m_1}{3B|q_1|}=\frac{\pi m_2}{B|q_2|}\Rightarrow\frac{m_1}{3|q_1|}=\frac{m_2}{|q_2|}\Rightarrow m_1|q_2|=3m_2|q_1|$ (6)

Από τις σχέσεις (3) και (6) έχουμε:

$\frac{m_1\upsilon_1|q_2|}{m_2\upsilon_2|q_1|}=4\Rightarrow\frac{3m_2|q_1|\upsilon_1}{m_2\upsilon_2|q_1|}=4\Rightarrow\boxed{\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}=\frac{4}{3}}$(μονάδες 1)

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Η εξίσωση του στιγμιότυπου την χρονική στιγμή t_1 είναι $y = Aημ\,2π(\frac{t_1}{T} + \frac{x}{λ})$. Σε αντιστοιχία με την $y = 0{,}02\,ημ\,π\left(4 - \frac{x}{10}\right)$ (μονάδες 1) έχουμε: $\frac{2πt_1}{T} = 4π \Rightarrow \boxed{T = 1\,s}$ (μονάδες 1)

$\frac{2πx}{λ} = \frac{πx}{10} \Rightarrow \boxed{λ = 20\,cm}$. (μονάδες 1)

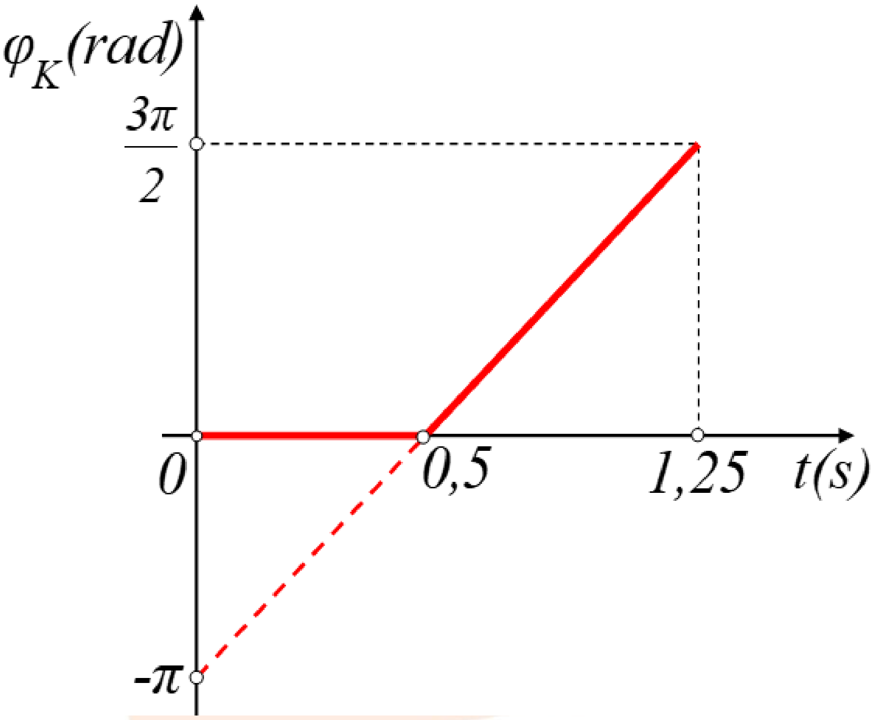
Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος ισούται με $υ_δ$= λT⇒ $\boxed{υ_δ = 20\,{}^{cm}/_{s}}$ (μονάδες 3)

Γ2. Η φάση του σημείου Κ την χρονική στιγμή t_1 ισούται με :$φ_K = 3π \Rightarrow π\left(4 - \frac{x_K}{10}\right) = 3π \Rightarrow$ $x_K = 10\,cm$. (μονάδες 2)

Το σημείο Κ ξεκινά την ταλάντωσή του την χρονική στιγμή $t_K = \frac{x_K}{υ_δ} \Rightarrow t_K = 0{,}5\,s$. (μονάδες 1)

Η χρονική στιγμή που το σημείο Κ διέρχεται από την αρνητική ακραία του θέση για πρώτη φορά είναι $t = t_K + \frac{3T}{4} \Rightarrow t = 1{,}25\,s$. (μονάδες1).

Η γραφική παράσταση της φάσης $φ_K = 2π\left(t - \frac{x_K}{20}\right) \Rightarrow φ_K = 2π(t - 0{,}5)$ του σημείου Κ σε συνάρτηση με το χρόνο είναι: Για $t = 0$ $φ_K = -π\,rad, t = 0{,}5\,s$ $φ_K = 0, t = 1{,}25\,s$ $φ_K = \frac{3π}{2}\,rad$. (μονάδες 1)



(μονάδες 3)

Γ3. Ο χρόνος που ξεκινά τη ταλάντωσή του το σημείο Λ είναι $t_Λ = t_K + 0{,}25\,s \Rightarrow t_Λ = 0{,}75\,s \Rightarrow$ $\frac{x_Λ}{υ_δ} = 0{,}75 \Rightarrow x_Λ = 15\,cm$ (μονάδες 2)

Η διαφορά φάσης των σημείων Κ και Λ ισούται με $Δφ = φ_K - φ_Λ \Rightarrow$

$$Δφ = 2π\left(\frac{t}{T} - \frac{x_K}{λ}\right) - 2π\left(\frac{t}{T} - \frac{x_Λ}{λ}\right) \Rightarrow \text{μονάδες 1)}\,Δφ = \frac{2πΔx}{λ} \Rightarrow \boxed{Δφ = \frac{π}{2}\,rad}.\ \text{(μονάδες 3)}$$

Γ4. Από το προηγούμενο ερώτημα έχουμε : $Δφ = φ_K - φ_Λ \Rightarrow φ_K - φ_Λ = \frac{π}{2}\,rad \Rightarrow$

$φ_Λ = φ_K - \frac{π}{2}$ (1) (μονάδες 2)

Ισχύει $υ_Λ = ω\,A\,συν\,(φ_Λ) \overset{(1)}{\Rightarrow} υ_Λ = \frac{2π}{T}\,A\,συν\left(φ_K - \frac{π}{2}\right) \Rightarrow υ_Λ = \frac{2π}{T}\,A\,συν\left(\frac{π}{2} - φ_K\right) \Rightarrow$

$\upsilon_\Lambda = \frac{2\pi}{T} A\, \eta\mu(\varphi_K) \Rightarrow 0{,}02\pi = 0{,}04\pi\, \eta\mu(\varphi_K) \Rightarrow \eta\mu(\varphi_K) = \frac{1}{2}$ (μονάδες 2,5)

Η απομάκρυνση του σημείου Κ ισούται με :$y = A\, \eta\mu(\varphi_K) \Rightarrow y = \frac{A}{2} \Rightarrow \boxed{y = 0{,}01\, m}$ (μονάδες 1,5)

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Από τη χρονική στιγμή $t = 0$ και μετά ο αγωγός αρχίζει να επιταχύνεται προς τα δεξιά λόγω της δύναμης $\vec{F}$. Έτσι στα άκρα του αγωγού $K\Lambda$ αναπτύσσεται τάση από επαγωγή με μέτρο:

$E_{\varepsilon\pi.} = B\upsilon l$ (**1**) (μονάδες 1)

και πολικότητας που φαίνεται στο σχήμα.

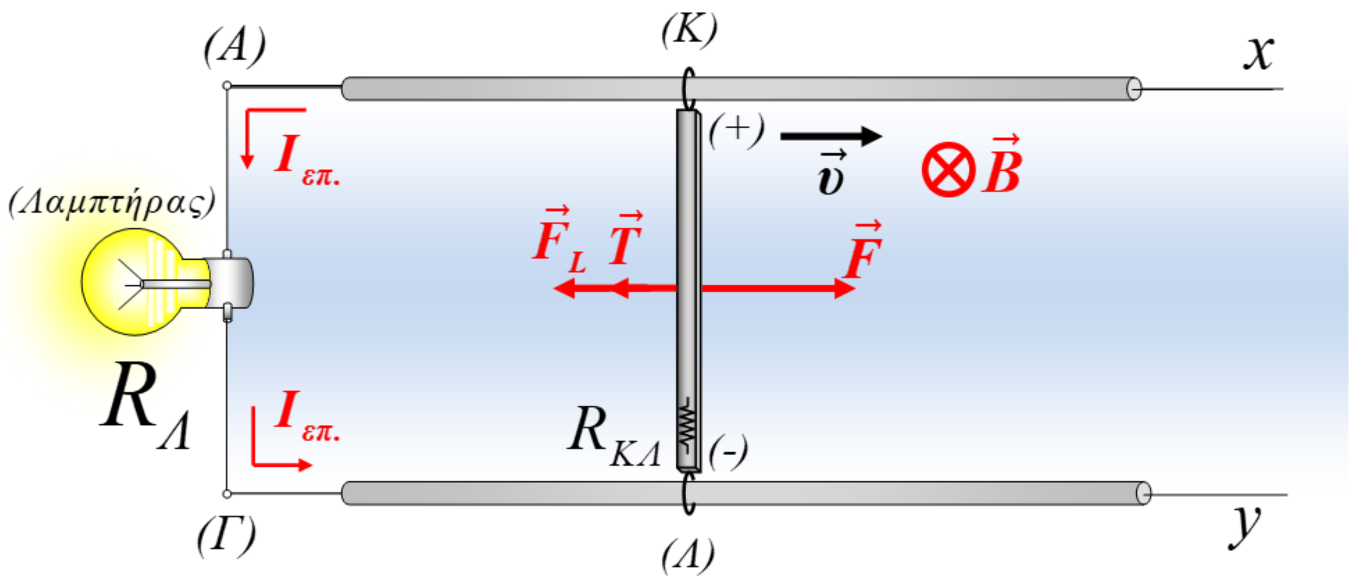
Το κλειστό κύκλωμα $K A \Gamma \Lambda K$ διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα έντασης:

$I_{\varepsilon\pi.} = \frac{E_{\varepsilon\pi.}}{R_{o\lambda.}} \overset{(1)}{\Rightarrow} I_{\varepsilon\pi.} = \frac{B\upsilon l}{R_\Lambda + R_{K\Lambda}}$ (**2**) (μονάδες 1)

και φοράς που φαίνεται στο σχήμα.

Ο αγωγός $K\Lambda$ διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα και βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$, οπότε ασκείται σε αυτό δύναμη *Laplace* μέτρου:

$F_L = B I_{\varepsilon\pi.} l \overset{(2)}{\Rightarrow} F_L = \frac{B^2 l^2 \upsilon}{R_\Lambda + R_{K\Lambda}}$ (**3**) (μονάδες 1)



Τη χρονική στιγμή t_1 που ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας του αγωγού γίνεται μηδέν, ο αγωγός αποκτά οριακή (σταθερή) ταχύτητα αφού εκείνη τη στιγμή ισχύει $\Sigma F = 0$ (μονάδες 1).

Για την ταχύτητα του αγωγού εκείνη τη χρονική t_1 έχουμε:

$K = \frac{1}{2} m \upsilon_{o\rho.}^2 \Longrightarrow \upsilon_{o\rho.} = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 14{,}4}{0{,}2}} \Longrightarrow \upsilon_{o\rho.} = 12 \frac{m}{s}$ (μονάδες 1)

Η τάση από επαγωγή που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού $K\Lambda$ τη χρονική t_1 είναι

$E_{\varepsilon\pi.} = B \upsilon_{o\rho.} l = 1 \cdot 12 \cdot 1 \Longrightarrow \boxed{E_{\varepsilon\pi.} = 12V}$ (μονάδες 1)

Δ2. Τη χρονική στιγμή t_1 η δύναμη *Laplace* που δέχεται ο αγωγός έχει μέτρο

$(\mathbf{3}) \Longrightarrow F_L = \frac{B^2 l^2 \upsilon_{o\rho.}}{R_\Lambda + R_{K\Lambda}} = \frac{1^2 \cdot 1^2 \cdot 12}{3+1} \Longrightarrow F_L = 3N$ (μονάδες 1)

Επειδή το μέτρο της δύναμης $\vec{F}$ είναι $F = 5N > F_L$ θα πρέπει να του ασκείται δύναμη ομόρροπη της δύναμης *Laplace* αφού εκείνη τη στιγμή πρέπει $\Sigma F = 0$. Η δύναμη αυτή είναι η τριβή (μονάδες 2).

Για το μέτρο της ισχύει:

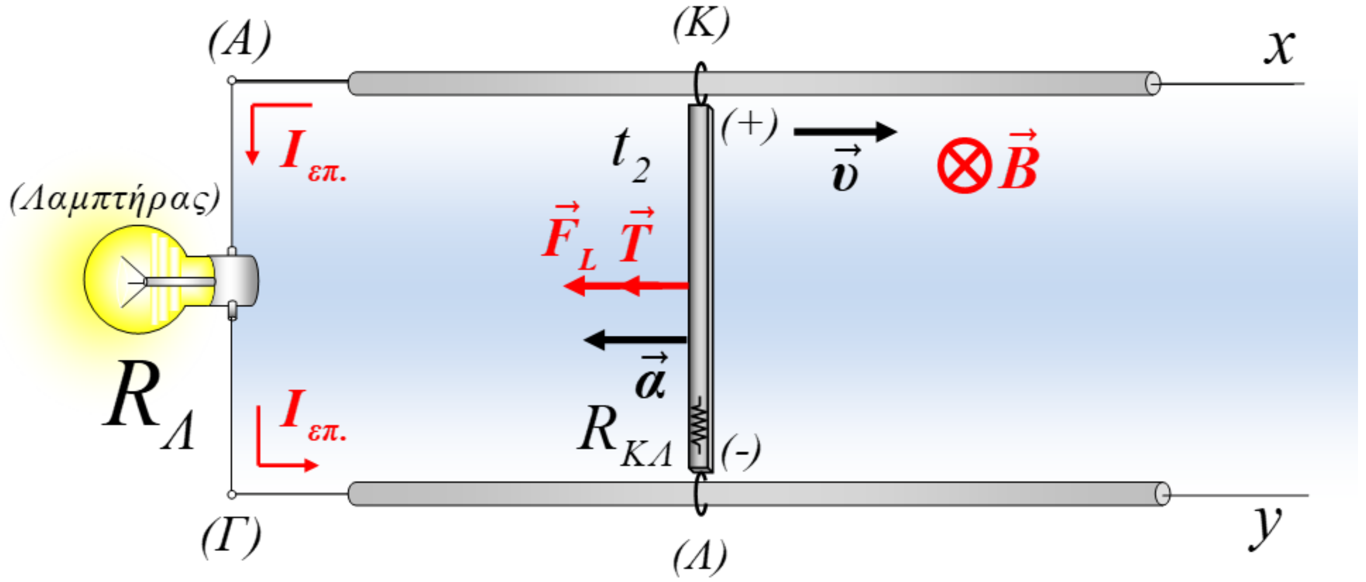
$\Sigma F = 0 \Longrightarrow F - T - F_L = 0$ (μονάδες 2) $\Longrightarrow T = F - F_L = 5 - 3 \Longrightarrow \boxed{T = 2N}$ (μονάδες 2)

Δ3. Αφού ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά από τη χρονική στιγμή t_1 και μετά, το ρεύμα που τον διαρρέει θα είναι το ρεύμα κανονικής λειτουργίας.
$(2) \Longrightarrow I_K = I_{επ.} = \frac{B\upsilon_{ορ.}l}{R_Λ+R_{ΚΛ}} = \frac{12}{3+1} \Longrightarrow I_K = 3\text{A}$ (μονάδες 2)

Για την τάση κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα έχουμε
$V_K = I_K R_Λ = 3 \cdot 3 \Longrightarrow \boxed{V_K = 9V}$ (μονάδες 2)

Για την ισχύ κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα έχουμε
$P_K = V_K I_K = 9 \cdot 3 \Longrightarrow \boxed{P_K = 27W}$ (μονάδες 2)

Δ4.



Τη χρονική στιγμή t_3 η ταχύτητα του αγωγού έχει μέτρο ίσο με το 50% του μέτρου που είχε τη χρονική στιγμή t_2 άρα $\upsilon = 50\% \cdot \upsilon_{ορ.} = \frac{1}{2} \cdot 12 \Longrightarrow \upsilon = 6\frac{m}{s}$ (μονάδες 0,5).
Επειδή ο αγωγός συνεχίζει να κινείται αλλά επιβραδυνόμενος, στα άκρα του υπάρχει πάλι τάση από επαγωγή, το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα και του ασκείται και δύναμη $Laplace$.

Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού τη χρονική στιγμή t_3 είναι:
$\frac{ΔK}{Δt} = ΣF \cdot \upsilon$ (μονάδες 1) $= (-F_L - T) \cdot \upsilon$ (μονάδες 1) $= (-\frac{B^2 l^2 \upsilon}{R_Λ + R_{ΚΛ}} - T) \cdot \upsilon = (-\frac{1^2 \cdot 1^2 \cdot 6}{3+1} - 2) \cdot 6 \Longrightarrow$

$\boxed{\frac{ΔK}{Δt} = -21 J/_s}$ (μονάδες 1,5)

Δ5. Ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα λόγω φαινόμενου $Joule$ στις αντιστάσεις τη χρονική στιγμή t_3 είναι:
$\frac{ΔQ_{R_{ολ.}}}{Δt} = P_{R_{ολ.}} = I_{επ.}^2 \cdot R_{ολ.} = I_{επ.}^2 \cdot (R_Λ + R_{ΚΛ})$
Όμως $I_{επ.} = \frac{B\upsilon l}{R_Λ+R_{ΚΛ}} = \frac{1\cdot6\cdot1}{3+1} = 1{,}5A$ άρα
$\frac{ΔQ_{R_{ολ.}}}{Δt} = I_{επ.}^2 \cdot (R_Λ + R_{ΚΛ}) = 1{,}5^2 \cdot (3+1) \Longrightarrow \boxed{\frac{ΔQ_{R_{ολ.}}}{Δt} = 9 J/_s}$ (μονάδες 1)

Ο ρυθμός με τον οποίο παράγεται θερμότητα λόγω της τριβής του αγωγού με τις δύο οριζόντιες παράλληλες μεταλλικές αγώγιμες ράβδους

$\frac{\Delta Q_T}{\Delta t} = T \cdot \upsilon = 2 \cdot 6 \Longrightarrow \boxed{\frac{\Delta Q_T}{\Delta t} = 12 \, {}^{J}\!/_{s}}$ (μονάδες 1)

Προφανώς ισχύει:

$$\boxed{\left|\frac{\Delta K}{\Delta t}\right| = \frac{\Delta Q_{R_{ολ.}}}{\Delta t} + \frac{\Delta Q_T}{\Delta t}} \text{ (μονάδες 1)}$$