ΦΥΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
3º ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6) - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1α. β **Α1β.** γ

Α2α. α **Α2β.** δ

Α3α. α **Α3β.** δ

Α4α. α **Α4β.** β

Α5. Σ, Λ, Σ, Σ, Λ

ΘΕΜΑ Β

Β1. Σωστή απάντηση είναι η (γ).

Για τον αντιστάτη R_1 αντίστασης R, η μέγιστη ισχύς είναι

$$P_1 = P_{max} = I^2 R = \left(\frac{V}{R}\right)^2 R \Rightarrow P_1 = \frac{V^2}{R} \quad , \ (1)$$

Όταν συνδέσουμε σε σειρά και δεύτερο αντιστάτη ίδιας αντίστασης, η ολική αντίσταση γίνεται 2R και η νέα μέγιστη ισχύς στον αντιστάτη R_1 είναι

$$P_1' = P_{max}' = I'^2 R = \left(\frac{V}{2R}\right)^2 R \Rightarrow P_1' = \frac{V^2}{4R} \quad , \ (2)$$

Συνδυάζοντας τις (1),(2) παίρνουμε

$$P_1' = \frac{P_1}{4}$$

Άρα, σωστή απάντηση είναι η (γ).

Β2. Σωστή απάντηση είναι η **(α)**.

Σύμφωνα με την εκφώνηση, το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου αυξάνεται με σταθερό ρυθμό με συνέπεια ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής να είναι σταθερός, επομένως η επαγωγική τάση και το επαγωγικό ρεύμα που διαρρέει το κυκλικό πλαίσιο είναι χρονικά σταθερά. Σύμφωνα με το νόμο του Joule, η θερμότητα που αναπτύσσεται στο πλαίσιο όταν αυτό διαρρέεται από ρεύμα σταθερής τιμής δίνεται από τη σχέση

$$Q_\Pi = I_{\varepsilon\pi}^2 R \cdot \Delta t \quad , \ (1) \qquad \text{όπου}$$

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R + R_{\Pi}} \ , \ (2)$$

$$|E_{\varepsilon\pi}| = N\frac{d\Phi}{dt} = N\frac{dB}{dt}\pi r^2 \Rightarrow E_{\varepsilon\pi} = N\lambda\pi r^2 \ , \ (3)$$

Συνδυάζοντας τις (2),(3) έχουμε:

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{N\lambda\pi r^2}{R + R_{\Pi}} \ , \ (4)$$

Μας δίνεται ότι $\frac{Q_{\pi}}{Q} = \frac{1}{3}$

$$\frac{Q_{\Pi}}{Q} = \frac{I_{\varepsilon\pi}^2 R_{\Pi} \cdot \Delta t}{I_{\varepsilon\pi}^2 R \cdot \Delta t} \Rightarrow \frac{Q_{\Pi}}{Q} = \frac{R_{\Pi}}{R} \Rightarrow \frac{R_{\Pi}}{R} = \frac{1}{3} \Rightarrow R_{\Pi} = \frac{R}{3}$$

Επομένως η (4) γίνεται

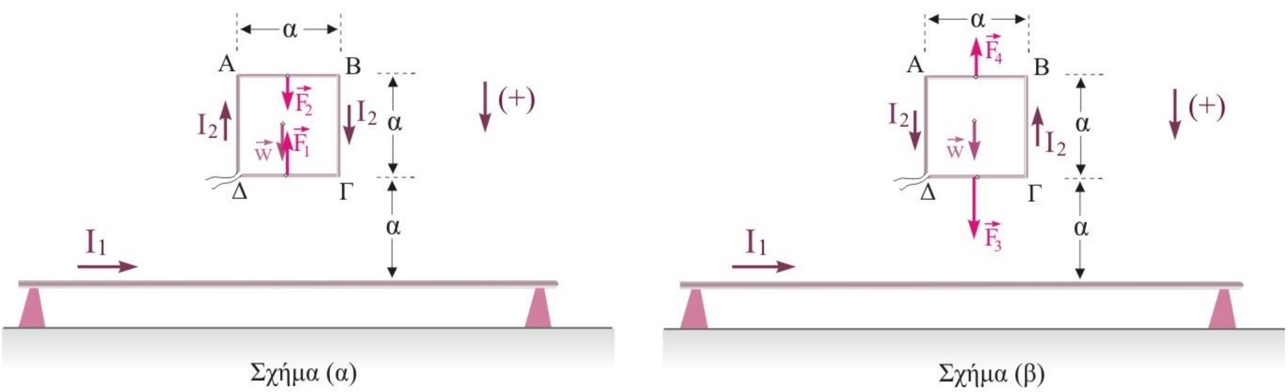
$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{N\lambda\pi r^2}{R + \frac{R}{3}} = \frac{3}{4}\frac{N\lambda\pi r^2}{R}$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) παίρνουμε

$$Q_{\Pi} = \left(\frac{3}{4}\frac{N\lambda\pi r^2}{R}\right)^2 \cdot \frac{R}{3} \cdot \Delta t \Rightarrow Q_{\Pi} = \frac{3}{16}\frac{N^2\lambda^2\pi^2 r^4}{R}\Delta t$$

Άρα, σωστή απάντηση είναι η (α).

Β3. Σωστή απάντηση είναι η **(γ)**.

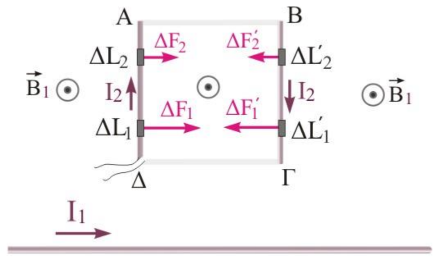


Στο σχήμα (α) στο πλαίσιο ασκούνται οι εξής δυνάμεις:

- Το βάρος του $\vec{w}$
- Η δύναμη $\vec{F}_1$ η οποία οφείλεται στον ευθύγραμμο αγωγό και την πλευρά ΓΔ, που διαρρέονται από τα αντίρροπα ρεύματα I_1, I_2 και απωθούνται.

- Η δύναμη $\vec{F}_2$ η οποία οφείλεται στον ευθύγραμμο αγωγό και την πλευρά ΑΒ, που διαρρέονται από τα ομόρροπα ρεύματα I_1, I_2 και έλκονται.

Οι δυνάμεις στις πλευρές ΑΔ και ΒΓ έχουν συνισταμένη ίση με μηδέν, καθώς αν χωρίσουμε τις δύο πλευρές σε στοιχειώδη τμήματα, οι δυνάμεις που δέχονται δύο τμήματα που ισαπέχουν από τον ευθύγραμμο αγωγό είναι αντίθετες με συνέπεια να αλληλοαναιρούνται (σχήμα γ)



Σχήμα (γ)

Το πλαίσιο ισορροπεί, επομένως

$$\Sigma F = 0 \ \Rightarrow \ w + F_2 - F_1 = 0 \Rightarrow \ w + \frac{2k_\mu I_1 I_2 \cdot \alpha}{2\alpha} = \frac{2k_\mu I_1 I_2 \cdot \alpha}{\alpha} \ \Rightarrow \ w = k_\mu I_1 I_2 \ , \ (1)$$

Στο σχήμα (β), η φορά της έντασης I_2 αλλάζει και το πλαίσιο παύει να ισορροπεί. Εκτός από το βάρος του ασκούνται οι εξής δυνάμεις:

- Η δύναμη $\vec{F}_3$ η οποία οφείλεται στον ευθύγραμμο αγωγό και την πλευρά ΓΔ που διαρρέονται από τα ομόρροπα ρεύματα I_1, I_2 και έλκονται.
- Η δύναμη $\vec{F}_4$ η οποία οφείλεται στον ευθύγραμμο αγωγό και την πλευρά ΑΒ που διαρρέονται από τα αντίρροπα ρεύματα I_1, I_2 και απωθούνται.

Οι δυνάμεις στις πλευρές ΑΔ και ΒΓ είναι οριζόντιες και αλληλοαναιρούνται.

Η συνισταμένη των δυνάμεων, τη στιγμή που το I_2 αλλάζει φορά, είναι

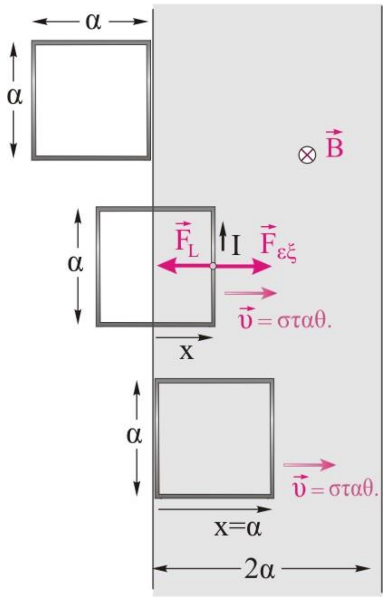
$$\Sigma F = w + F_3 - F_4 = w + \frac{2k_\mu I_1 I_2 \cdot \alpha}{\alpha} - \frac{2k_\mu I_1 I_2 \cdot \alpha}{2\alpha} \xrightarrow{(1)} \Sigma F = w + 2w - w \ \Rightarrow \ \Sigma F = 2mg$$

Η επιτάχυνση του πλαισίου δίνεται από τη σχέση

$$\alpha = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{2mg}{m} \ \Rightarrow \ \alpha = 2g$$

Άρα, σωστή απάντηση είναι η (γ).

Β4. Σωστή απάντηση είναι η **(α)**.



Κατά τη διάρκεια της εισόδου ενός πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο, η μαγνητική ροή που διέρχεται από αυτό αυξάνεται με αποτέλεσμα την εμφάνιση επαγωγικής τάσης και επαγωγικού ρεύματος, τέτοιας φοράς ώστε σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz να αναπτύσσεται μια δύναμη (Laplace) η οποία να αντιστέκεται στην κίνησή του. Επομένως, για να κινείται το πλαίσιο με σταθερή ταχύτητα θα πρέπει να ασκούμε σε αυτό μια εξωτερική δύναμη η οποία είναι αντίθετη της δύναμης Laplace.

Από το διάγραμμα μαγνητικής ροής χρόνου προκύπτει ότι στο χρονικό διάστημα *0 έως t_1* η μαγνητική ροή αυξάνεται με σταθερό ρυθμό, επομένως η επαγωγική τάση και το επαγωγικό ρεύμα έχουν σταθερή τιμή. Άρα τα μέτρα των δυνάμεων είναι σταθερά.

Στο χρονικό διάστημα *t_1 έως $2t_1$* η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από το πλαίσιο δεν μεταβάλλεται, οπότε δεν έχουμε φαινόμενα επαγωγής.

Η ενέργεια που θα δαπανήσουμε για να εισάγουμε το πλαίσιο στο πεδίο είναι αριθμητικά ίση με το έργο της εξωτερικής δύναμης που ασκούμε στο πλαίσιο μόνον κατά τη διάρκεια της εισόδου καθώς για την μετακίνηση στο εσωτερικό του πεδίου δεν απαιτείται δαπάνη ενέργειας.

Επειδή το μέτρο της $F_{εξ}$ είναι σταθερό, έχουμε

$$E_{πρ} = W_{Fεξ} = F_{εξ} \cdot x = |F_L| \cdot α = \mathrm{BI}α \cdot α \quad , \quad (1)$$

Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος δίνεται από τη σχέση

$I = \dfrac{|E_{επ}|}{R}$ και η επαγωγική τάση είναι

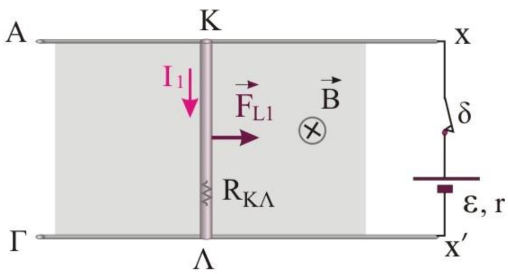
$$|E_{επ}| = \frac{dΦ}{dt} = B \cdot \frac{dx}{dt} α = B \cdot υ \cdot α$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) παίρνουμε

$$E_{πρ} = B \frac{Bυα}{R} α^2 = \frac{B^2 υ α^3}{R}$$

Άρα, σωστή απάντηση είναι η (α).

ΘΕΜΑ Γ



Γ1. Κλείνοντας το διακόπτη, η φορά του ρεύματος στον αγωγό ΚΛ είναι από το Κ προς το Λ και εφόσον η δύναμη Laplace έχει φορά προς τα δεξιά, σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων, το μαγνητικό πεδίο έχει φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα.

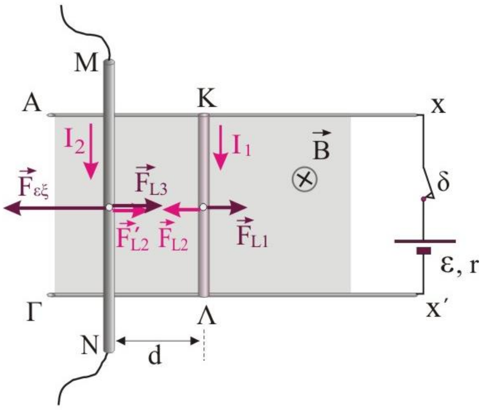
Το μέτρο της δύναμης Laplace δίνεται από τη σχέση

$F_{L1} = BI_1L \quad , \quad (1)$

$I_1 = \dfrac{\varepsilon}{R_{K\Lambda} + r} = \dfrac{50V}{0,8\Omega + 0,2\Omega} = 50A$

$F_{L1} = BI_1L = \left(4\cdot 10^{-3}T\right)\cdot(50A)\cdot(1m) \;\Rightarrow\; F_{L1} = 0,2N$

Γ2. Για να ισορροπεί ο αγωγός ΚΛ θα πρέπει εκτός από τη δύναμη $\vec{F}_{L1}$ να δέχεται μια αντίθετη δύναμη. Επομένως ο ΚΛ και ο ευθύγραμμος αγωγός ΜΝ διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα, ώστε οι αγωγοί να έλκονται. Ο αγωγός ΚΛ δέχεται τη δύναμη $\vec{F}_{L2}$ και ο αγωγός ΜΝ τη $\vec{F}'_{L2}$ (δράση- αντίδραση). Άρα η φορά του ρεύματος I_2 είναι από το Μ προς το Ν.



Οι δυνάμεις $\vec{F}_{L1}$ και $\vec{F}_{L2}$ που ασκούνται στον ΚΛ είναι αντίθετες. Επομένως το μέτρο της $\vec{F}_{L2}$ είναι 0,2Ν.

$$F_{L2} = \frac{2k_\mu \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{d} \;\Rightarrow$$

$$d = \frac{2k_\mu \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{F_{L2}} = \frac{\left(2\cdot 10^{-7}\dfrac{N}{m}\right)\cdot(50A)\cdot(100A)\cdot(1m)}{2\cdot 10^{-1}N} \;\Rightarrow\; d = 0,005m$$

Γ3. Ο αγωγός ΜΝ δέχεται από τον αγωγό ΚΛ τη δύναμη $\vec{F}'_{L2}$ και από το εξωτερικό πεδίο τη δύναμη $\vec{F}_{L3}$. Οι δύο δυνάμεις έχουν την ίδια φορά, προς τα δεξιά.

Για να ισορροπεί ο αγωγός ΜΝ θα πρέπει να ασκήσουμε σε αυτόν μια εξωτερική δύναμη με φορά προς τα αριστερά, ώστε να είναι αντίθετη στην συνισταμένη των $\vec{F}'_{L2}$, $\vec{F}_{L3}$.

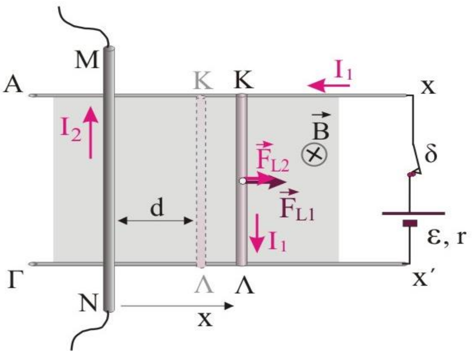
Επομένως για το μέτρο της $\vec{F}_{\varepsilon\xi}$ έχουμε

$F_{\varepsilon\xi} = F_{L2} + F_{L3}$

Όμως, $F_{L3} = BI_2L = \left(4\cdot 10^{-3}T\right)\cdot(100A)\cdot(1m) \;\Rightarrow\; F_{L3} = 0,4N$

Άρα, $F_{\varepsilon\xi}$= 0,2N+0,4N ή $F_{\varepsilon\xi}$=0,6N με φορά προς τα αριστερά.

Γ4. Με την αντιστροφή του ρεύματος I_2, οι αγωγοί ΚΛ και ΜΝ διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα και απωθούνται. Στον αγωγό ΚΛ οι δύο δυνάμεις που του ασκούνται είναι τώρα ομόρροπες.



$$\Sigma F = F_{L1} + F_{L2} = BI_1L + \frac{2k_\mu \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{x} \Rightarrow$$

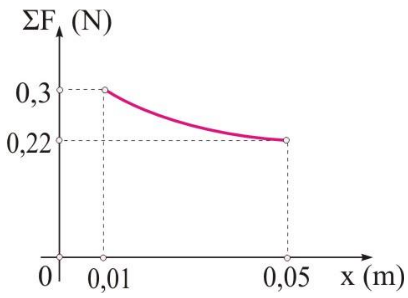
$$\Sigma F = 0,2 + \frac{10^{-3}}{x} \text{ , } (S.I.)$$

Η παραπάνω συνάρτηση είναι υπερβολή.

Για τις τιμές x_1=0,01m και x_2=0,05m έχουμε

$$x_1 = 0,01m \text{ , } \Sigma F_1 = 0,3N$$
$$x_2 = 0,05m \text{ , } \Sigma F_2 = 0,22N$$

Η γραφική παράσταση δείχνεται στο διπλανό διάγραμμα.

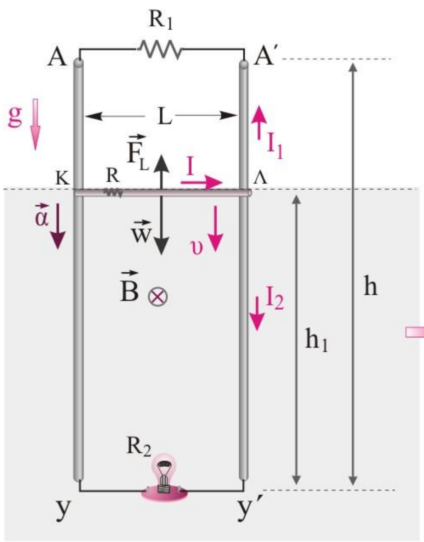


ΘΕΜΑ Δ

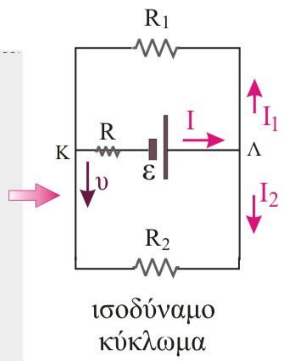
Δ1. Από τις πληροφορίες που μας δίνονται για τον λαμπτήρα, μπορούμε να βρούμε την αντίστασή του R_2.

$$R_2 = \frac{V_o}{I_o} = \frac{V_o}{I_{\varepsilon\nu}\sqrt{2}} = \frac{12V}{\sqrt{2}\sqrt{2}A} \Rightarrow R_2 = 6\Omega$$

Η ράβδος ΚΛ αφήνεται να πέσει ελεύθερα από τη θέση Α'Α και μέχρι να φτάσει στο πάνω όριο του μαγνητικού πεδίου (σχήμα α) διανύει απόσταση *h-h₁*. Η ταχύτητά της βρίσκεται από τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας ανάμεσα στις δύο θέσεις.



σχήμα (α)



$$mgh + 0 = mgh_1 + \frac{1}{2}m\upsilon^2 \Rightarrow$$

$$\upsilon = \sqrt{2g(h-h_1)} = \sqrt{2 \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 0,2m} \Rightarrow$$

$$\upsilon = 2\frac{m}{s}$$

Δ2. Μόλις η ράβδος εισέλθει στο μαγνητικό πεδίο, η προς τα κάτω κίνησή της μέσα σε αυτό προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής στο δημιουργούμενο πλαίσιο ΑΑ'ΚΛ και δημιουργεί στα άκρα της ΚΛ ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή η οποία με εφαρμογή του νόμου του Faraday προκύπτει ίση με $E_{\varepsilon\pi} = B\upsilon L$ (όπως αποδείξαμε στο θέμα B_4). Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz το επαγωγικό ρεύμα θα έχει φορά από το Λ προς το Κ (εξωτερικά της ράβδου), δηλαδή ο θετικός πόλος της ράβδου θα είναι στο σημείο της Λ. Η εμφάνιση ρεύματος δημιουργεί δύναμη Laplace η οποία αντιτίθεται στην κίνηση και έχει μέτρο

$$F_L = BIL = B\frac{B\upsilon L}{R_{o\lambda}}L \quad , \quad (1)$$

Οι αντιστάτες R_1, R_2 είναι παράλληλα συνδεδεμένοι και ο συνδυασμός τους είναι σε σειρά με την εσωτερική αντίσταση της πηγής.

$$R_{o\lambda} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R = \frac{3\Omega \cdot 6\Omega}{3\Omega + 6\Omega} + 1\Omega \ \Rightarrow \ R_{o\lambda} = 3\Omega$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) παίρνουμε:

$$F_L = \frac{B^2 \upsilon L^2}{R_{o\lambda}} = \frac{(1T)^2 \cdot 2\frac{m}{s} \cdot (0,5m)^2}{3\Omega} \ \Rightarrow \ F_L = \frac{1}{6}N$$

Το βάρος της ράβδου είναι w=mg=0,3N. Βλέπουμε ότι w>F_L, επομένως η ράβδος κατά την είσοδό της στο μαγνητικό πεδίο (σχήμα α) επιταχύνεται με επιτάχυνση μέτρου

$$\alpha = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{mg - F_L}{m} = \frac{0,3N - \frac{1}{6}N}{0,03kg} \ \Rightarrow \ \alpha = \frac{40}{9}\frac{m}{s^2}$$

Η ράβδος αποκτάει την οριακή της ταχύτητα όταν η συνισταμένη των δυνάμεων σε αυτήν είναι μηδέν, δηλαδή το μέτρο της F_L γίνεται ίσο με αυτό του βάρους w.

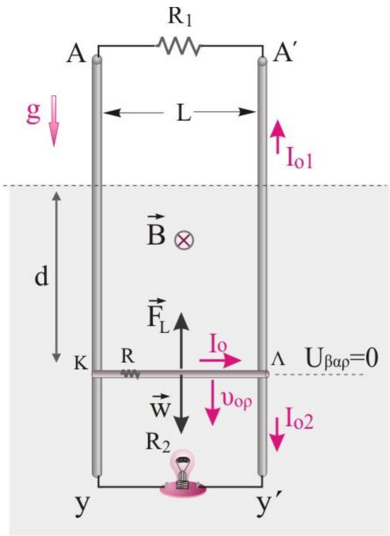
$$F_L = mg \ \Rightarrow \ B\frac{B\upsilon_{o\rho}L}{R_{o\lambda}}L = mg \ \Rightarrow \ \upsilon_{o\rho} = \frac{mg \cdot R_{o\lambda}}{B^2 L^2} \quad , \quad (2)$$

Η αντικατάσταση των τιμών δίνει:

$$\upsilon_{o\rho} = \frac{(0,03Kg)\cdot(10m/s^2)\cdot 3\Omega}{(1T)^2 \cdot (1m/2)^2} \Rightarrow \upsilon_{o\rho} = 3,6\frac{m}{s}$$

ΣΧΟΛΙΟ: Στο ίδιο ακριβώς αποτέλεσμα θα καταλήγαμε αν μελετούσαμε το φαινόμενο της επαγωγής στο δημιουργούμενο πλαίσιο γγ'ΚΛ . Στην περίπτωση αυτή καθώς ο αγωγός ΚΛ κατέρχεται, η μαγνητική ροή μειώνεται, αλλά η εφαρμογή του κανόνα του Lenz δίνει ότι φορά του επαγωγικού ρεύματος παραμένει ίδια.

Δ3. Εφαρμόζουμε την αρχή διατήρησης ενέργειας από τη στιγμή που η ράβδος εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο (σχήμα α) μέχρι αυτή να αποκτήσει την οριακή της ταχύτητα (σχήμα β) θεωρώντας επίπεδο μηδενικής βαρυτικής δυναμικής ενέργειας αυτό που διέρχεται από τη ράβδο στο σχήμα (β).



σχήμα (β)

$$E_{\mu\eta\chi(\alpha\rho\chi)} = E_{\mu\eta\chi(\tau\varepsilon\lambda)} + Q \Rightarrow$$

$$U_{\alpha\rho\chi} + K_{\alpha\rho\chi} = U_{\tau\varepsilon\lambda} + K_{\tau\varepsilon\lambda} + Q \Rightarrow \quad mgd + \frac{1}{2}m\upsilon^2 = \frac{1}{2}m\upsilon_{o\rho}^2 + Q \Rightarrow$$

$$0{,}03kg \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot 5{,}9m + \frac{1}{2}0{,}03kg \cdot \left(2\frac{m}{s}\right)^2 = \frac{1}{2}0{,}03kg \cdot \left(3{,}6\frac{m}{s}\right)^2 + Q \Rightarrow$$

$$Q = 1{,}64\,J$$

Δ4. α) Κατά την κίνηση της ράβδου στο μαγνητικό πεδίο και όταν αυτή έχει αποκτήσει την οριακή της ταχύτητα, ο ρυθμός μείωσης της βαρυτικής δυναμικής της ενέργειας είναι

$$\frac{|dU_{\beta\alpha\rho}|}{dt} = mg \cdot \upsilon_{o\rho} \quad , (3)$$

Αντικαθιστώντας την $\upsilon_{o\rho}$ από τη σχέση (2) παίρνουμε

$$\frac{|dU_{\beta\alpha\rho}|}{dt} = \frac{m^2 g^2 \cdot R_{o\lambda}}{B^2 L^2}$$

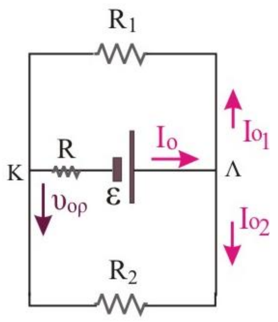
Η ηλεκτρική ισχύς που δαπανάται στο κύκλωμα δίνεται από τη σχέση

$$P_{\eta\lambda} = I_o{}^2 R = \left(\frac{B\upsilon_{o\rho} L}{R_{o\lambda}}\right)^2 \cdot R_{o\lambda} = \frac{B^2 L^2}{R_{o\lambda}}\upsilon_{o\rho}^2 \quad , (4)$$

Συνδυάζοντας τις (3), (4) παίρνουμε

$$P_{\eta\lambda} = \frac{B^2 L^2}{R_{o\lambda}} \frac{m^2 g^2 \cdot R^2{}_{o\lambda}}{B^4 L^4} \Rightarrow P_{\eta\lambda} = \frac{m^2 g^2 \cdot R_{o\lambda}}{B^2 L^2}$$

Επομένως $\dfrac{|dU_{\beta\alpha\rho}|}{dt} = P_{\eta\lambda}$



β) Η ισχύς του λαμπτήρα δίνεται από τη σχέση

$P_\Lambda = I_{o2}^2 R_2$, (5)

Για να βρούμε το I_{o2} πρέπει να βρούμε την πολική τάση στα άκρα ΚΛ.

$V_\Pi = \varepsilon - I_o R = B\upsilon_{o\rho} L - I_o R$, (6)

$$I_o = \frac{B\upsilon_{o\rho}L}{R_{o\lambda}} = \frac{(1T)\cdot\left(3{,}6\frac{m}{s}\right)\cdot(0{,}5m)}{3\Omega} = 0{,}6A$$

$$V_\Pi = (1T)\cdot\left(3{,}6\frac{m}{s}\right)\cdot(0{,}5m) - (0{,}6A)\cdot(1\Omega) = 1{,}2V$$

$$I_{o2} = \frac{V_\Pi}{R_2} = \frac{1{,}2V}{6\Omega} = 0{,}2A$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (5) παίρνουμε

$$P_\Lambda = (0{,}2A)^2 \cdot 6\Omega = 0{,}24W$$

Η φωτεινή ισχύς του λαμπτήρα είναι το 25 % της ολικής ισχύος του, δηλαδή

$$P_{\varphi\omega\tau} = \frac{25}{100} P_\Lambda = 0{,}06W$$

Η εκπόνηση του διαγωνίσματος έγινε με τη βοήθεια Εθελοντών Εκπαιδευτικών:

Τα θέματα επιμελήθηκαν οι **Παυλικάκης Γεώργιος** και **Ποντικός Ηλίας, Φυσικοί.**

Ο επιστημονικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε από τον **Παλόγο Αντώνιο, Φυσικό.**