ΦΥΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

3ο ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ (Εφ' όλης της ύλης) - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1α. β **Α1β.** δ

Α2α. δ **Α2β.** α

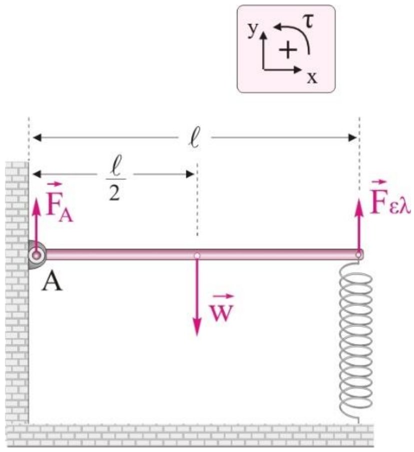
Α3α. α **Α3β.** α

Α4α. δ **Α4β.** β

Α5. Σ, Λ, Λ, Σ, Σ

ΘΕΜΑ Β

Β1. Σωστή είναι η απάντηση (**α**).



Το σύστημα ισορροπεί, άρα θα ισχύει $\Sigma F_y=0$ και $\Sigma\tau_{(A)}=0$.

Η πρώτη σχέση δίνει $F_A+F_{ελ}-w=0$ ή $F_A+F_{ελ}=w$ (1)

και η δεύτερη σχέση ισορροπίας δίνει

$$\tau_{F_{ελ}(A)}+\tau_{w(A)}=0 \Rightarrow F_{ελ}\cdot\ell-w\cdot\frac{\ell}{2}=0 \Rightarrow F_{ελ}=\frac{w}{2}.$$

Με αντικατάσταση στη σχέση (1) έχουμε:

$F_A+\frac{w}{2}=w \Rightarrow F_A=\frac{w}{2}$, δηλαδή $F_{ελ}=F_A$.

Β2. Σωστή είναι η απάντηση (**β**).

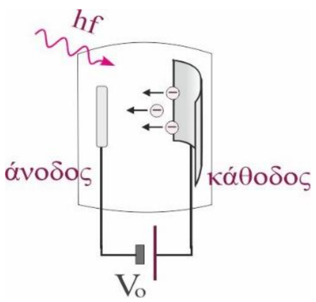
Όταν στην κάθοδο προσπίπτει ακτινοβολία συχνότητας $f_1=2f_o$, η ροή των ηλεκτρονίων μηδενίζεται μόνο όταν η τάση αποκοπής V_o είναι αρκετά μεγάλη, ώστε η ηλεκτρική δυναμική ενέργεια που αποκτούν τα ηλεκτρόνια στην άνοδο, να είναι ίση με τη μέγιστη κινητική ενέργεια των φωτοηλεκτρονίων, στην κάθοδο $K_{\max(f_1)}=eV_o$.

Συνδυάζοντας την τελευταία σχέση με τη φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein υπολογίζουμε την τάση αποκοπής σε συνάρτηση με τη συχνότητα της ακτινοβολίας.

$$K_{\max(f_1)}=hf_1-\phi \Rightarrow eV_o=hf_1-\phi \quad , \qquad (1)$$

Η συχνότητα κατωφλίου f_o και το έργο εξαγωγής συνδέονται με τη σχέση $\phi=hf_o$, οπότε σχέση (1) γίνεται

$$eV_o = h2f_o - \phi = 2\phi - \phi \;\Rightarrow\; eV_o = \phi\,, \qquad (2)$$



Όταν στην κάθοδο προσπίπτει ακτινοβολία $f_2=3f_1=6f_o$, τότε τα φωτοηλεκτρόνια εξέρχονται από το μέταλλο με μέγιστη κινητική ενέργεια $K_{max(f_2)}$ που είναι ίση με

$$K_{max(f_2)} = hf_2 - \phi = h\cdot 6\,f_o - \phi \;\Rightarrow\; K_{max(f_2)} = 5\phi$$

Εφαρμόζοντας το Θ.Μ.Κ.Ε. για τα φωτοηλεκτρόνια μεταξύ καθόδου-ανόδου έχουμε

$$K_{τελ} - K_{max(f_2)} = -e\cdot V_0 \Rightarrow K_{τελ} = K_{max(f_2)} - e\cdot V_0 = 5\phi - \phi \Rightarrow K_{τελ} = 4\phi$$

Η τάση αποκοπής είναι αρνητική, οπότε επιβραδύνει τα φωτοηλεκτρόνια καθώς αυτά οδεύουν προς την άνοδο.

Β3. Σωστή είναι η απάντηση (**β**).

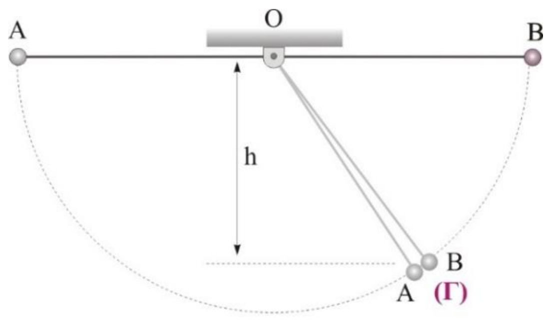
Το σημείο Λ απέχει 3λ/8 από την πρώτη κοιλία (x=0) και η απομάκρυνση του σημείου αυτού δίνεται από τη σχέση

$$y_Λ = 2Aσυν\frac{2\pi x}{\lambda}ημ2\pi ft = 2Aσυν\frac{2\pi\frac{3\lambda}{8}}{\lambda}ημ2\pi ft \;\Rightarrow$$
$$y_Λ = 2Aσυν\frac{3\pi}{4}ημ2\pi ft \;\Rightarrow\; y_Λ = A\sqrt{2}\,ημ(2\pi ft + \pi)$$

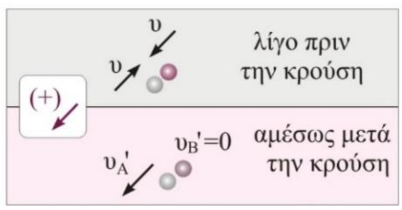
Επομένως η μέγιστη ταχύτητα του Λ είναι $υ_{max} = \omega\cdot|A'_Λ| = 2\pi f\cdot A\sqrt{2}$

και η εξίσωση ταχύτητας δίνεται από τη σχέση $υ_Λ = υ_{max}συν(2\pi ft + \pi) = -2\pi f\,A\sqrt{2}συν\,2\pi f\,t$

Β4. Σωστή είναι η απάντηση (**γ**).



Τα σφαιρίδια από τη θέση ελευθέρωσης μέχρι της θέση σύγκρουσης κινούνται υπό την επίδραση των δυνάμεων του βάρους και της τάσης του νήματος. Επειδή έχουν την ίδια κατακόρυφη μετατόπιση, h, το έργο του βάρους είναι ίδιο. Το έργο της τάσης του νήματος είναι μηδέν, γιατί η τάση T είναι διαρκώς κάθετη προς την μετατόπιση.



Με εφαρμογή του θεωρήματος έργου ενέργειας για κάθε σφαιρίδιο μεταξύ των δύο θέσεων προκύπτει ότι οι ταχύτητές τους θα έχουν ίδιο μέτρο.

$$K_Γ - K_A = W_w \;\text{ ή }\; \frac{1}{2}mυ^2 - 0 = mgh \;\text{ ή}$$
$$υ = \sqrt{2gh}$$

Το σφαιρίδιο Β αμέσως μετά την κεντρική και ελαστική σύγκρουση ακινητοποιείται στιγμιαία ($\upsilon_B'=0$). Εφαρμόζουμε τη σχέση της κεντρικής και ελαστικής κρούσης για το σφαιρίδιο Β και παίρνουμε:

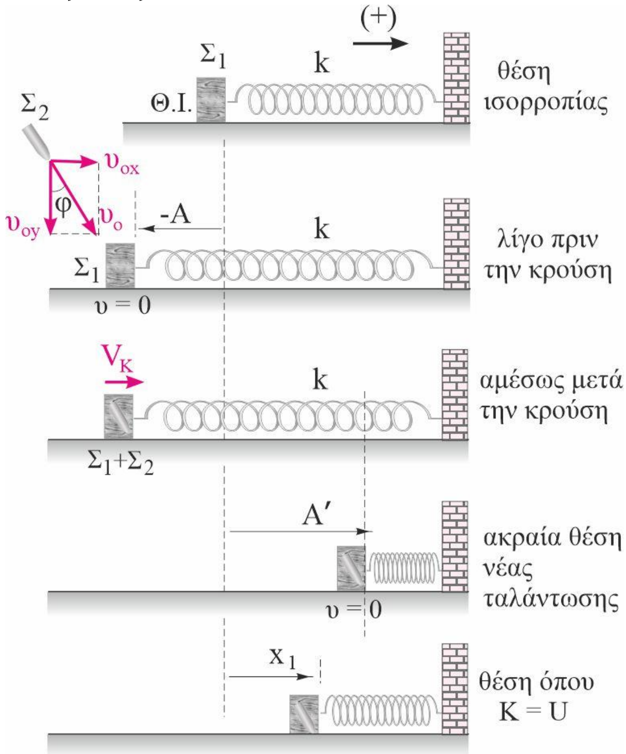
$$\upsilon_B' = 0 \Rightarrow \frac{m_B - m_A}{m_B + m_A}\upsilon_B + \frac{2m_A}{m_B + m_A}\upsilon_A = 0 \Rightarrow \frac{m_B - m_A}{m_B + m_A}(\upsilon) + \frac{2m_A}{m_B + m_A}(-\upsilon) = 0 \quad \text{ή}$$

$$m_B - m_A = 2m_A \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{3}$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Τη χρονική στιγμή $t_1=(3\pi/10)s$, το Σ_1 βρίσκεται στη θέση

$$x_1 = 0,4 \cdot \eta\mu 5 \cdot \frac{3\pi}{10} = -0,4m$$



Επομένως λίγο πριν την κρούση με το Σ_2, το Σ_1 βρίσκεται στην ακραία αρνητική θέση (-Α) έχοντας μηδενική ταχύτητα και το μέτρο της δύναμης του ελατηρίου είναι ίσο με

$$|F_{\varepsilon\lambda}| = k \cdot A \qquad (1)$$

Η σταθερά k του ελατηρίου είναι

$$k = M\omega^2 = 4kg \cdot \left(5\frac{rad}{s}\right)^2 \Rightarrow k = 100\frac{N}{m}$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) παίρνουμε

$$|F_{\varepsilon\lambda}| = 100\frac{N}{m} \cdot 0,4m = 40N$$

Γ2. Μετά την κρούση το νέο πλάτος της ταλάντωσης του συσσωματώματος αυξάνεται κατά 50% επομένως γίνεται

$$A' = A + \frac{50}{100}A \Rightarrow A' = 1,5A = 0,6m$$

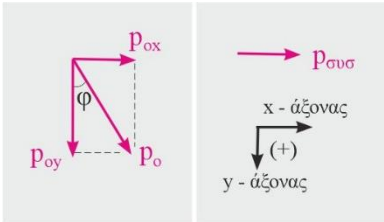
Το συσσωμάτωμα αμέσως μετά την κρούση έχει ταχύτητα V_K (κινητική ενέργεια K) και βρίσκεται σε θέση x=-A (δυναμική ενέργεια U) από τη θέση ισορροπίας. Εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης της ενέργειας ταλάντωσης για το σύστημα παίρνουμε

$$E_T = K + U \Rightarrow \frac{1}{2}kA'^2 = \frac{1}{2}(M+m)V_K^{\ 2} + \frac{1}{2}kA^2 \Rightarrow$$

$$V_K = \sqrt{\frac{k\left(A'^2 - A^2\right)}{M+m}} = \sqrt{\frac{100\frac{N}{m}\left(0,6^2m^2 - 0,4^2m^2\right)}{5\,kg}} \Rightarrow \quad V_K = 2\frac{m}{s}.$$

Γ3. Η μεταβολή της ορμής του συστήματος οφείλεται στον άξονα-y αφού στον άξονα-x η ορμή διατηρείται. Επομένως

$$\Delta p = \Delta p_y = 0 - m\upsilon_{oy} = -m\upsilon_o\sigma\upsilon\nu\varphi \qquad (2)$$



λίγο πριν την κρούση — αμέσως μετά την κρούση

Για να βρούμε την ταχύτητα του βλήματος υ_o θα εφαρμόσουμε την ΑΔΟ στον άξονα x.

$$p_{\pi\rho\iota\nu} = p_{\mu\varepsilon\tau\alpha} \Rightarrow \quad m\upsilon_o\eta\mu\varphi = (M+m)V_K \Rightarrow$$

$$\upsilon_o = \frac{(M+m)V_K}{m\cdot\eta\mu\varphi} = \frac{5kg\cdot 2\frac{m}{s}}{1kg\cdot 0,5} = 20\frac{m}{s}$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (2) παίρνουμε: $\Delta p = -1kg\cdot 20\frac{m}{s}\frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \Delta p = -10\sqrt{3}\,kg\frac{m}{s}$

Γ4. Η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης ισούται με την κινητική ενέργεια του συσσωματώματος στις θέσεις

$$K = U\ , \quad K + U = E \Rightarrow \quad 2U = E \Rightarrow \quad 2\frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}kA'^2 \Rightarrow$$

$$2x_1^2 = A'^2 \Rightarrow \quad x_1 = \pm A'\frac{\sqrt{2}}{2} = \pm 0,3\sqrt{2}\,m$$

Το έργο της δύναμης επαναφοράς της ταλάντωσης μεταξύ των θέσεων αμέσως μετά την πλαστική κρούση και των θέσεων που η κινητική και η δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης του συσσωματώματος είναι ίσες δίνεται από τη σχέση:

$$W_{\Sigma F} = U_{\alpha\rho\chi} - U_{\tau\varepsilon\lambda} = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}k\left(A'\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{1}{2}100\frac{N}{m}(0,4m)^2 - \frac{1}{2}100\frac{N}{m}(0,3\sqrt{2}\,m)^2 \Rightarrow$$

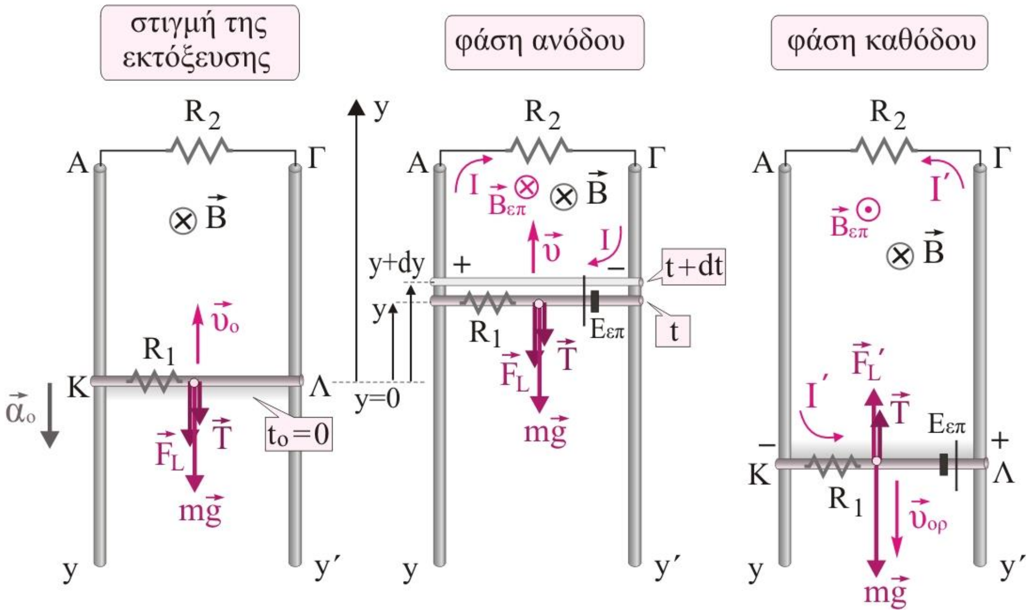
$$W_{\Sigma F} = -1J$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1.

Α΄τρόπος
Καθώς ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα πάνω, η μαγνητική ροή που διέρχεται από το κύκλωμα ΚΛΓΑΚ μειώνεται. Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz, θα αναπτυχθεί Η.Ε.Δ. με τέτοια πολικότητα, ώστε το επαγωγικό ρεύμα που θα δημιουργηθεί να τείνει να εμποδίσει την ελάττωση της

μαγνητικής ροής, δημιουργώντας στο πλαίσιο δευτερογενές μαγνητικό πεδίο ίδιας φοράς με το αρχικό. Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, το επαγωγικό ρεύμα θα έχει ίδια φορά με αυτή των δεικτών του ρολογιού.



Έστω μια χρονική στιγμή t που ο ΚΛ είναι στη θέση y, όπου η μαγνητική ροή είναι $\Phi_1 = \mathrm{B}\cdot \mathrm{A}_1 = \mathrm{B}\cdot l\cdot (d-y)$ με d η αρχική απόσταση του αγωγού ΚΛ από τον αντιστάτη R_2, και μια χρονική στιγμή t+dt που ο ΚΛ είναι στη θέση y+dy όπου η μαγνητική ροή είναι

$$\Phi_2 = \mathrm{B}\cdot \mathrm{A}_2 = \mathrm{B}\cdot l\cdot [d-(y+dy)].$$

Η μεταβολή της μαγνητικής ροής είναι $d\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -\mathrm{B}\cdot l\cdot dy$

Από το νόμο του Faraday έχουμε: $E_{\varepsilon\pi\alpha\gamma.} = -\dfrac{d\Phi}{dt} = -\dfrac{-\mathrm{B}\cdot l\cdot dy}{dt} = +B\cdot l\cdot \upsilon$, όπου $\upsilon = \dfrac{dy}{dt}$.

Έτσι, αμέσως μετά την εκτόξευση, το κύκλωμα θα διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα που έχει ένταση: $I_0 = \dfrac{E_{\varepsilon\pi\alpha\gamma.}}{R_{o\lambda.}} = \dfrac{+B\cdot l\cdot \upsilon_0}{R_1+R_2} = \dfrac{(1T)\cdot(1m)\cdot(3m/s)}{0,5\Omega+1,5\Omega} \Rightarrow I_0 = 1,5A$

Β΄ τρόπος

Καθώς ο αγωγός ΚΛ κινείται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης Β, με τέτοιο τρόπο ώστε ο αγωγός, η ταχύτητά του και η ένταση του μαγνητικού πεδίου να είναι ανά δύο κάθετα μεταξύ τους, στα άκρα του αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή ίση με $\mathrm{E}_{\mathrm{E\Pi}} = \mathrm{B}\upsilon\ell$ και με θετικό πόλο σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων, στο Κ.

Έτσι, αμέσως μετά την εκτόξευση, το κύκλωμα θα διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα που έχει ένταση $I_0 = \dfrac{E_{\varepsilon\pi\alpha\gamma.}}{R_{o\lambda.}} = \dfrac{+B\cdot l\cdot \upsilon_0}{R_1+R_2} = \dfrac{(1T)\cdot(1m)\cdot(3m/s)}{0,5\Omega+1,5\Omega} \Rightarrow I_0 = 1,5A$.

Δ2. Στον αγωγό ΚΛ θα ασκηθεί δύναμη Laplace, η οποία σύμφωνα με τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού, έχει φορά προς τα κάτω και μέτρο $F_L = BIl = \dfrac{B^2 \cdot l^2 \cdot \upsilon}{R_1 + R_2}$

Με αριθμητική αντικατάσταση των δεδομένων αμέσως μετά την εκτόξευση παίρνουμε:

$$F_{L_0} = \frac{(1T)^2 \cdot (1m)^2 \cdot (3m/s)}{0,5\Omega + 1,5\Omega} \Rightarrow F_{L_0} = 1,5N$$

Αμέσως μετά την εκτόξευση (to=0), όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στον αγωγό (τριβή Τ, βάρος mg και F_L) αντιτίθενται στην κίνησή του. Με εφαρμογή του θεμελιώδη νόμου της μηχανικής στον αγωγό ΚΛ παίρνουμε:

$$\Sigma F = ma_o \Rightarrow -F_L - T - mg = ma_o \Rightarrow a_o = -\frac{F_L + T + mg}{m} = -\frac{1,5N + 0,5N + 3N}{0,3kg} \Rightarrow$$

$$a_o = -\frac{50}{3} m/s^2$$

Η κίνηση του αγωγού ΚΛ είναι επιβραδυνόμενη μη ομαλά, γιατί η F_L μειώνεται.

Δ3. Η άνοδος του αγωγού είναι μη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση, ο αγωγός κάποια χρονική στιγμή θα σταματήσει στιγμιαία, οπότε μηδενίζεται η δύναμη Laplace και λόγω του βάρους του θα αρχίσει να κατέρχεται. Η τριβή Τ αντιστρέφει τη φορά της κατά την κάθοδο.

Επειδή από το κύκλωμα ΚΛΓΑΚ θα αυξάνεται η μαγνητική ροή, θα αναπτυχθεί ΗΕΔ από επαγωγή και επαγωγικό ρεύμα αντίθετης φοράς από αυτή της ανόδου, δηλαδή η φορά του ρεύματος στο εσωτερικό της ράβδου είναι από το Κ προς το Λ. Έτσι, θα εμφανιστεί πάλι δύναμη Laplace με φορά τώρα προς τα πάνω, και μέτρο $F'_L = \dfrac{B^2 \cdot l^2 \cdot \upsilon}{R_1 + R_2}$.

Το έργο της δύναμης Laplace μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια και στη συνέχεια σε θερμότητα λόγω του φαινομένου Joule.

Εφαρμόζουμε το Θ.Μ.Κ.Ε. για την κλειστή διαδρομή από το σημείο εκτόξευσης Ο (y=0), έως την ίδια θέση, όταν επανέρχεται ο αγωγός ΚΛ στο σημείο Ο. Οι δυνάμεις που ασκούνται στον αγωγό στη διάρκεια της κίνησης είναι η τριβή Τ, το βάρος mg και η F_L.

Το έργο του βάρους είναι μηδέν, αφού είναι συντηρητική δύναμη.

Το έργο της τριβής είναι: $W_T = -T \cdot s_{o\lambda.} = -T \cdot 2y_{\max.}$

Το έργο της δύναμης Laplace είναι ίσο κατ' απόλυτη τιμή με τη θερμότητα Joule, άρα

$$W_{F_L} = -Q_\vartheta = -(|W_T| + 0,2J)$$

$$K_{\tau\varepsilon\lambda.} - K_{\alpha\rho\chi.} = W_B - |W_T| + W_{F_L} \Rightarrow \frac{1}{2}m\upsilon^2 - \frac{1}{2}m\upsilon_o^2 = 0 - |W_T| - |W_T| - 0,2J$$

$$-0,81J=-2\cdot|W_T|-0,2J\Rightarrow|W_T|=0,305J\Rightarrow T\cdot 2y_{\max.}=0,305J\Rightarrow\ y_{\max.}=0,305m$$

Δ4. Η κίνηση του αγωγού ΚΛ κατά την κάθοδο θα είναι μη ομαλά επιταχυνόμενη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα, άρα και το μέτρο της F'_L. Όταν $\Sigma F=0$, ο αγωγός θα αποκτήσει σταθερή ταχύτητα (οριακή) $\upsilon_{o\rho.}$ με την οποία θα κατέρχεται. Δηλαδή όταν

$$mg-T-F'_L=0\Rightarrow F'_L=2,5N\Rightarrow B\cdot I'\cdot l=2,5N\Rightarrow I'=2,5A$$

Όμως $I'=\dfrac{E'_{\varepsilon\pi\alpha\gamma.}}{R_{o\lambda.}}=\dfrac{B\cdot l\cdot\upsilon_{o\rho.}}{R_1+R_2}\Rightarrow\upsilon_{o\rho.}=\dfrac{I'(R_1+R_2)}{B\cdot l}=\dfrac{(2,5A)\cdot(0,5\Omega+1,5\Omega)}{1T\cdot 1m}\Rightarrow\ \upsilon_{o\rho.}=5m/s$

Δ5. Από τη στιγμή που ο αγωγός ΚΛ αποκτά οριακή ταχύτητα, διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης. Εφόσον η θερμότητα που αναπτύσσεται στον αγωγό ΚΛ είναι ίση με τη θερμότητα που αναπτύσσεται στην ωμική αντίσταση R, θα έχουμε $Q_R=I_{\varepsilon\nu}^2R\cdot t=\dfrac{V_{\varepsilon\nu}^2}{R}t=\dfrac{V^2}{2R}t$ (1)

Γνωρίζουμε ότι η εξίσωση της εναλλασσόμενης τάσης η οποία τροφοδοτεί μία ωμική αντίσταση δίνεται από τη σχέση υ=Vημωt

Οπότε από τη σχέση υ=25ημ100πt προκύπτει ότι το πλάτος της τάσης είναι V=25V και η κυκλική συχνότητα είναι ω=100πrad/s.

Ο χρόνος t αντιστοιχεί σε 10 περιόδους της εναλλασσόμενης τάσης, δηλαδή είναι

$$t=10T\Rightarrow t=10\frac{2\pi}{\omega}=10\frac{2\pi}{100\pi}s=\frac{1}{5}s$$

Αντικαθιστώντας στην (1) παίρνουμε $Q_R=\dfrac{25^2V^2}{2\cdot 10\Omega}0,2s=6,25J$

Ο αγωγός ΚΛ διαρρέεται από σταθερό ρεύμα έντασης I=2,5A και σε χρονικό διάστημα Δt_1 αναπτύσσεται σε αυτόν το ίδιο ποσόν θερμότητας, επομένως

$$Q_{K\Lambda}=I^2R_{K\Lambda}\Delta t_1\ \Rightarrow\Delta t_1=\frac{Q_{K\Lambda}}{I^2R_{K\Lambda}}=\frac{6,25J}{(2,5A)^2\,0,5\Omega}\ \Rightarrow\ \Delta t_1=2s$$

Ο αγωγός σε χρονικό διάστημα Δt_1 θα έχει διανύσει διάστημα

$$x_1=\upsilon_{o\rho}\cdot\Delta t_1=5\frac{m}{s}\cdot 2s\ \Rightarrow\ x_1=10m$$

Η εκπόνηση του διαγωνίσματος έγινε με τη βοήθεια Εθελοντών Εκπαιδευτικών:

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

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