ΦΥΣΙΚΗ ΟΜΑΔΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

1ο ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑ (Εφ' όλης της ύλης) - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1α. β **Α1β.** γ

Α2α. δ **Α2β.** γ

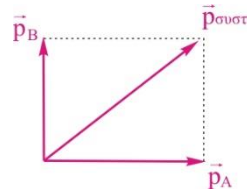
Α3α. β **Α3β.** δ

Α4α. γ **Α4β.** α

Α5. Σ, Λ, Λ, Λ, Λ

ΘΕΜΑ Β

Β1. Σωστή είναι η απάντηση (**β**).



Από τη σχέση μεταξύ των μέτρων των αρχικών ορμών έχουμε:

$$p_B = 2p_A \quad ή \quad m_B\upsilon_B = 2m_A\upsilon_A \quad ή$$
$$4m_A\upsilon_B = 2m_A\upsilon_A \quad ή \quad \upsilon_A = 2\upsilon_B$$

Η ορμή του συστήματος πριν την κρούση είναι: $p_{συσ}^{αρχ} = \sqrt{p_A^2 + p_B^2} = \sqrt{p_A^2 + \left(2p_A\right)^2} \Rightarrow p_{συσ}^{αρχ} = p_A\sqrt{5}$

Η αρχή διατήρησης της ορμής για την κρούση δίνει:

$$p_{συσ}^{τελ} = p_{συσ}^{αρχ} \Rightarrow \left(m_A + m_B\right)V = m_A\upsilon_A\sqrt{5} \quad ή \quad 5m_AV = m_A\upsilon_A\sqrt{5} \quad ή \quad V = \frac{\upsilon_A}{\sqrt{5}}.$$

Η κινητική ενέργεια του σώματος Α πριν την κρούση είναι $K_A = \frac{1}{2}m_A\upsilon_A^2 = K$

Η κινητική ενέργεια του συσσωματώματος είναι $K_{συσ} = \frac{1}{2}(m_A + m_B)V^2 = \frac{1}{2}5m_A\frac{\upsilon_A^2}{5} = K$

Β2. Σωστή είναι η απάντηση (**β**).

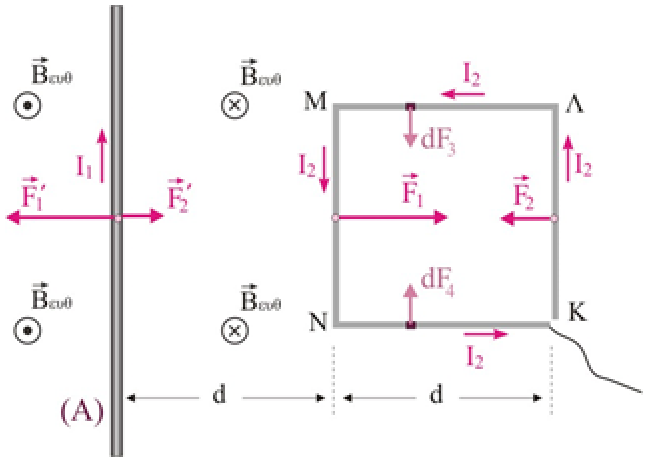
Θα βρούμε πρώτα τη συνολική δύναμη που δέχεται το τετραγωνικό πλαίσιο από τον ευθύγραμμο αγωγό (Α). Η πλευρά ΚΛ και ο ευθύγραμμος αγωγός (Α), διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα οπότε έλκονται με δύναμη μέτρου F_2

$$F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1\cdot I_2}{2d}\cdot d = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot I_1\cdot I_2 .$$

Η πλευρά ΜΝ και ο ευθύγραμμος αγωγός διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα οπότε απωθούνται με δύναμη μέτρου

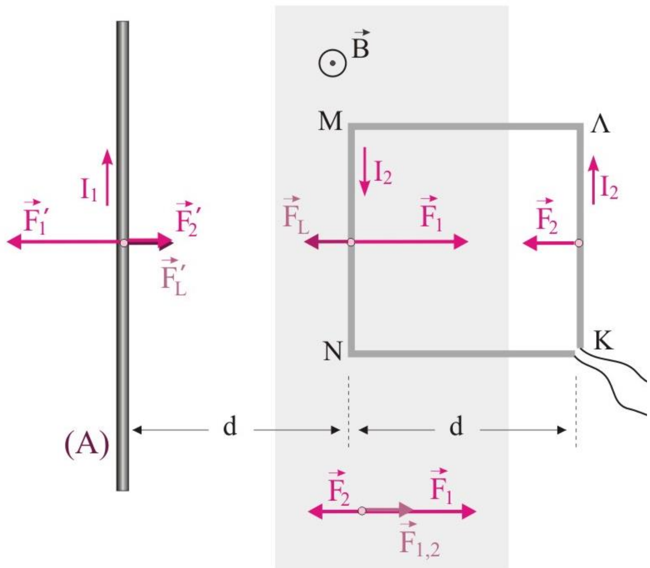
$$F_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1\cdot I_2}{d}\cdot d = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot I_1\cdot I_2 .$$

Τα τμήματα ΛΜ και ΝΚ δεν δέχονται συνισταμένη δύναμη από τον ευθύγραμμο αγωγό (Α), γιατί δύο στοιχειώδη τμήματά τους dl που απέχουν εξίσου απ' αυτόν, δέχονται αντίθετες δυνάμεις dF_3, dF_4 και εξουδετερώνονται.



Έτσι, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται από τον ευθύγραμμο αγωγό στο πλαίσιο έχει φορά προς τα δεξιά και μέτρο ίσο με $F_{1,2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot I_1\cdot I_2$.

Για να ισορροπεί το πλαίσιο ΚΛΜΝ, πρέπει η συνολική δύναμη που του ασκείται να είναι ίση με μηδέν. Άρα, η δύναμη Laplace, F_L, που ασκεί το μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$ στην πλευρά ΜΝ, πρέπει να έχει κατεύθυνση προς τα αριστερά και μέτρο $\frac{\mu_0}{4\pi}\cdot I_1\cdot I_2$. Αυτό σημαίνει ότι το μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$ έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη και μέτρο που προκύπτει από την συνθήκη ισορροπίας.



$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_{1,2} - F_L = 0 \Rightarrow F_L = F_{1,2} \Rightarrow F_L = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot I_1\cdot I_2 \Rightarrow BI_2 d = \frac{\mu_0}{4\pi}\cdot I_1\cdot I_2 \Rightarrow B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_1}{d}$$

Β3. Σωστή είναι η απάντηση (**γ**).

Σύμφωνα με την φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein έχουμε:

$$\mathrm{K}_{max} = hf - \varphi \xrightarrow{f=\frac{c}{\lambda}} K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - \varphi \qquad (1),$$

όπου K_{max} η μέγιστη κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων, h η σταθερά του Planck, c η ταχύτητα του φωτός στο κενό και ϕ το έργο εξαγωγής.

Όταν στη μεταλλική επιφάνεια προσπέσει ακτινοβολία με μήκος κύματος 2λ, τότε η μέγιστη κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων είναι $\frac{\mathrm{K}_{max}}{3}$, άρα έχουμε

$$\frac{K_{max}}{3}=\frac{hc}{2\lambda}-\phi \Rightarrow K_{max}=3\frac{hc}{2\lambda}-3\phi \qquad (2).$$

Από τις (1) και (2) παίρνουμε $3\frac{hc}{2\lambda}-3\phi=\frac{hc}{\lambda}-\phi \Rightarrow \phi=\frac{hc}{4\lambda}$

Β4. Σωστή είναι η απάντηση (**γ**).

Από το διάγραμμα απομάκρυνσης - χρόνου $y=f(t)$, προκύπτει $T=1s$.

Από το στιγμιότυπο κύματος $y=f(x)$, προκύπτει $2,5\lambda=5cm \Rightarrow \lambda=2cm$.

Με εφαρμογή της θεμελιώδους εξίσωσης της κυματικής προκύπτει, $\upsilon=\frac{\lambda}{T}=2\,cm/s$.

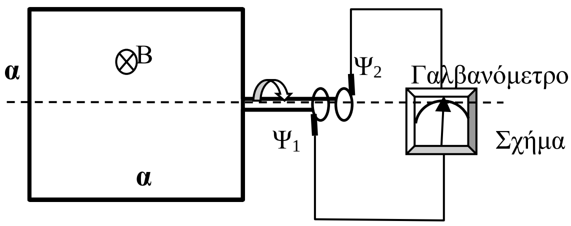
ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Όταν στρέψουμε το πλαίσιο κατά 180° γύρω από τον άξονά του, η μαγνητική ροή που διέρχεται από αυτό μεταβάλλεται κατά

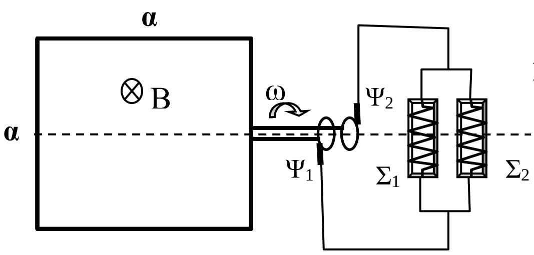
$$\Delta\Phi=\Phi_{\tau\varepsilon\lambda.}-\Phi_{\alpha\rho\chi.}=BS\sigma\upsilon\nu 180^o-BS\sigma\upsilon\nu 0^o$$
$$\Delta\Phi=-2BS$$

Το επαγωγικό φορτίο που περνά από μια διατομή του σύρματος είναι:

$$q=\frac{|\Delta\Phi|}{R_{o\lambda.}}N=\frac{2B\alpha^2}{R}N \Rightarrow B=\frac{qR}{2N\alpha^2}$$
$$\Rightarrow B=\frac{0.18\cdot 10\sqrt{2}}{2\cdot 360\cdot 10^{-2}} \Rightarrow B=\frac{\sqrt{2}}{4}T$$



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Γ2. Αφού οι θερμικές συσκευές λειτουργούν κανονικά η ενεργός τάση κάθε θερμικής συσκευής είναι $V_1=V_2=180V$, άρα το πλάτος της παραγόμενης εναλλασσόμενης τάσης λόγω της περιστροφής του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο Β είναι $V=V_{\varepsilon\nu.}\sqrt{2}=180\sqrt{2}V$.

Όμως, για το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης που παράγεται από το στρεφόμενο πλαίσιο ισχύει:

$$V=N\omega BA=N\omega Ba^2 \Rightarrow \omega=\frac{V}{NBa^2} \Rightarrow \omega=\frac{180\sqrt{2}V}{360\cdot\frac{\sqrt{2}}{4}T\cdot 10^{-2}m^2} \Rightarrow \omega=200rad/s$$

$$f=\frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow f=\frac{100}{\pi}Hz$$

Γ3. Η ενεργός ένταση κάθε συσκευής είναι:

$$\mathrm{I}_{1,\varepsilon\nu.} = \frac{\overline{\mathrm{P}_1}}{V_{\varepsilon\nu.}} = \frac{1080W}{180V} = 6A \quad \text{και} \quad \mathrm{I}_{2,\varepsilon\nu.} = \frac{\overline{\mathrm{P}_2}}{V_{\varepsilon\nu.}} = \frac{540W}{180V} = 3A .$$

Άρα, τα πλάτη των εντάσεων είναι:

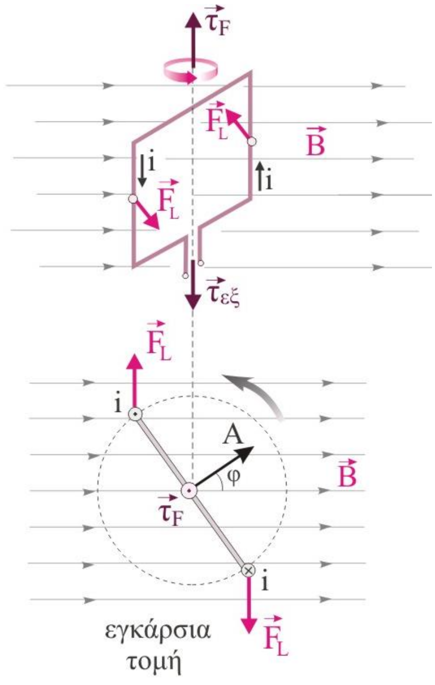
$$\mathrm{I}_1 = \mathrm{I}_{1,\varepsilon\nu.} \cdot \sqrt{2} \Rightarrow \mathrm{I}_1 = 6\sqrt{2}\mathrm{A} \quad \text{και} \quad \mathrm{I}_2 = \mathrm{I}_{2,\varepsilon\nu.} \cdot \sqrt{2} \Rightarrow \mathrm{I}_2 = 3\sqrt{2}\mathrm{A} .$$

Έτσι, οι εξισώσεις των εντάσεων στις θερμικές συσκευές είναι

$$i_1 = I_1 \eta\mu\omega t \Rightarrow i_1 = 6\sqrt{2}\eta\mu 200t \ (SI) \quad \text{και} \quad i_2 = I_2 \eta\mu\omega t \Rightarrow i_2 = 3\sqrt{2}\eta\mu 200t \ (SI) .$$

Γ4. Οι πλευρές του πλαισίου που είναι παράλληλες προς τον άξονα περιστροφής, δέχονται δυνάμεις από το μαγνητικό πεδίο και αποτελούν ζεύγος δυνάμεων.

Προκειμένου το πλαίσιο να στρέφεται με σταθερή συχνότητα, πρέπει να ασκείται στο πλαίσιο εξωτερική ροπή αντίθετη της ροπής του ζεύγους δυνάμεων.



$$\omega = \sigma\tau\alpha\theta \Rightarrow \Sigma\vec{\tau}_{\pi\lambda\alpha i\sigma\iota o} = \vec{\tau}_{\varepsilon\xi.} + \vec{\tau}_{F_L} = 0 \Rightarrow$$
$$\tau_{F_L} - \tau_{\varepsilon\xi.} = 0 \Rightarrow \tau_{\varepsilon\xi.} = \tau_{F_L}$$

Άρα, η χρονική εξίσωση της εξωτερικής ροπής είναι

$$\tau_{\varepsilon\xi.} = N \cdot F_L \cdot a \cdot \eta\mu\varphi = Bia^2 \cdot \eta\mu\omega t = N\mathrm{B}(i_1 + i_2)a^2 \cdot \eta\mu\omega t \Rightarrow$$
$$\tau_{\varepsilon\xi.} = 360 \cdot \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot 9\sqrt{2}\eta\mu^2 200t \cdot 10^{-2} \ (SI) \Rightarrow$$
$$\tau_{\varepsilon\xi.} = 16,2 \cdot \eta\mu^2 200t \ (SI)$$

Γ5. Η συνολική θερμική ενέργεια που ελευθερώνουν οι συσκευές στο χρονικό διάστημα μιας περιόδου προκύπτει από την ολική μέση ισχύ του κυκλώματος.

$$\overline{P_{o\lambda.}} = \overline{P_1} + \overline{P_2} = 1080W + 540W = 1620W$$

άρα για κάθε περιστροφή έχουμε: $Q_\vartheta = \overline{P_{o\lambda.}} \cdot T = \dfrac{\overline{P_{o\lambda.}}}{f} = \dfrac{1620W}{\dfrac{100}{\pi}Hz} \Rightarrow Q_\vartheta = 16,2 \cdot \pi J$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1. Εφαρμόζουμε το θεώρημα έργου-ενέργειας για το Σ_1 αμέσως μετά το κόψιμο του νήματος και έως τη στιγμή ελάχιστα πριν την κρούση του με το Σ_3

$$K_{\tau\varepsilon\lambda.} - K_{\alpha\rho\chi.} = W_{\beta\alpha\rho.} \Rightarrow \frac{1}{2} m_1 \upsilon_1^2 - 0 = m_1 g h \Rightarrow$$
$$\upsilon_1 = \sqrt{2gh} = 2\sqrt{3} m/s$$

Η ολική ορμή διατηρείται στη διάρκεια της πλαστικής κρούσης, έτσι έχουμε

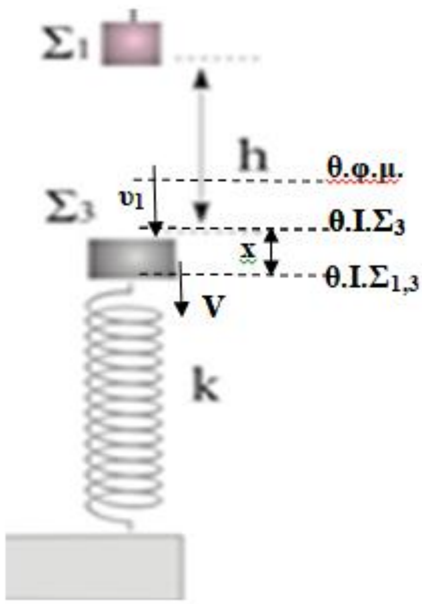
$$m_1\upsilon_1 = (m_1 + m_3)V \Rightarrow V = \frac{m_1\upsilon_1}{m_1 + m_3} \Rightarrow V = \frac{\sqrt{3}}{2} m/s$$

Δ2. Για τη θέση ισορροπίας του Σ_3 έχουμε: $\Sigma F = 0 \Rightarrow k \cdot \Delta l_3 = m_3 g \Rightarrow \Delta l_3 = \frac{m_3 g}{k} = 0{,}3m$

Για τη θέση ισορροπίας του συσσωματώματος Σ_1 + Σ_3 έχουμε:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow k \cdot \Delta l_{1,3} = (m_1 + m_3) g \Rightarrow \Delta l_{1,3} = 0{,}4m$$

Το συσσωμάτωμα ξεκινά Α.Α.Τ. από σημείο που απέχει από τη θέση ισορροπίας του $x = \Delta l_{1,3} - \Delta l_3 = 0{,}1m$



Στη θέση αυτή η συνισταμένη των δυνάμεων του βάρους του συσσωματώματος και της δύναμης του ελατηρίου είναι η δύναμη επαναφοράς της ταλάντωσης. Έτσι ο ρυθμός μεταβολής της ορμής του συσσωματώματος είναι

$$\frac{d\vec{p}_{(\Sigma_1,_3)}}{dt} = \Sigma\vec{F} = -D \cdot \vec{x} \Rightarrow \frac{dp_{(\Sigma_1,_3)}}{dt} = -100\frac{N}{m} \cdot 0{,}1m \Rightarrow$$
$$\frac{dp_{(\Sigma_1,_3)}}{dt} = -10\frac{kgm}{s^2}$$

Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του συσσωματώματος $\Sigma_{1,3}$, που η ταχύτητά του έχει αλγεβρική τιμή V=$-\frac{\sqrt{3}}{2} m/s^2$, αμέσως μετά την κρούση είναι

$$\frac{dK_{(\Sigma_1,_3)}}{dt} = \Sigma F \cdot V = -D \cdot x \cdot V \Rightarrow \frac{dK_{(\Sigma_1,_3)}}{dt} = -100\frac{N}{m} \cdot 0{,}1m \cdot \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{m}{s}\right) \Rightarrow \frac{dK_{(\Sigma_1,_3)}}{dt} = 5\sqrt{3}\frac{J}{s}$$

Ο ρυθμός μεταβολής της δυναμικής ενέργειας του ελατηρίου την ίδια στιγμή είναι

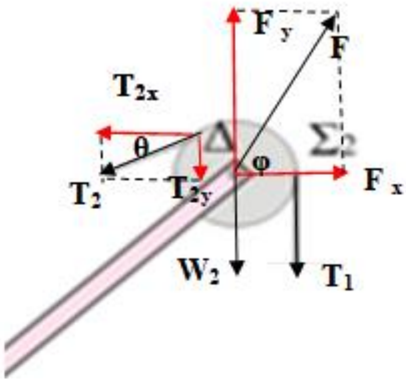
$$\frac{dU_{\varepsilon\lambda.}}{dt} = \frac{-dW_{F_{\varepsilon\lambda.}}}{dt} = \frac{-(F_{\varepsilon\lambda.} \cdot dx)}{dt} = -|F_{\varepsilon\lambda.}| \cdot V = -m_3 g \cdot V \Rightarrow \frac{dU_{\varepsilon\lambda.}}{dt} = -3kg \cdot 10\frac{m}{s^2} \cdot \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{m}{s}\right)$$
$$\Rightarrow \frac{dU_{\varepsilon\lambda.}}{dt} = 15\sqrt{3} J/s$$

Δ3. Η ενέργεια σε μια Α.Α.Τ. διατηρείται, άρα

$$K+U=E\Rightarrow \frac{1}{2}(m_1+m_3)V^2+\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}kA^2\Rightarrow$$

$$A=\sqrt{\frac{(m_1+m_3)V^2}{k}+x^2}=\sqrt{\frac{(1kg+3kg)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}m/s\right)^2}{100N/m}+(0,1m)^2}\Rightarrow A=0,2m$$

Δ4. Στην τροχαλία ασκούνται οι δυνάμεις: το βάρος της W_2, οι τάσεις των νημάτων T_1, T_2 και η δύναμη F της ράβδου στον άξονά της. Αναλύουμε την F και την T_2 σε οριζόντιες και κατακόρυφες συνιστώσες F_x, F_y και T_{2x}, T_{2y} αντίστοιχα. Επειδή η τροχαλία ισορροπεί θα έχουμε:



$$\Sigma\tau_{άξον.}=0\Rightarrow T_1\cdot R-T_2\cdot R=0\Rightarrow T_2=T_1=W_1=10N$$

Επίσης

$$\Sigma F_x=0\Rightarrow F_x-T_{2x}=0\Rightarrow F_x=T_2\cdot\sigma\upsilon\nu\theta=10\text{N}\cdot 0,8\Rightarrow F_x=8N$$

και

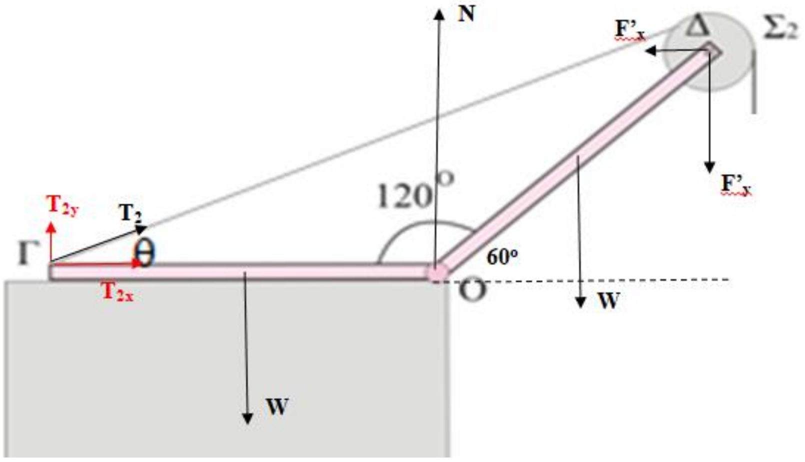
$$\Sigma F_y=0\Rightarrow F_y-T_{2y}-T_1-W_2=0\Rightarrow F_y=T_{2y}+T_1+W_2=T_2\cdot\eta\mu\theta+T_1+W_2\Rightarrow$$

$$F_y=10\text{N}\cdot 0,6+10\text{N}+20\text{N}\Rightarrow F_y=36N$$

Άρα $F=\sqrt{F_x^2+F_y^2}=\sqrt{(8\text{N})^2+(36\text{N})^2}\Rightarrow F=4\sqrt{85}N$

Δ5. Όπως βρήκαμε στο ερώτημα Δ4, η σανίδα ΟΔ ασκεί στον άξονα της τροχαλίας δύναμη που αναλύεται στις κάθετες συνιστώσες F_x, F_y. Σύμφωνα με τον 3º νόμο του Νεύτωνα και ο άξονας της τροχαλίας ασκεί στη σανίδα ΟΔ δύναμη που αναλύεται στις κάθετες συνιστώσες F'_x, F'_y που έχουν μέτρα $F'_x=8N$ και $F'_y=36N$.

Στο σύστημα των σανίδων ασκούνται επιπλέον η τάση του νήματος T_2 στο άκρο Γ και τα βάρη τους W και W. Αν το σύστημα ανατραπεί, θα περιστραφεί γύρω από το σημείο Ο. Για να μην ανατραπεί πρέπει η ροπή του βάρους της σανίδας ΟΓ, συν τη ροπή της συνιστώσας F'_x να υπερνικούν το άθροισμα των ροπών που προκαλούν το βάρος της σανίδας ΟΔ, η δύναμη T_2 που ασκείται στο άκρο Γ και η συνιστώσα F'_y. Στην οριακή



περίπτωση που πάει να ανατραπεί το σύστημα, η δύναμη στήριξης από το τραπέζι θα ασκείται στο σημείο Ο, άρα δεν θα έχει ροπή. Οπότε έχουμε

$$\tau_{w\text{ΟΓ}(\text{Ο})} + \tau_{F'_x(\text{Ο})} = \left|\tau_{w\text{ΟΔ}(\text{Ο})}\right| + \left|\tau_{F'_y(\text{Ο})}\right| + \left|\tau_{T_{2y}(\text{Ο})}\right| \Rightarrow$$

$$W \cdot \frac{L}{2} + F'_x \cdot L\eta\mu 60^o = W\frac{L}{2}\sigma\upsilon\nu 60^o + F'_y \cdot L\sigma\upsilon\nu 60^o + T_{2y} \cdot L \Rightarrow$$

$$Mg \cdot \frac{1}{2} + 8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = Mg\frac{1}{2}\frac{1}{2} + 36 \cdot \frac{1}{2} + 10 \cdot 0,6 \quad (SI) \Rightarrow Mg = 4\left(24 - 4\sqrt{3}\right)(SI) \Rightarrow$$

$$M_{\min} \approx 6,8kg$$

Η εκπόνηση του διαγωνίσματος έγινε με τη βοήθεια Εθελοντών Εκπαιδευτικών:

Τα θέματα επιμελήθηκαν οι **Κορκίζογλου Πρόδρομος, Μπετσάκος Παναγιώτης και Ποντικός Ηλίας,** Φυσικοί.

Ο επιστημονικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε από τον Παλόγο Αντώνιο, Φυσικό.