**ΦΥΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**1ο ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ (ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7) - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ**

## ΘΕΜΑ Α

**Α1α.** α  **Α1β.** α

**Α2α.** δ  **Α2β.** γ

**Α3α.** δ  **Α3β.** δ

**Α4α.** δ  **Α4β.** β

**Α5.** Σ, Λ, Λ, Σ, Σ

## ΘΕΜΑ Β

**Β1.** Σωστή απάντηση είναι η (**γ**).

Για τον αντιστάτη $R_1$ αντίστασης R, η μέγιστη ισχύς είναι

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

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

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

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, η ένταση 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 σταθερό. Σύμφωνα με το νόμο του Joule, η θερμότητα που αναπτύσσεται στο πλαίσιο όταν αυτό διαρρέεται από ρεύμα σταθερής τιμής δίνεται από τη σχέση

$Q_{\Pi} = I_{\varepsilon\pi}^2 R \cdot \Delta t \quad , \quad (1)$    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 $\frac{Q_\pi}{Q} = \frac{1}{3}$

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

Επομένως η (4) γίνεται

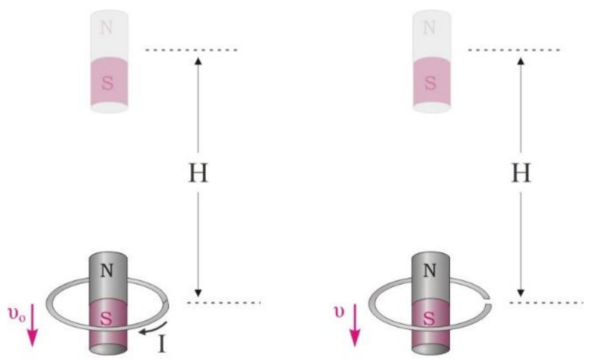
$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{N\lambda\pi r^2}{R+\frac{R}{3}} = \frac{3}{4}\frac{N\lambda\pi r^2}{R}$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) παίρνουμε

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

Άρα, σωστή απάντηση είναι η (α).

**Β3.** Σωστή απάντηση είναι η (**α**).




σχήμα (α) σχήμα (β)

Όταν αφήσουμε ελεύθερο τον μαγνήτη (σχήμα α), αυτός διέρχεται από το επίπεδο του κυκλικού αγωγού με ταχύτητα $\upsilon_o$. Στη διάρκεια της παραπάνω πτώσης, έχουμε φαινόμενο επαγωγής σε κλειστό κύκλωμα, οπότε κυκλοφορεί ηλεκτρικό ρεύμα και αναπτύσσεται θερμότητα λόγω του φαινομένου Joule ίση με $Q = \frac{mgH}{4}$. Εφαρμόζοντας την αρχή της διατήρησης της ενέργειας για το σύστημα κυκλικός αγωγός - μαγνήτης έχουμε:

$$E_{\alpha\rho\chi} = E_{\tau\varepsilon\lambda} \Rightarrow U_{\alpha\rho\chi} = K_{\tau\varepsilon\lambda} + Q \Rightarrow$$

$$mgH = \frac{1}{2}m\upsilon_o^2 + mg\frac{H}{4} \Rightarrow \upsilon_o^2 = \frac{3}{2}gH \;,\; (1)$$

Όταν ο δακτύλιος είναι κομμένος, ο μαγνήτης διέρχεται από το επίπεδο του κυκλικού αγωγού με ταχύτητα $\upsilon$. Στη διάρκεια της παραπάνω πτώσης, έχουμε φαινόμενο επαγωγής σε ανοικτό κύκλωμα, οπότε όλη η μείωση της δυναμικής ενέργειας μετατρέπεται σε κινητική. Εφαρμόζοντας την αρχή της διατήρησης της ενέργειας για το σύστημα κυκλικός αγωγός - μαγνήτης έχουμε:

$$E_{αρχ} = E_{τελ} \Rightarrow U_{αρχ} = K_{τελ} \Rightarrow mgH = \frac{1}{2}m\upsilon^2 \Rightarrow \upsilon^2 = 2gH \ , \ (2)$$

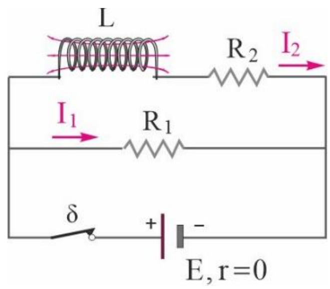
Διαιρώντας κατά μέλη τις (1), (2) παίρνουμε

$$\frac{\upsilon_o^2}{\upsilon^2} = \frac{\frac{3}{2}gH}{2gH} \Rightarrow \upsilon_o = \frac{\upsilon\sqrt{3}}{2}$$

Άρα, σωστή απάντηση είναι η (α).

**Β4.** Σωστή απάντηση η (**α**).

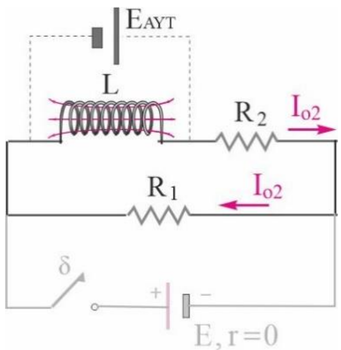
Με τον διακόπτη κλειστό, τα ρεύματα στους κλάδους του κυκλώματος είναι




Στον κλάδο του πηνίου: $I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{E}{4R}$

Στον κλάδο του αντιστάτη $R_1$: $I_2 = \frac{E}{R_1} = \frac{E}{8R}$

Με το άνοιγμα του διακόπτη, το πηνίο συμπεριφέρεται ως πηγή δημιουργώντας $E_{ΑΥΤ}$ στα άκρα του ώστε να αντισταθεί στη μείωση του ρεύματος. Ο κλειστός βρόχος περιέχει το πηνίο που λειτουργεί ως πηγή και συνολική αντίσταση $R_1+R_2=12R$.




Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης ενέργειας, η ενέργεια που θα δώσει το πηνίο στο κύκλωμα είναι ίση με αυτή που είχε αποθηκευμένη, $U = \frac{1}{2}LI_2^2$. Άρα, το μέγιστο ρεύμα, $I_0$, μετά το άνοιγμα του διακόπτη θα είναι ίσο με $I_2$.

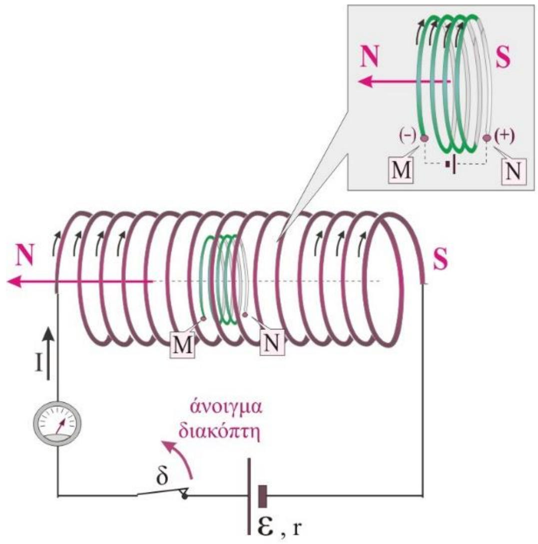
Ο ρυθμός με τον οποίο το πηνίο παρέχει ενέργεια στο κύκλωμα ισούται με την θερμική ισχύ στις αντιστάσεις του κυκλώματος, η οποία την χρονική στιγμή t=0 είναι

$$\frac{dE}{dt} = P_{Rολ} = I_2^2\left(R_1 + R_2\right) = \left(\frac{E}{4R}\right)^2 \cdot 12R \Rightarrow \frac{dE}{dt} = \frac{3E^2}{4R}$$

Άρα, σωστή απάντηση είναι η (α).

**ΘΕΜΑ Γ**

**Γ1.** Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, το σωληνοειδές διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και δημιουργείται μαγνητικό πεδίο του οποίου η ένταση έχει φορά προς τα αριστερά, άρα και από τον κυκλικό αγωγό διέρχεται μαγνητική ροή $\Phi_{αρχ}$ = B S. Όταν ανοίξουμε το διακόπτη, δ, η μαγνητική ροή που διέρχεται από τον κυκλικό αγωγό μηδενίζεται, $\Phi_{τελ}$ =0. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής προκαλεί φαινόμενο επαγωγής, οπότε ο κυκλικός αγωγός συμπεριφέρεται στιγμιαία ως ηλεκτρική πηγή και στους ακροδέκτες Μ και Ν αναπτύσσεται τάση από επαγωγή, *Εεπ*.




Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, η τάση από επαγωγή θα έχει τέτοια πολικότητα, ώστε αν ο κυκλικός αγωγός ήταν συνδεδεμένος με αντιστάτη, το επαγωγικό ρεύμα θα είχε φορά τέτοια ώστε να τείνει να αναιρέσει τη μεταβολή η οποία το προκάλεσε.

Στην περίπτωσή μας για να αναιρεθεί η μείωση του Β, έπρεπε να δημιουργηθεί στον κυκλικό αγωγό δευτερογενές Β ίδιας φοράς με αυτήν του σωληνοειδούς. Για να συμβεί αυτό έπρεπε το επαγωγικό ρεύμα να ρέει στον κυκλικό αγωγό από κάτω προς τα πάνω (βλέπε σχήμα).

Στο εσωτερικό μιας πηγής το ρεύμα ρέει από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο και ο κυκλικός αγωγός συμπεριφέρεται ως ηλεκτρική πηγή άρα η πολικότητα είναι Μ(-) και Ν(+).

**Γ2.** Από το διάγραμμα προκύπτει ότι η περίοδος της έντασης του ρεύματος είναι $T = 2\cdot 10^{-2} s$, οπότε η συχνότητα είναι

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\cdot 10^{-2} s} \Rightarrow f = 50Hz$$

Αυτό σημαίνει ότι γίνονται 50 πλήρεις εναλλαγές της έντασης του ρεύματος ανά δευτερόλεπτο, άρα 100 εναλλαγές πολικότητας ανά δευτερόλεπτο. Επομένως σε 60s γίνονται 60 x 100 = 6000 εναλλαγές πολικότητας.

Από το διάγραμμα προκύπτει ότι το πλάτος της έντασης του ρεύματος είναι *I* = 0,3 A.

Η κυκλική συχνότητα είναι $\omega = 2\pi f = 100\,\pi\ s^{-1}$.

Η εξίσωση της έντασης του ρεύματος είναι *i* = *I* ημωt ή *i= 0,3 ημ100πt (SI)*

**Γ3.** Η ωμική αντίσταση *R* του σωληνοειδούς είναι ίδια είτε αυτό διαρρέεται από συνεχές είτε από εναλλασσόμενο ρεύμα.

Επομένως, εφαρμόζοντας τον νόμο του Ohm για το κλειστό κύκλωμα παίρνουμε ότι:

$$E = i \cdot R_{ολ} = i(R + r) \;\Rightarrow\; R = \frac{E}{i} - r = 38\Omega$$

Η ενεργός ένταση του ρεύματος είναι $I_{εν} = \frac{I}{\sqrt{2}}$

Η θερμότητα που αναπτύσσεται στο πηνίο σε 1 min υπολογίζεται από τον νόμο Joule:

$$Q = I_{εν}^2 Rt = \frac{I^2}{2} Rt = \frac{9 \cdot 10^{-2}}{2} 38\Omega \cdot 60s \Rightarrow Q = 102,6\,J$$

**Γ4.** Η μαγνητική ροή που διέρχεται από τον κυκλικό αγωγό είναι

$$\Phi = B \cdot S = \mu_o \frac{N}{l} i \cdot S = \mu_o \frac{N}{l} S \cdot Iημωt$$

$\Rightarrow$

$$\Phi = 4\pi\ 10^{-7} \frac{T\,m}{A} \times 2 \times 10^3 \frac{σπ}{m} \times 10 \times 10^{-4}\, m^2\ x\ 0,3A\ ημ100\pi t \Rightarrow$$

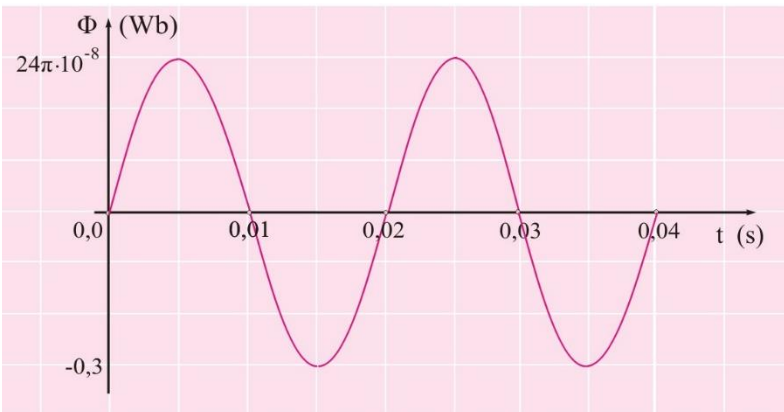
$$\Phi = 24\pi \times 10^{-8}\ ημ100\pi t\ (S.I)$$

Επομένως η μαγνητική ροή μεταβάλλεται ημιτονοειδώς με το χρόνο.

Η μέγιστη τιμή της είναι $\Phi_0 = 24\pi \times 10^{-8}$ Wb

Η περίοδός της είναι $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,02\ s$

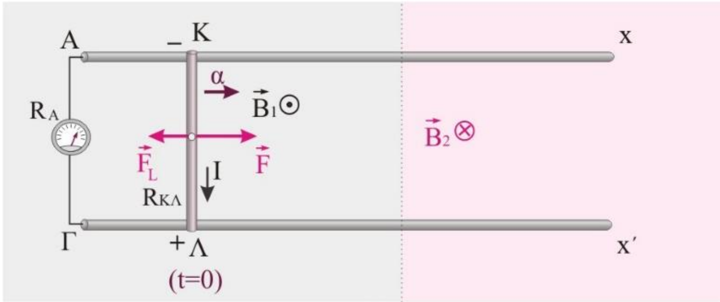
Το διάγραμμα της μαγνητικής ροής σε συνάρτηση με το χρόνο για 2 περιόδους φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



**ΘΕΜΑ Δ**

**Δ1.** Από το διάγραμμα *I=f(t)* παρατηρούμε ότι η ένταση του ρεύματος είναι συνάρτηση πρώτου βαθμού της μορφής $i = I_o + c \cdot t$ , (1)

όπου $I_o$=0,2A και c η κλίση της ευθείας που είναι ίση με $c = \frac{di}{dt} = 0,1\frac{A}{s}$ .



σχήμα (α)

Οι δύο μεταλλικοί οδηγοί, ο αγωγός ΚΛ και το αμπερόμετρο αποτελούν ένα κλειστό πλαίσιο από το οποίο διέρχεται μαγνητική ροή *Φ=B₁S*, όπου *S* το εμβαδόν του σχηματιζόμενου πλαισίου. Καθώς ο αγωγός κινείται, αυξάνεται η επιφάνεια *S*, με συνέπεια να αυξάνεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο και να εμφανίζεται επαγωγική τάση. Αν σε χρόνο *Δt* ο αγωγός έχει μετατοπιστεί κατά *Δx*, τότε η επαγωγική τάση που εμφανίζεται στο πλαίσιο είναι

$$E_{επ} = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{\Phi_{τελ} - \Phi_{αρχ}}{\Delta t} = \frac{B_1 S_{τελ} - B_1 S_{αρχ}}{\Delta t} \Rightarrow E_{επ} = \frac{B_1\left(S_{τελ} - S_{αρχ}\right)}{\Delta t} \Rightarrow E_{επ} = \frac{B_1 L \Delta x}{\Delta t}$$

Όμως, $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ μας κάνει την ταχύτητα του αγωγού, άρα η σχέση (1) γίνεται:

$$E_{επ} = B_1 \upsilon L$$

Επειδή έχουμε κλειστό κύκλωμα, κυκλοφορεί επαγωγικό ρεύμα του οποίου η ένταση είναι

$$i = \frac{E_{επ}}{R_{ΚΛ} + R_A} = \frac{B_1 \upsilon L}{R_{ΚΛ} + R_A} \quad , \quad (2)$$

Από το συνδυασμό των σχέσεων (1), (2) παίρνουμε:

$$I_o + c \cdot t = \frac{B_1 \upsilon L}{R_{ΚΛ} + R_A} \Rightarrow \upsilon = \frac{R_{ΚΛ} + R_A}{B_1 L} \cdot I_o + \frac{(R_{ΚΛ} + R_A)}{B_1 L} c \cdot t \qquad (3)$$

Η τελευταία σχέση είναι της μορφής $\upsilon = \upsilon_o + \alpha \cdot t$

με $\upsilon_o = \frac{R_{ΚΛ} + R_A}{B_1 L} \cdot I_o = \frac{10\Omega}{1T \cdot 1m} \cdot 0,2\frac{A}{s} \Rightarrow \upsilon_o = 2\frac{m}{s}$ και $\alpha = \frac{(R_{ΚΛ} + R_A)}{B_1 L} c = \frac{10\Omega}{1T \cdot 1m} \cdot 0,1\frac{A}{s} \Rightarrow 1\frac{m}{s^2}$

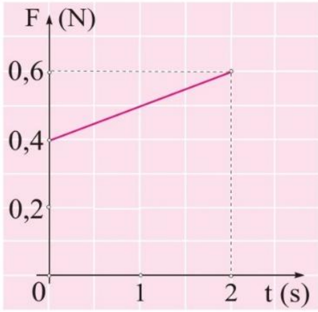
Άρα, η κίνηση του αγωγού είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη με αρχική ταχύτητα 2m/s και επιτάχυνση 1m/s$^2$.

Η ταχύτητά του αγωγού περιγράφεται από τη σχέση

$$\upsilon = 2 + 1 \cdot t \quad (SI) \qquad (4)$$

**Δ2.** Κατά την κίνηση του αγωγού, εκτός από την εξωτερική δύναμη F ασκείται και η δύναμη Laplace η οποία σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz αντιτίθεται στην κίνηση του αγωγού (σχήμα α). Εφαρμόζουμε για τον αγωγό ΚΛ τον 2° νόμο του Νεύτωνα.

$$\Sigma F = m\alpha \Rightarrow F - F_L = m\alpha \Rightarrow$$
$$F = B_1 I L + m\alpha \Rightarrow$$
$$F = B_1 (I_o + c\cdot t) L + m\alpha =$$
$$1\mathrm{T}\cdot(0{,}2\mathrm{A} + 0{,}1\frac{\mathrm{A}}{s}t)\cdot 1m + (0{,}2kg)\cdot\left(1\frac{m}{s^2}\right) \Rightarrow$$
$$F = 0{,}4 + 0{,}1t \ \ (S.I.) \qquad (5)$$

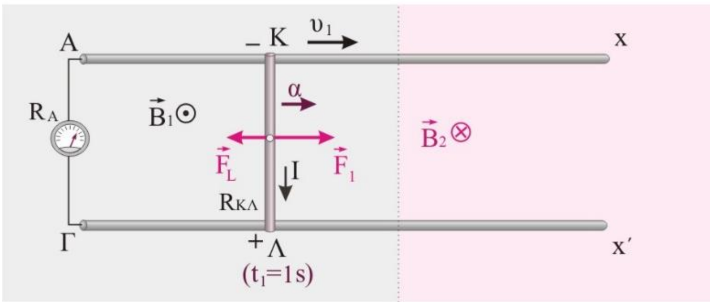



Η γραφική παράσταση δύναμης - χρόνου δείχνεται στο διπλανό σχήμα.

**Δ3. i.** Ο ρυθμός προσφοράς ενέργειας από την εξωτερική δύναμη στη διάταξη δίνεται από τη σχέση

$$\frac{dW_F}{dt} = \frac{F\cdot dx}{dt} = F_1\cdot\upsilon_1 \ , \ (6)$$

Τη χρονική στιγμή $t_1$=1s, από τη σχέση (4) προκύπτει $\upsilon_1 = 2 + t_1 = 3\frac{m}{s}$ και από τη σχέση (5), $F = 0{,}4 + 0{,}1t_1 \Rightarrow F = 0{,}5N$




σχήμα (β)

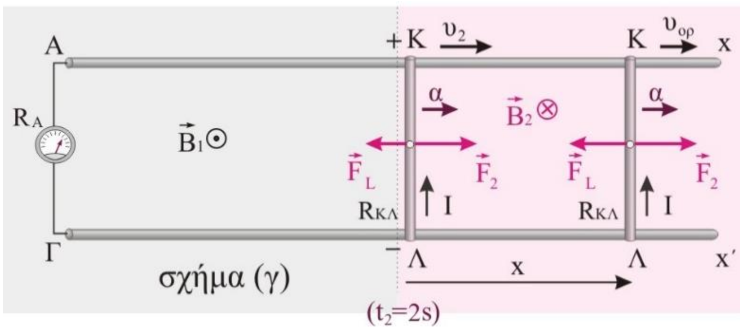
Επομένως η σχέση (6) γίνεται

$$\frac{dW_F}{dt} = (0{,}5N)\cdot\left(3\frac{m}{s}\right) = 1{,}5\frac{J}{s}$$

**ii.** ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΚΛ δίνεται από τη σχέση

$$\frac{dK}{dt} = \frac{\Sigma F\cdot dx}{dt} = \Sigma F\cdot\upsilon_1 = m\alpha\cdot\upsilon_1 \Rightarrow \frac{dK}{dt} = (0{,}2kg)\cdot\left(1\frac{m}{s^2}\right)\cdot\left(3\frac{m}{s}\right) \Rightarrow \frac{dK}{dt} = 0{,}6\frac{J}{s}$$

**Δ4.** Η αντιστροφή της φοράς του μαγνητικού πεδίου θα προκαλέσει αντιστροφή της φοράς του επαγωγικού ρεύματος, οπότε η φορά της δύναμης Laplace παραμένει ίδια.




σχήμα (γ)

Η αντιστροφή της φοράς του μαγνητικού πεδίου, τη χρονική στιγμή $t_2$=2s, βρίσκει:

-τον αγωγό ΚΛ με ταχύτητα $\upsilon_2 = 2 + t_2 = 4\dfrac{m}{s}$ .

-το μέτρο της εξωτερικής δύναμης $F_2$ ίσο με $F_2 = 0{,}4 + 0{,}1 \cdot t_2 = 0{,}6N$

-τη νέα δύναμη Laplace να έχει μέτρο $F'_L = \dfrac{B_2^2 \upsilon_2 L^2}{R_{ΚΛ} + R_A} = \dfrac{(2T)^2 \cdot (4m/s) \cdot (1m)^2}{10\Omega} \Rightarrow F'_L = 1{,}6N$

Άρα, ο αγωγός ΚΛ θα αρχίσει να επιβραδύνεται και η οριακή του ταχύτητα αναμένεται να είναι μικρότερη από τη $\upsilon_2 = 4\dfrac{m}{s}$

Ο αγωγός αποκτά την οριακή του ταχύτητα όταν το μέτρο της $F_L$ εξισωθεί με αυτό της $F_2$.

$$F_L = F_2 \Rightarrow B_2 \frac{B_2 \upsilon_{ορ} L}{R_{ΚΛ} + R_A} L = F_2 \Rightarrow$$

$$\upsilon_{ορ} = \frac{(R_{ΚΛ} + R_A) F_2}{B_2^2 L^2} = \frac{10\Omega \cdot 0{,}6N}{(2T)^2 \cdot (1m)^2} = 1{,}5\frac{m}{s}$$

**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.**