

ΠΟΛΥΤΡΟΠΗ ΑΡΜΟΝΙΑ
ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
Γ' ΤΑΞΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 03 ΜΑΪΟΥ 2021
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΚΗ
ΣΥΝΟΛΟ ΣΕΛΙΔΩΝ: ΕΞΙ (6)
ΛΥΣΕΙΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ

ΘΕΜΑ Α

A1. (δ), A2. (δ), A3. (β), A4. (γ),

A5. α.(Σ), β.(Λ), γ.(Λ), δ.(Λ), ε.(Λ)

ΘΕΜΑ Β

B1. Σωστό το (α)

Η συνολική ταλάντωση έχει:

$$D = K = (m + M) \cdot \omega^2 \Rightarrow \omega^2 = \frac{K}{m+M} \quad (1)$$

Θεωρούμε (αυθαίρετα) θετική φορά για τον άξονα της ταλάντωσης την προς τα κάτω:

Στον άξονα κίνησης του σώματος m:

$$\Sigma F = -D \cdot x \Rightarrow W_x - Ts = -D_m \cdot x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot g \cdot \eta\mu\varphi - Ts = -m \cdot \omega^2 \cdot x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Ts = m \cdot g \cdot \eta\mu\varphi + m \cdot \omega^2 \cdot x \stackrel{(1)}{\Rightarrow}$$

$$Ts = m \cdot g \cdot \eta\mu\varphi + \frac{m \cdot K}{m+M} \cdot x \quad (2)$$

Παρατηρούμε ότι έχουμε μεγαλύτερες απαιτήσεις στατικής τριβής όταν $x=+A$.

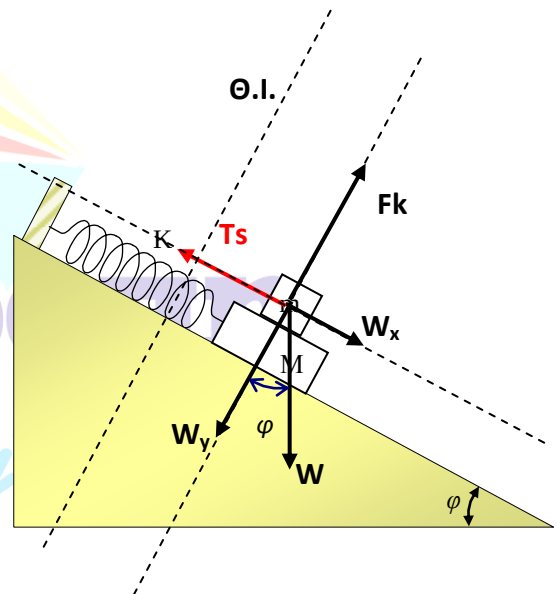
Για να μην γλιστράει το m πάνω στο M, θα πρέπει να ισχύει:

$$Ts \leq \mu \cdot F_k \stackrel{(2)}{\Rightarrow} m \cdot g \cdot \eta\mu\varphi + \frac{m \cdot K}{m+M} \cdot A \leq \mu \cdot F_k \xrightarrow{\Sigma F_y=0 \Leftrightarrow F_k=W_y=mg\sigma\eta\varphi}$$

$$\Rightarrow m \cdot g \cdot \eta\mu\varphi + \frac{m \cdot K}{m+M} \cdot A \leq \mu \cdot m \cdot g \cdot \sigma\eta\varphi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu \geq \varepsilon\varphi\varphi + \frac{K \cdot A}{(m+M) \cdot g \cdot \sigma\eta\varphi} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu \geq \varepsilon\varphi\varphi + \frac{K \cdot A}{(m+M) \cdot g \cdot \sigma\eta\varphi}$$



B2. Σωστό το (β)

Λόγω στροφικής ισορροπίας:

$$\Sigma \tau^{(O)} = 0 \Rightarrow N \cdot R = T_s \cdot R \Rightarrow N = T_s \quad (1)$$

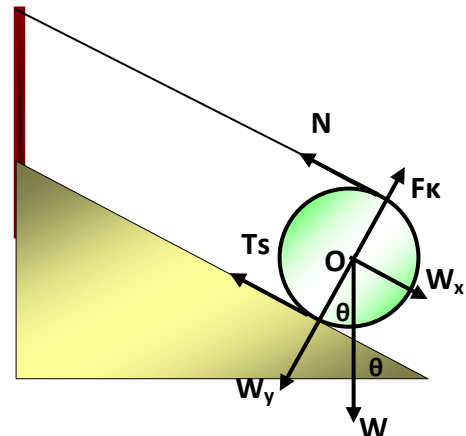
Λόγω μεταφορικής ισορροπίας:

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_k = W_y \Rightarrow F_k = m \cdot g \cdot \sin \theta \quad (2)$$

$$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow N + T_s = m \cdot g \cdot \eta \mu \theta \quad (1)$$

$$\Rightarrow T_s + T_s = m \cdot g \cdot \eta \mu \theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2T_s = m \cdot g \cdot \eta \mu \theta \Rightarrow T_s = \frac{m \cdot g \cdot \eta \mu \theta}{2} \quad (3)$$

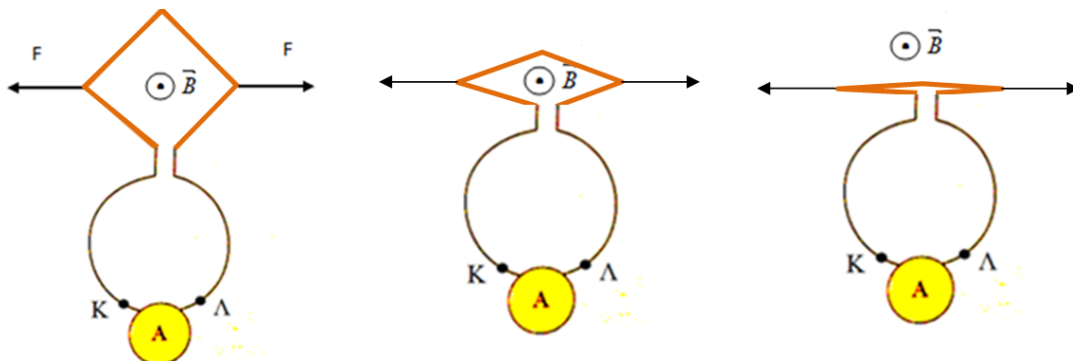


Για να ισορροπεί ο κύλινδρος (και να μη γλιστράει στο κεκλιμένο επίπεδο) θα πρέπει:

$$T_s \leq \mu \cdot F_k \xrightarrow{(2),(3)} \frac{m \cdot g \cdot \eta \mu \theta}{2} \leq \mu \cdot m \cdot g \cdot \sin \theta \Rightarrow \frac{\eta \mu \theta}{2 \sin \theta} \leq \mu \Rightarrow \varepsilon \varphi \theta \leq 2\mu$$

B3.1. Σωστό το (α)

Λόγω των εξωτερικών δυνάμεων που δέχεται το πλαίσιο, μειώνεται η επιφάνεια που είναι εκτεθειμένη στο μαγνητικό πεδίο. Επομένως, η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο ($\Phi = B \cdot S$) θα μειώνεται. Λόγω του κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα θα έχει τέτοια φορά ώστε να αντιστέκεται στην αιτία που το προκαλεί. Κατά συνέπεια, το τετράγωνο πλαίσιο θα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο ίδιας φοράς με το εξωτερικό (από το τετράδιο προς τον αναγνώστη) ώστε να αυξήσει τη μαγνητική ροή (η οποία λόγω μεταβολής του σχήματος μειώνεται). Από τον κανόνα του δεξιού χεριού το ρεύμα θα πρέπει να έχει αντι-ωρολογιακή φορά στο πλαίσιο, άρα στο αμπερόμετρο από το Κ στο Λ.



B3.2. Σωστό το (β)

Από το νόμο του Neumann έχουμε:

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R_{ολ}} \xrightarrow{\Phi=BS} q = \frac{\Delta(BS)}{R_{ολ}} \Rightarrow q = \frac{B \cdot \Delta S}{R_{ολ}} \xrightarrow{S_{τελ}=0, S_{αρχ}=a^2} q = \frac{B \cdot (0 - a^2)}{R_{ολ}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{15 \cdot 10^{-6} \cdot (-0,2)^2}{0,5} C \Rightarrow q = 12 \cdot 10^{-7} C$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Από το διάγραμμα βλέπουμε τις ταχύτητες των δύο σωμάτων πριν και μετά την κρούση. Από Αρχή Διατήρησης της Ορμής έχουμε:

$$\vec{P}_{αρχ} = \vec{P}_{τελ} \Rightarrow m_A \cdot U_A - m_B \cdot U_B = m_B \cdot V_B \Rightarrow m_A \cdot 4 - 2 \cdot m_B = 6 \cdot m_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 8 \cdot m_B = 4 \cdot m_A \Rightarrow m_B = 0,1 \text{ kg}$$

Σημείωση: Το πρόσημο της κάθε ταχύτητας προσέχουμε να το βάλουμε μία μόνο φορά στην εξίσωση της ΑΔΟ.

Γ2. Θα υπολογίσουμε την κινητική ενέργεια του συστήματος πριν και μετά την κρούση.

$$K_{ΠΡΙΝ} = \frac{1}{2} \cdot m_A \cdot U_A^2 + \frac{1}{2} \cdot m_B \cdot U_B^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,2 \cdot 4^2 + \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 2^2 J \Rightarrow K_{ΠΡΙΝ} = 1,8 J$$

$$K_{ΜΕΤΑ} = \frac{1}{2} \cdot m_B \cdot V_B^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 6^2 J \Rightarrow K_{ΠΡΙΝ} = 1,8 J$$

Αφού η κινητική ενέργεια είναι ίδια πριν και μετά την κρούση ($K_{ΠΡΙΝ} = K_{ΜΕΤΑ}$), αυτό σημαίνει ότι η κρούση είναι ελαστική.

Γ3. Θα έχουμε μέγιστη δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης όταν τα σώματα σταματήσουν να παραμορφώνονται και αρχίσουν να επανακτούν το αρχικό τους σχήμα. **Αυτό θα γίνει όταν έχουν (στιγμιαία) ίσες ταχύτητες.**

Από Αρχή Διατήρησης της Ορμής έχουμε:

$$\vec{P}_{ολ,ΠΡΙΝ} = \vec{P}_{ολ,ΜΕΤΑ} \Rightarrow m_A \cdot U_A - m_B \cdot U_B = (m_A + m_B) \cdot V_{ΚΟΙΝΗ} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,2 \cdot 4 - 0,1 \cdot 2 = (0,2 + 0,1) \cdot V_{ΚΟΙΝΗ} \Rightarrow V_{ΚΟΙΝΗ} = \frac{0,6}{0,3} \frac{m}{sec} \Rightarrow V_{ΚΟΙΝΗ} = 2 \frac{m}{sec}$$

Εκείνη τη χρονική στιγμή, τα σώματα θα έχουν υποστεί τη μέγιστη δυνατή παραμόρφωση (**λίγο πριν τα κέντρα μάζας τους πλησίαζαν μεταξύ τους ενώ λίγο μετά θα αρχίσουν να απομακρύνονται**). Η κινητική ενέργεια του συστήματος εκείνη τη χρονική στιγμή θα είναι:

$$K_{ολ} = \frac{1}{2} \cdot (m_A + m_B) \cdot V_{KOINH}^2 \Rightarrow K_{ολ} = \frac{1}{2} \cdot (0,2 + 0,1) \cdot 2^2 J \Rightarrow K_{ολ} = 0,6 J$$

Από τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας (αφού η κρούση είναι ελαστική), μπορούμε να βρούμε τη δυναμική ενέργεια. Τη στιγμή που η κινητική ενέργεια έχει την τιμή $K_{ολ}=0,6 \text{ Joule}$, η δυναμική ενέργεια παραμόρφωσης γίνεται μέγιστη:

$$E_{ολ} = K_{ολ} + E_{\Delta YN, \text{παραμ}} \Rightarrow 1,8 = 0,6 + E_{\Delta YN, \text{παραμ}} \Rightarrow E_{\Delta YN, \text{παραμορφ}} = 1,2 J$$

Η ολική ενέργεια του συστήματος είναι 1,8 Joule και δε χάνεται ποτέ. Τα 1,2 Joule ήταν **αποθηκευμένα προσωρινά** σε μορφή δυναμικής ενέργειας παραμόρφωσης. Μετά ξαναγίνονται κινητική ενέργεια του συστήματος.

ΘΕΜΑ Δ

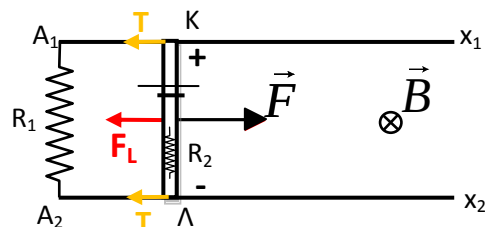
Δ1. Από το νόμο Faraday έχουμε:

$$E_{επ} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1 \text{ και το } (-) \text{ ποιοτικό}} E_{επ} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta S}{\Delta t} = \frac{B \cdot \Delta x \cdot l}{\Delta t} \Rightarrow E_{επ} = B \cdot U \cdot l \quad (1)$$

$$(1) \Rightarrow E_{επ} = 2T \cdot 8 \frac{m}{s} \cdot 1m \Rightarrow E_{επ} = 16 \text{ Volt}$$

Αιτιολόγηση της πολικότητας:

Α' τρόπος: **(Προτείνεται)** Λόγω της κίνησης του αγωγού, το εμβαδόν του πλαισίου (κλειστού κυκλώματος) $K\Lambda A_2 A_1$ μεγαλώνει και κατά συνέπεια αυξάνεται και η μαγνητική ροή που διέρχεται μέσα από αυτό. Λόγω του κανόνα του Lenz, το επαγωγικό ρεύμα θα έχει τέτοια φορά ώστε να αντιτίθεται στην αιτία που το προκαλεί (δηλαδή την αύξηση της μαγνητικής ροής). Ως εκ τούτου, το πλαίσιο μέσω του επαγωγικού ρεύματος, θα προσπαθεί να μειώσει τη μαγνητική ροή δημιουργώντας δικό του μαγνητικό πεδίο, αντίθετο από το εξωτερικό (δηλαδή, με φορά από τον τετράδιο προς τον αναγνώστη). Με εφαρμογή του κανόνα του δεξιού χεριού το ρεύμα που θα διαρρέει το κύκλωμα θα έχει αντιωρολογιακή φορά και στον αγωγό $K\Lambda$ η πολικότητα της επαγωγικής ΗΕΔ θα έχει (+) στο K και (-) στο Λ .



Β' τρόπος: (Προτείνεται ως επαλήθευση του τρόπου Α) Λόγω του κανόνα του Lenz η δύναμη Laplace θα αντισταθεί στην κίνηση του αγωγού και με τον κανόνα του δεξιού χεριού το ρεύμα θα διαρρέει τον αγωγό από το Λ στο Κ, άρα (+) στο Κ και (-) στο Λ.

Γ' τρόπος: (Δεν προτείνεται, διότι το θεωρητικό του υπόβαθρο είναι εκτός ύλης) Από τον κανόνα των τριών δακτύλων, η δύναμη Lorentz ωθεί τα αρνητικά φορτία στο σημείο (Λ) και προκαλεί πλεόνασμα θετικών φορτίων στο άκρο (Κ).

Δ2. Από το νόμο του Ohm σε κλειστό κύκλωμα, έχουμε:

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{\text{ολ}}} \stackrel{(1)}{\Rightarrow} I_{\varepsilon\pi} = \frac{B \cdot U \cdot l}{R_1 + R_2} \quad (2) \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = \frac{16 \text{ V}}{5\Omega + 3\Omega} \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = 2 \text{ A}$$

Τέλος, για την τάση στα άκρα του αγωγού ΚΛ:

Α' τρόπος: Η $V_{\text{ΚΛ}}$ ισούται με την τάση στα άκρα του αντιστάτη R_1 και από το νόμο του Ohm για τον R_1 έχουμε:

$$V_{\text{ΚΛ}} = V_{R_1} = I_{\varepsilon\pi} \cdot R_1 \Rightarrow V_{\text{ΚΛ}} = 2 \text{ A} \cdot 5\Omega \Rightarrow V_{\text{ΚΛ}} = 10 \text{ V}$$

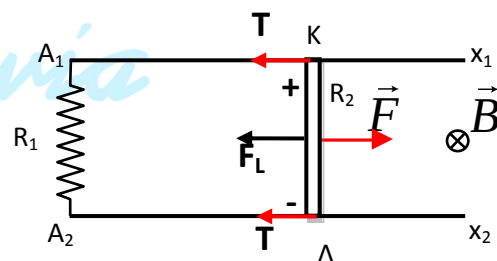
Εμείς όμως θέλουμε την $V_{\text{ΛΚ}}$ άρα $V_{\text{ΛΚ}} = -10 \text{ V}$

Β' τρόπος: Ο αγωγός ΚΛ είναι πηγή και η $V_{\text{ΚΛ}}$ η πολική της τάση.

$$V_{\text{II}} = V_{\text{ΚΛ}} = E_{\varepsilon\pi} - I_{\varepsilon\pi} \cdot R_2 \Rightarrow V_{\text{ΚΛ}} = 16 - 2 \cdot 3 \text{ V} \Rightarrow V_{\text{ΚΛ}} = 10 \text{ V} \Rightarrow V_{\text{ΛΚ}} = -10 \text{ V}$$

Δ3. Στον αγωγό ασκείται δύναμη Laplace:

$$F_L = B \cdot I \cdot l \Rightarrow F_L = 2 \cdot 2 \cdot 1 \text{ N} \Rightarrow F_L = 4 \text{ N}$$



η οποία λόγω κανόνα του Lenz είναι αντίθετη της F (δηλαδή της αιτίας που προκαλεί το επαγωγικό ρεύμα).

Ο αγωγός κινείται με σταθερή ταχύτητα και λόγω 1^{ου} Νόμου του Νεύτωνα, ισορροπεί, άρα:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F - F_L - 2T = 0 \Rightarrow 6 - 4 = 2T \Rightarrow T = 1 \text{ N}$$

Σε κάθε σημείο επαφής, Κ και Λ, ασκείται από μία δύναμη τριβής μέτρου $T = 1 \text{ N}$.

Δ4. Επειδή η ταχύτητα είναι σταθερή, τότε και τα $I_{\varepsilon\pi}$ και F_L είναι σταθερά. Για $\Delta t = 2 \text{ sec}$ θα έχουμε:

α) Από τον ορισμό της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος έχουμε:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = I \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta q = 2 \cdot 2 \text{ C} \Rightarrow \Delta q = 4 \text{ C}$$

β) Ο αγωγός εκτελεί Ευθύγραμμη Ομαλή Κίνηση, επομένως:

$$x = U \cdot t \Rightarrow x = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2 \text{ s} \Rightarrow x = 16 \text{ m} \quad (3)$$

$$W_F = F \cdot x \stackrel{(3)}{\Rightarrow} W_F = 6 \text{ N} \cdot 16 \text{ m} \Rightarrow W_F = +96 \text{ J}$$

γ) Από το Νόμο Joule για τον κάθε αντιστάτη, έχουμε:

$$Q_1 = I_{\varepsilon\pi}^2 \cdot R_1 \cdot \Delta t \Rightarrow Q_1 = 2^2 \cdot 5 \cdot 2 \text{ J} \Rightarrow Q_1 = 40 \text{ J}$$

$$Q_2 = I_{\varepsilon\pi}^2 \cdot R_2 \cdot \Delta t \Rightarrow Q_2 = 2^2 \cdot 3 \cdot 2 \text{ J} \Rightarrow Q_2 = 24 \text{ J}$$

δ) Το έργο της τριβής (κατ' απόλυτη τιμή) ισούται με τη θερμική ενέργεια που μεταφέρεται στο περιβάλλον (λόγω αυτής):

$$Q = |W_T| = |-T_{ολ} \cdot x| \stackrel{(3)}{\Rightarrow} Q = 2 \cdot 1 \text{ N} \cdot 16 \text{ m} \Rightarrow Q = 32 \text{ J}$$

ε) Θα πρέπει το έργο της δύναμης F να ισούται με το άθροισμα $Q + Q_1 + Q_2$ (αφού η κινητική ενέργεια δεν μεταβάλλεται).

Συνεπώς, λόγω Αρχής Διατήρησης Ενέργειας (ΑΔΕ).

$$W_F = Q + Q_1 + Q_2 = 32 + 40 + 24 \text{ J} \Rightarrow W_F = 96 \text{ J}, \text{ που ισχύει.}$$

Επίσης, το $Q_1 + Q_2$ είναι ίσο με το $|W_{FL}|$.