

## ΦΥΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

### 1<sup>ο</sup> ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

#### ΘΕΜΑ Α

A1α. α A1β. α

A2α. γ A2β. β

A3α. δ A3β. δ

A4α. γ A4β. δ

A5. Λ, Λ, Σ, Σ, Σ

#### ΘΕΜΑ Β

B1. Σωστή απάντηση είναι η γ.

Χρησιμοποιούμε το ίδιο σύρμα, επομένως η αντίστασή του είναι ίδια και εφόσον το συνδέουμε με την ίδια πηγή, διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα.

Αν το σύρμα έχει μήκος  $\ell$ , για τη σχέση ανάμεσα στις δύο ακτίνες των κυκλικών αγωγών έχουμε:

Αγωγός (Α), 1 σπείρα,  $\ell = 2\pi r$ ,

Αγωγός (Γ): 2 σπείρες,  $\ell = 2 \cdot 2\pi r'$ ,

Εξισώνοντας τις δύο σχέσεις παίρνουμε

$$2\pi r = 4\pi r' \Rightarrow r' = r/2$$

Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού (Α) είναι

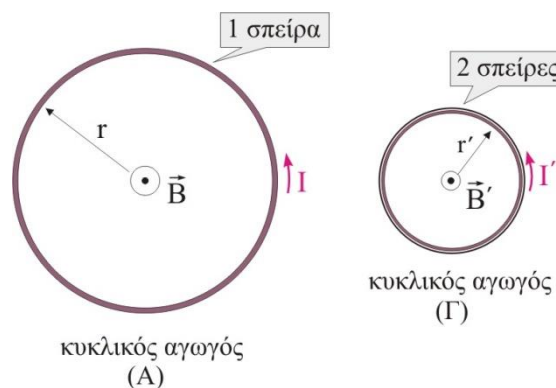
$$B = \frac{2k_{\mu}\pi I}{r}, (1)$$

Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού πλαισίου (Γ) είναι

$$B' = 2 \frac{2k_{\mu}\pi I}{r'}, (2) \quad (\text{είναι κυκλικός αγωγός με 2 σπείρες})$$

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

$$\frac{B}{B'} = \frac{\frac{2k_{\mu}\pi I}{r}}{2 \frac{2k_{\mu}\pi I}{r/2}} \Rightarrow \frac{B}{B'} = \frac{1}{4} \Rightarrow B' = 4B.$$

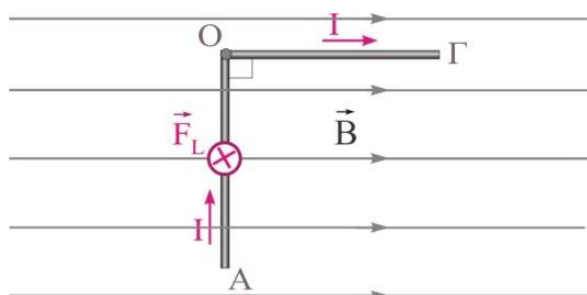


Άρα, σωστή απάντηση είναι η γ).

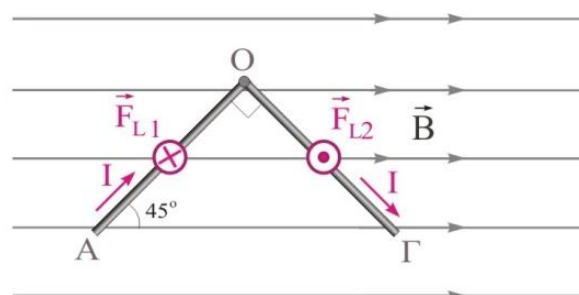
**B2.** Σωστή απάντηση είναι η γ.

Στο Σχήμα 1:

Η πλευρά ΑΟ δέχεται δύναμη από το μαγνητικό πεδίο που έχει μέτρο ίσο με  $F_L = BI\ell$  και φορά από τον αναγνώστη προς την σελίδα. Η πλευρά ΟΓ δεν δέχεται δύναμη, επειδή είναι παράλληλη με τις δυναμικές γραμμές.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Στο Σχήμα 2:

Η πλευρά ΑΟ σχηματίζει γωνία  $45^\circ$  με την ένταση του μαγνητικού πεδίου, οπότε δέχεται δύναμη Laplace μέτρου  $F_{L1} = BI\ell \eta \mu 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} BIl$  και φοράς από τον αναγνώστη προς την σελίδα.

Η πλευρά ΟΓ, επίσης σχηματίζει γωνία  $45^\circ$  με την ένταση του μαγνητικού πεδίου, οπότε δέχεται δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο μέτρου  $F_{L2} = BI\ell \eta \mu 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} BIl$

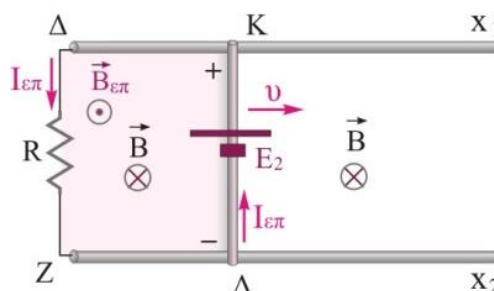
και φοράς από την σελίδα προς τον αναγνώστη (αντίθετη της δύναμης  $F_{L1}$ ).

Επειδή οι δυνάμεις  $\vec{F}_{L1}$ ,  $\vec{F}_{L2}$  είναι αντίθετες, η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στον αγωγό ΑΟΓ είναι ίση με μηδέν.

Άρα, σωστή απάντηση είναι η γ.

**B3.** Σωστή απάντηση είναι η β.

Οι δύο μεταλλικοί οδηγοί, η ράβδος και ο αντιστάτης αποτελούν ένα κλειστό πλαίσιο από το οποίο διέρχεται μαγνητική ροή  $\Phi = BS$ , όπου  $S$  το εμβαδόν του σχηματιζόμενου πλαισίου. Καθώς η ράβδος κινείται, αυξάνεται η επιφάνεια  $S$ , με συνέπεια να αυξάνεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο και να εμφανίζεται επαγωγική τάση. Επειδή έχουμε κλειστό κύκλωμα, κυκλοφορεί επαγωγικό ρεύμα.



Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε το μαγνητικό του πεδίο (δευτερογενές μαγνητικό πεδίο) να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε, δηλαδή στην αύξηση της μαγνητικής ροής. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να δημιουργηθεί δευτερογενές μαγνητικό πεδίο,  $B_{επ}$ , με φορά αντίθετη του αρχικού, δηλαδή με φορά από τη σελίδα προς τα μάτια του αναγνώστη.

Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, για την δημιουργία μαγνητικού πεδίου σε κυκλικό αγωγό, το επαγωγικό ρεύμα,  $I_{επ}$ , έχει τη φορά που φαίνεται στο σχήμα, δηλαδή διαρρέει τον αντιστάτη R με φορά από το Δ προς το Ζ.

Γνωρίζοντας ότι σε ένα κύκλωμα η φορά του ρεύματος είναι από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της πηγής, η σωστή πολικότητα της  $E_{επ}$  είναι η επιλογή β.

**B4.** Σωστή απάντηση η α.

$$\text{Ισχύει } P = V_{εν} I_{εν} \Rightarrow P = \frac{V_{εν}^2}{R} \Rightarrow P = \frac{V^2}{2R} \text{ με } V = N\omega BA.$$

Για τη νέα γωνιακή ταχύτητα περιστροφής  $\omega'$ , θα έχουμε:  $P' = \frac{V'^2}{2R}$  με  $V' = N\omega' BA$

Σύμφωνα με την εκφώνηση:

$$P' = 4P \text{ οπότε έχουμε:}$$

$$\frac{V'^2}{2R} = 4 \frac{V^2}{2R} \Rightarrow V' = 2V \Rightarrow N\omega' BA = 2N\omega BA \Rightarrow \omega' = 2\omega.$$

Το ζητούμενο ποσοστό μεταβολής είναι:

$$\pi\% = \frac{\omega' - \omega}{\omega} 100\% = \frac{2\omega - \omega}{\omega} 100\% \Rightarrow \pi\% = 100\%$$

## ΘΕΜΑ Γ

**Γ1.** Στο συνεχές ρεύμα η εφαρμοζόμενη σε έναν αντιστάτη R, τάση V και η ισχύς που αυτός απορροφά συνδέονται με τη σχέση  $P = \frac{V^2}{R}$ .

Τα στοιχεία κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα είναι  $V_{\Lambda} = 12V$  και  $P_{\Lambda} = 48W$ . Από αυτά, μπορούμε να υπολογίσουμε την αντίσταση  $R_{\Lambda}$  του λαμπτήρα.

$$R_{\Lambda} = \frac{V_{\Lambda}^2}{P_{\Lambda}} = \frac{(12V)^2}{48W} \Rightarrow R_{\Lambda} = 3\Omega$$

**Γ2.** Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς δίνεται από τη σχέση

$$B_{\Sigma} = \frac{4\pi k_{\mu} N_1 I}{\ell_1}, \quad (1)$$

Το ρεύμα έντασης  $I$  είναι το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του λαμπτήρα που δίνεται από το σχήμα

$$I = \frac{P_{\Lambda}}{V_{\Lambda}} = \frac{48W}{12V} \Rightarrow I = 4A$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) παίρνουμε

$$B_{\Sigma} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2} 10^3 \cdot 4A}{1m} \Rightarrow B_{\Sigma} = 16\pi \cdot 10^{-4} T$$

**Γ3.** Κόβοντας το σωληνοειδές στη μέση προκύπτει ένα νέο σωληνοειδές με τις μισές σπείρες ( $N_2 = \frac{N_1}{2}$ ), το μισό μήκος ( $\ell_2 = \frac{\ell_1}{2}$ ) και τη μισή

αντίσταση  $R_2 = \frac{R_1}{2}$ .

Το νέο ρεύμα έντασης  $I'$  που διαρρέει το κύκλωμα είναι

$$I' = \frac{\varepsilon}{R_2 + R_{\Lambda} + r}, \quad (2)$$

όπου  $r$  η εσωτερική αντίσταση της πηγής. Αυτή θα υπολογιστεί από τις αρχικές συνθήκες του κυκλώματος.

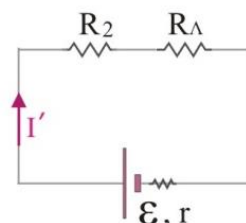
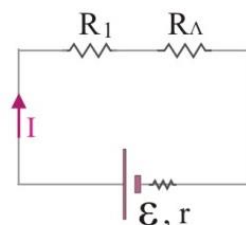
$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_{\Lambda} + r} \Rightarrow r = \frac{\varepsilon - IR_1 - IR_{\Lambda}}{I} = \frac{48V - 4A \cdot 8\Omega - 4A \cdot 3\Omega}{4A} \Rightarrow r = 1\Omega$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (2) παίρνουμε

$$I' = \frac{\varepsilon}{R_2 + R_{\Lambda} + r} = \frac{48V}{4\Omega + 3\Omega + 1\Omega} \Rightarrow I' = 6A$$

Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στα άκρα του σωληνοειδούς είναι το μισό από αυτό που είναι στο εσωτερικό του και δίνεται από τη σχέση:

$$B'_{\Sigma} = \frac{2\pi k_{\mu} \frac{N_1}{2} I'}{\frac{\ell_1}{2}} = \frac{2\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2} \frac{10^3}{2} \cdot 6A}{\frac{1}{2} m} \Rightarrow B'_{\Sigma} = 12\pi \cdot 10^{-4} T$$



Γ4. Ο λαμπτήρας τώρα διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I' > I$ . Αυτό σημαίνει ότι εφαρμόζεται υψηλότερη τάση από την κανονική (υπερλειτουργεί) με κίνδυνο αυτός να καεί.

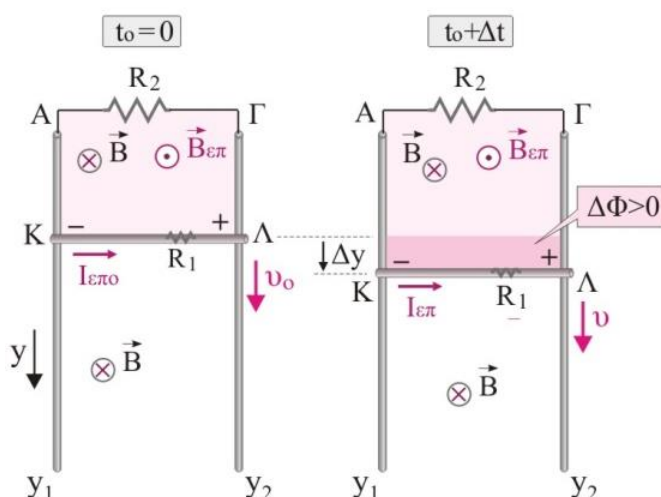
### ΘΕΜΑ Δ

#### Δ1.

Οι δύο μεταλλικοί οδηγοί, η ράβδος και ο αντιστάτης αποτελούν ένα κλειστό πλαίσιο από το οποίο διέρχεται μαγνητική ροή  $\Phi=BS$ , όπου  $S$  το εμβαδόν του σχηματιζόμενου πλαισίου. Καθώς η ράβδος κινείται, μεταβάλλεται η επιφάνεια  $S$  με συνέπεια να αυξάνεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο και να εμφανίζεται επαγωγική τάση. Αν σε χρόνο  $\Delta t$  η ράβδος έχει μετατοπιστεί κατά  $\Delta y$ , τότε η επαγωγική τάση που εμφανίζεται στο πλαίσιο είναι

$$E_{\text{επ}} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{\Phi_{\text{τελ}} - \Phi_{\text{αρχ}}}{\Delta t} = \frac{BS_{\text{τελ}} - BS_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$E_{\text{επ}} = \frac{B(S_{\text{τελ}} - S_{\text{αρχ}})}{\Delta t} \Rightarrow E_{\text{επ}} = \frac{BL\Delta y}{\Delta t} \quad (1)$$



Όμως,  $\frac{\Delta y}{\Delta t}$  μας κάνει την ταχύτητα της ράβδου, άρα η σχέση (1) γίνεται  $E_{\text{επ}} = BvL$ .

Τη χρονική στιγμή  $t_0=0s$ , η επαγωγική τάση είναι

$$E_{\text{επ},0} = Bv_0 L = 2T \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,5\text{m} \Rightarrow E_{\text{επ},0} = 2V.$$

Επειδή το κύκλωμα είναι κλειστό δημιουργείται επαγωγικό ρεύμα του οποίου η φορά βρίσκεται από τον κανόνα του Lenz και η ένταση από τον νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα.

Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα έχει τέτοια φορά, ώστε να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε, δηλαδή στην αύξηση της μαγνητικής ροής. Για να συμβεί αυτό, το δευτερογενές μαγνητικό πεδίο,  $B_{\text{επ}}$ , πρέπει να έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη. Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού για την δημιουργία μαγνητικού πεδίου, αφού το μαγνητικό πεδίο έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη, το επαγωγικό ρεύμα,  $I_{\text{επ}}$ , έχει φορά αντίθετη με αυτή των δεικτών του ρολογιού και διαρρέει τον αγωγό ΚΛ με φορά από το Κ προς το Λ.

Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι:

$$I_{\text{επ}} = \frac{E_{\text{επ}}}{R_{\text{ολ}}} \quad \text{και τη χρονική στιγμή } t_0=0s \quad \text{είναι ίση με}$$

$$I_{\varepsilon\pi,0} = \frac{E_{\varepsilon\pi,0}}{R_1 + R_2} = \frac{2V}{0,1\Omega + 0,4\Omega} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi,0} = 4A$$

**Δ2 .** Η ράβδος ΚΛ βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο έντασης  $B$  και διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το Κ προς το Λ, άρα δέχεται δύναμη Laplace, η οποία σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού είναι αντίθετη της ταχύτητας.

Το μέτρο της δύναμης Laplace τη χρονική στιγμή  $t_0=0s$  είναι:

$$F_{L,0} = BI_0L = 2T \cdot 4A \cdot 0,5m \Rightarrow F_{L,0} = 4N$$

Η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στη ράβδο, τη χρονική στιγμή  $t_0=0s$ , αν πάρουμε θετικά προς τα κάτω, είναι:

$$\Sigma F = w - F_{L,0} - T = mg - F_{L,0} - T \Rightarrow \Sigma F = 0,5kg \cdot 10 \frac{m}{s^2} - 4N - 2N \Rightarrow$$

$$\Sigma F = -1N$$

Επειδή η συνισταμένη δύναμη είναι αντίθετη της ταχύτητας, η ράβδος θα εκτελέσει επιβραδυνόμενη κίνηση.

Η μείωση της ταχύτητας θα προκαλέσει μείωση της δύναμης Laplace, καθώς αυτή δίνεται από τη σχέση

$$F_L = BIL = B \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{\text{ολ}}} L = B \frac{BvL}{R_1 + R_2} L = \frac{B^2 v L^2}{R_1 + R_2}$$

Με αντικατάσταση των μεγεθών  $B, L, R_1, R_2$  παίρνουμε:

$$F_L = \frac{(2T)^2 v (0,5m)^2}{0,1\Omega + 0,4\Omega} \Rightarrow F_L = 2v \text{ (SI)} \quad (2)$$

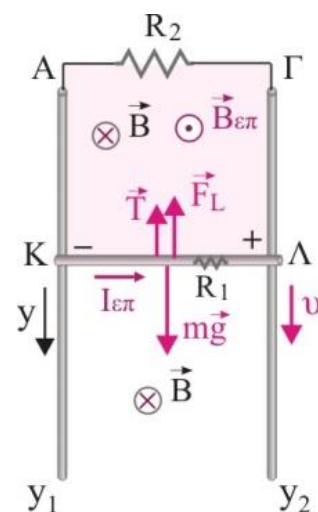
Η συνισταμένη δύναμη τη χρονική στιγμή  $t$  θα δίνεται από τη σχέση:

$$\Sigma F = w - F_L - T = 5 - 2v - 2 \text{ (SI)} \Rightarrow \Sigma F = 3 - 2v \text{ (SI)} \quad (3)$$

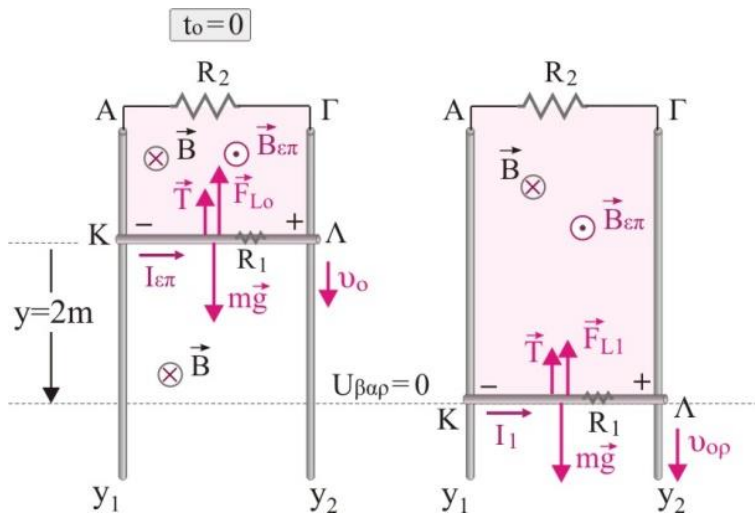
Η αρχική τιμή της ταχύτητας ήταν  $2m/s$ , έτσι η  $\Sigma F$  ήταν αρχικά αρνητική. Καθώς η ταχύτητα της ράβδου διαρκώς μειώνεται, μειώνεται και η δύναμη Laplace, σχέση (2) και όπως προκύπτει από τη σχέση (3) κάποια στιγμή η συνισταμένη δύναμη θα γίνει μηδέν. Τότε η ράβδος θα αποκτήσει σταθερή (οριακή) ταχύτητα  $v_{op}$ , κάνοντας στη συνέχεια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

Άρα, η ράβδος εκτελεί επιβραδυνόμενη κίνηση με το μέτρο της επιτάχυνσης διαρκώς να μειώνεται μέχρι τελικά να μηδενιστεί, με συνέπεια να αποκτά σταθερή ταχύτητα (οριακή) ταχύτητα  $v_{op}$ . Η  $v_{op}$  που αποκτά τελικά η ράβδος προκύπτει από τη σχέση (3), όταν  $\Sigma F = 0$ .

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow 3 - 2v_{op} = 0 \Rightarrow v_{op} = 1,5 \frac{m}{s}$$



**Δ3.** Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας η αρχική ενέργεια, δηλαδή η αρχική μηχανική ενέργεια της ράβδου, θα ισούται με την τελική, δηλαδή τη μηχανική ενέργεια της ράβδου συν τη θερμική ενέργεια που εκλύθηκε στους ωμικούς αντιστάτες συν τη θερμική ενέργεια λόγω τριβών. Θεωρώντας ως επίπεδο μηδενικής δυναμικής ενέργειας το οριζόντιο επίπεδο που περνάει από την θέση που η ράβδος αποκτάει την οριακή ταχύτητα, έχουμε:



$$E_{\text{αρχ}} = E_{\text{τελ}} \Rightarrow U_{\text{αρχ}} + K_{\text{αρχ}} = U_{\text{τελ}} + K_{\text{τελ}} + Q_{R_{\text{ολ}}} + Q_T \Rightarrow$$

$$U_{\text{αρχ}} + K_{\text{αρχ}} = U_{\text{τελ}} + K_{\text{τελ}} + Q_{R_{\text{ολ}}} + |W_T| \Rightarrow mgy + \frac{1}{2}mv_{\text{αρχ}}^2 = 0 + \frac{1}{2}mv_{\text{οπ}}^2 + Q_{R_{\text{ολ}}} + |-Ty| \Rightarrow$$

$$Q_{R_{\text{ολ}}} = mgy + \frac{1}{2}mv_{\text{αρχ}}^2 - Ty - \frac{1}{2}mv_{\text{οπ}}^2 \Rightarrow$$

$$Q_{R_{\text{ολ}}} = 0,5\text{kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2\text{m} + \frac{1}{2}0,5\text{kg} \cdot \left(2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - 2\text{N} \cdot 2\text{m} - \frac{1}{2}0,5\text{kg} \cdot \left(1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \Rightarrow$$

$$Q_{R_{\text{ολ}}} = 6,4375\text{J}$$

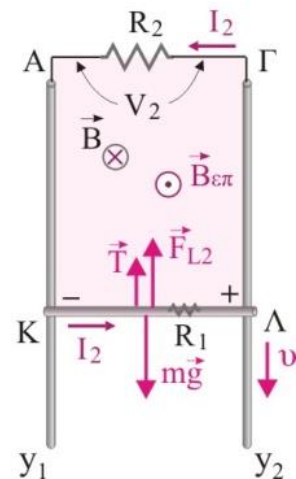
**Δ4.** Τη χρονική στιγμή  $t_1$ , που η δύναμη Laplace ισούται με 3,5N, από τη σχέση (2) προκύπτει

$$F_L = 2v(SI) \Rightarrow 3,5 = 2v(SI) \Rightarrow v = 1,75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ο ρυθμός μεταβολής της δυναμικής ενέργειας τη χρονική στιγμή  $t_1$ , είναι:

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = -\frac{\Delta W_w}{\Delta t} = -mg \frac{\Delta y}{\Delta t} = -mgv = -0,5\text{kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1,75 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = -8,75 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$



**Δ5.** Το κλειστό κύκλωμα ΚΛΓΑΚ διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα του οποίου η ένταση είναι

$$I_2 = \frac{E_{επ}}{R_{ολ}} = \frac{B \upsilon L}{R_1 + R_2} = \frac{2T \cdot 1,75 \frac{m}{s} \cdot 0,5m}{0,1\Omega + 0,4\Omega} \Rightarrow I_2 = 3,5A$$

Η διαφορά δυναμικού στην αντίσταση  $R_2$ , τη χρονική στιγμή  $t_1$  είναι

$$V_{ΓΑ} = I_2 R_2 = 3,5A \cdot 0,4\Omega \Rightarrow V_{ΓΑ} = 1,4V$$

**Η εκπόνηση του διαγωνίσματος έγινε με τη βοήθεια Εθελοντών Εκπαιδευτικών:**

Τα θέματα επιμελήθηκαν οι Μπετσάκος Παναγιώτης, Δουκατζής Βασίλειος, Ιστάπολος Βασίλειος, Κορκίζογλου Πρόδρομος και Ποντικός Ηλίας, Φυσικοί.

Ο επιστημονικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε από τον Παλόγο Αντώνιο, Φυσικό.