ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

31ος Πανελλήνιος Διαγωνισμός
Φυσικής Γ' Λυκείου – β' φάση

2021

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΘΕΜΑΤΩΝ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1.1. *Από τον νόμο του Bernoulli για την διαδρομή του νερού από τον σωλήνα του δικτύου μέχρι την βρύση του 2ου ορόφου έχουμε:*

$$P = P_{atm} + \rho g(\mathrm{N}d + h) + \frac{1}{2}\rho\upsilon^2 \Leftrightarrow$$

$$P - P_{atm} - \rho g(\mathrm{N}d + h) > 0 \Leftrightarrow$$

$$\mathrm{N} < \frac{P - P_{atm}}{\rho g d} - \frac{h}{d} \Leftrightarrow N < 8{,}05 \Leftrightarrow N = 8$$

σωστό το γ

Α1.2. *Για να τρέχει νερό από την βρύση του Νου ορόφου πρέπει* $\frac{K}{\Delta V} > 0$

$$P = P_{atm} + \rho g(\mathrm{N}d + h) + \frac{1}{2}\rho\upsilon^2 \Leftrightarrow$$

$$P - P_{atm} + \rho g(\mathrm{N}d + h) > 0 \Leftrightarrow$$

$$\mathrm{N} < \frac{P - P_{atm}}{\rho g d} - \frac{h}{d} \Leftrightarrow N < 8{,}05 \Leftrightarrow N = 8$$

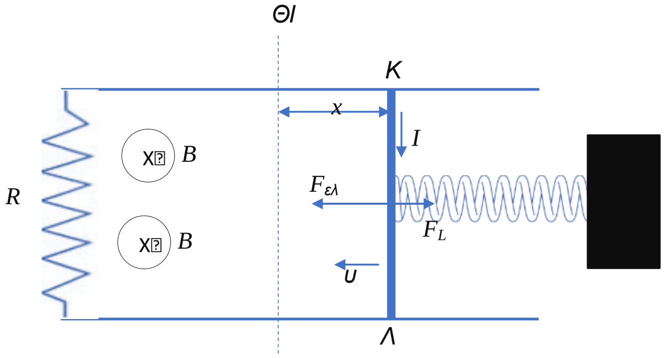
σωστό το β

Α2.1. *Η κίνηση του ΚΛ προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής που αντιστοιχεί στην επιφάνεια που «σαρώνει».*

Αναπτύσσεται ΗΕΔ $E_{\varepsilon\pi} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t} = Bl\upsilon$. *Το κύκλωμα είναι κλειστό, άρα θα διαρρέεται από ρεύμα και στο αγωγό θα ασκείται δύναμη* F_L *διαρκώς αντίθετης με* *φοράς από αυτή της κίνησης. (κανόνας του Lenz) μέτρου*

$$F_L = BIl = B\frac{E_{\varepsilon\pi}}{R}l = \frac{B^2l^2}{R}|\upsilon|$$

Δηλαδή στον αγωγό ασκείται, εκτός της δύναμης από τοι ελατήριο (δύναμη



επαναφοράς), και δύναμη που έχει πάντα αντίθετη φορά από αυτή της ταχύτητας και μέτρο ανάλογο του μέτρου της ταχύτητας. Άρα ο αγωγός θα εκτελέσει φθίνουσα ταλάντωση με εκθετικά μειούμενο πλάτος.

σωστό το γ

Α2.2. *Ο αγωγός θα ακινητοποιηθεί τελικά στη θέση ισορροπίας, όταν η ενέργεια της ταλάντωσης θα γίνει θερμότητα Joule. Τότε, η ολική μετατόπιση έχει μέτρο d και η μεταβολή της μαγνητικής ροής θα είναι, απολύτως, ΔΦ = Bld.*

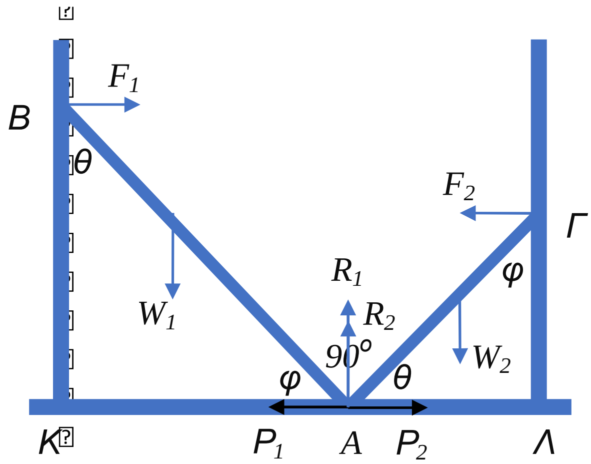
Το ηλεκτρικό φορτίο που θα μετατοπισθεί μέσω μιας διατομής του αγωγού θα είναι:

$$q = \frac{|\Delta\Phi|}{R} = \frac{Bld}{R}$$

σωστό το γ

ΘΕΜΑ Β

Β1.



$P_1 = P_2$, δράση – αντίδραση (1)

ΟΙ ράβδοι ισορροπούν Άρα:

$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_1 = P_1$ *(για την ΑΒ) (2)*

$\Sigma F_x = 0 \Rightarrow F_2 = P_2$ *(για την ΑΓ) (3)*

$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow W_1 = R_1$ *(για την ΑΒ) (4)*

$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow W_2 = R_2$ *(για την ΑΓ) (5)*

$\Sigma \tau_A = 0 \Rightarrow F_1 l_1 ημφ - W_1 l_1/2 συνφ = 0$ *(για την ΑΒ) (6)*

$\Sigma \tau_A = 0 \Rightarrow F_2 l_2 ημθ - W_2 l_2/2 συνθ = 0$ *(για την ΑΓ) (7)*

Από τις (1), (2), (3) προκύπτει πως $F_1 = F_2$. (8)

Επίσης είναι $φ + θ = 90^o$, άρα $ημφ = συνθ$ και $συνφ = ημθ$

Οπότε οι (6) και (7) γίνονται:

$2F_1 ημφ = W_1 συνφ$ *(9) και* $2F_2 συνφ = W_2 ημφ$ *(10)*

Από τις (9) και (10) σε συνδυασμό με την (8) προκύπτει: $\varepsilon\varphi\varphi = \sqrt{\dfrac{W_1}{W_2}} = \sqrt{\dfrac{m_1}{m_2}}$

Από το σχήμα προκύπτει: ΚΛ = l_1συνφ + l_2συνθ = = l_1συνφ + l_2ημφ

Από τη τριγωνομετρία ξέρουμε: $\eta\mu\varphi = \dfrac{\varepsilon\varphi\varphi}{\sqrt{1+\varepsilon\varphi^2\varphi}}$, $\sigma\upsilon\nu\varphi = \dfrac{1}{\sqrt{1+\varepsilon\varphi^2\varphi}}$

Οπότε: $\mathrm{K\Lambda} = l_1\dfrac{1}{\sqrt{1+\varepsilon\varphi^2\varphi}} + l_2\dfrac{\varepsilon\varphi\varphi}{\sqrt{1+\varepsilon\varphi^2\varphi}} = \dfrac{l_1\sqrt{m_2}+l_2\sqrt{m_1}}{\sqrt{m_1+m_2}}$

σωστό το β

Β2. *Από την χημική εξίσωση προκύπτει πως η αναλογία mol CaO και H_2O είναι 1:1.*
Άρα για την μετατροπή n mol CaO σε $Ca(OH)_2$, απαιτούνται επίσης n mol H_2O.

Από την σχέση $n = \dfrac{\Delta m}{M}$ *προκύπτει ότι η μάζα του νερού που θα εξέλθει σε χρονικό διάστημα Δt, είναι Δm = nM (1)*

Ο ρυθμός ροής μάζας νερού στον σωλήνα είναι:

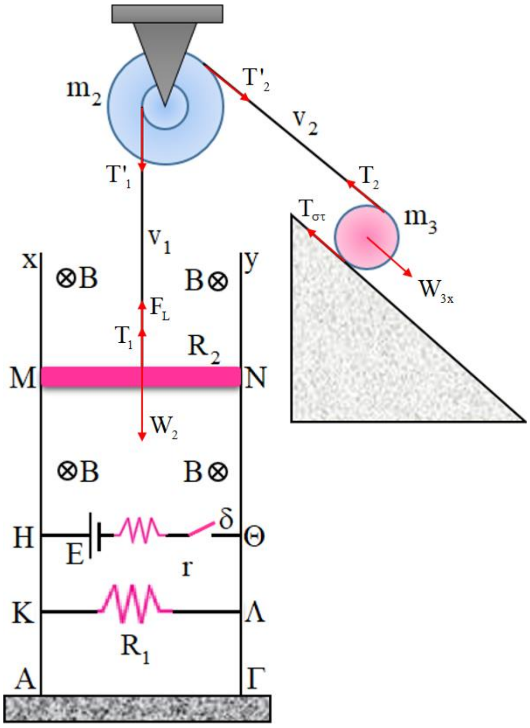
$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\rho \Delta V}{\Delta t} = \rho \Pi = \rho \mathrm{A} \upsilon \Leftrightarrow$$

$$\upsilon = \frac{\Delta m}{\rho \mathrm{A} \Delta t} \xrightarrow{(1)} \upsilon = \frac{nM}{\rho \mathrm{A} \Delta t}$$

σωστό το γ

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. ***α.*** *Η αντίσταση του εξωτερικού κυκλώματος είναι:*



$$\frac{1}{R_{\varepsilon\xi}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_{\varepsilon\xi}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{R_{\varepsilon\xi}} = \frac{2}{10} \Rightarrow R_{\varepsilon\xi} = 5\ \Omega$$

Η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι:

$$R_{o\lambda} = R_{\varepsilon\xi} + r = 5 + 1 = 6\ \Omega$$

Το ολικό ρεύμα του κυκλώματος είναι:

$$I = \frac{E}{R_{o\lambda}} = \frac{6}{6} = 1\ A$$

Η τάση στα άκρα της πηγής είναι:

$$V_\pi = E - I \cdot r = 6 - 1 \cdot 1 = 6 - 1 = 5\ V$$

Για τη ράβδο ισχύει:

$$V_2 = V_\pi \Rightarrow I_2 \cdot R_2 = 5 \Rightarrow I_2 \cdot 10 = 5 \Rightarrow I_2 = 0{,}5\ A$$

Το μέτρο της δύναμης Laplace που δέχεται η ράβδος είναι:

$$F_L = B \cdot I_2 \cdot L = 2 \cdot 0{,}5 \cdot 1 = 1\ N$$

Για την ισορροπία της ράβδου ισχύει:

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_L + T_1 - W_1 = 0 \Rightarrow T_1 = m_1 \cdot g - F_L \Rightarrow T_1 = 0{,}3 \cdot 10 - 1 \Rightarrow T_1 = 2\ N$$

Για την ισορροπία της τροχαλίας, ως προς το κέντρο της, ισχύει:

$$\Sigma\tau = 0 \Rightarrow T_2 \cdot \rho_2 - T_1 \cdot \rho_1 = 0 \Rightarrow T_2 \cdot 0{,}4 = 2 \cdot 0{,}1 \Rightarrow T_2 = 0{,}5\ N$$

Για την ισορροπία του δίσκου, ως προς το κέντρο του, ισχύει:

$$\Sigma\tau = 0 \Rightarrow T_{\sigma\tau} \cdot \rho_3 - T_2 \cdot \rho_3 = 0 \Rightarrow T_{\sigma\tau} = T_2 \Rightarrow T_{\sigma\tau} = 0{,}5\ N$$

Επίσης ισχύει: $\Sigma F_x = 0 \Rightarrow W_{3x} - T_2 - T_{\sigma\tau} = 0 \Rightarrow m_3 \cdot g \cdot \eta\mu\varphi = T_2 + T_{\sigma\tau} \Rightarrow$

$m_3 \cdot 10 \cdot 0,5 = 0,5 + 0,5 \Rightarrow 5 \cdot m_3 = 1 \Rightarrow m_3 = 0,2\ \text{kg}$

β. *Για τη ράβδο, όταν αποκτήσει οριακή ταχύτητα, θα ισχύει:*

$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_L - W = 0 \Rightarrow B \cdot I_{\varepsilon\pi} \cdot L = m_2 \cdot g \Rightarrow 2 \cdot I_{\varepsilon\pi} \cdot 1 = 0,3 \cdot 10 \Rightarrow$

$$2 \cdot I_{\varepsilon\pi} = 3 \Rightarrow I_{\varepsilon\pi} = 1,5 \Rightarrow \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}} = 1,5 \Rightarrow \frac{B \cdot \upsilon_{o\rho} \cdot L}{R_1 + R_2} = 1,5 \Rightarrow \frac{2 \cdot \upsilon_{o\rho} \cdot 1}{10 + 10} = 1,5 \Rightarrow$$

$$\frac{2 \cdot \upsilon_{o\rho}}{20} = 1,5 \Rightarrow 2 \cdot \upsilon_{o\rho} = 30 \Rightarrow \upsilon_{o\rho} = 15\ \text{m/s}$$

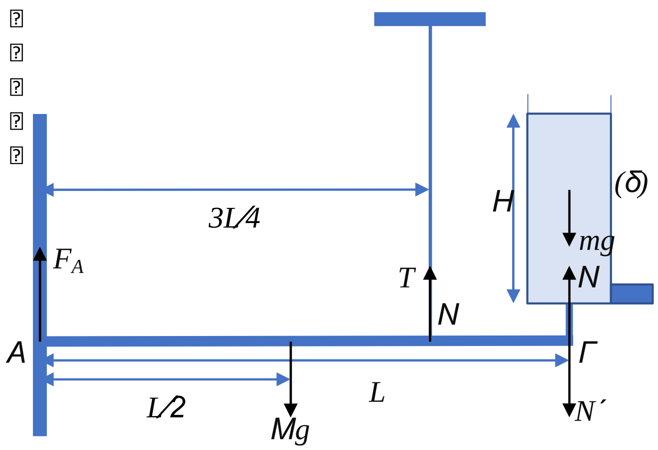
γ. *Ισχύει:* $\alpha_{cm} = \alpha_{\gamma\omega\nu} \cdot \rho_3 \Rightarrow \frac{10}{3} = \alpha_{\gamma\omega\nu} \cdot \frac{2}{10} \Rightarrow \alpha_{\gamma\omega\nu} = \frac{100}{6}\ \text{rad/s}^2$

$$\theta = 3 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \alpha_{\gamma\omega\nu} \cdot t_1^2 = 3 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot \frac{100}{6} \cdot t_1^2 = 3 \Rightarrow t_1^2 = \frac{36}{100} \Rightarrow t_1 = 0,6\ \text{s}$$

$$\upsilon_{cm} = \alpha_{cm} \cdot t_1 = \frac{10}{3} \cdot \frac{6}{10} = 2\ \text{m/s}$$

$$\frac{dU}{dt} = -W_{3x} \cdot \upsilon_{cm} = -m_3 \cdot g \cdot \eta\mu\varphi \cdot \upsilon_{cm} = -0,2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 = -2\ \text{J/s}$$

Γ2. *Το νερό που περιέχεται στο δοχείο έχει όγκο $V = A_\delta H$ και μάζα $m_\nu = \rho V = \rho A_\delta H$ $\Rightarrow m_\nu = 6Kg$. Η συνολική μάζα νερού και δοχείου είναι $m = m_\nu + m_\delta = 10Kg$. Το δοχείο, μέσω του στηρίγματος, δέχεται από το άκρο Γ της δοκού δύναμη μέτρου N και*



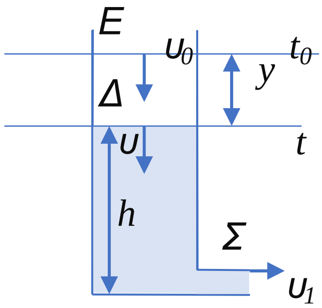
ασκεί δύναμη μέτρου N΄. Προφανώς N = N΄. (δράση – αντίδραση). Το δοχείο με το νερό ισορροπεί. Άρα ΣF = 0, άρα N = mg = 100N. Κατά συνέπεια N = N΄= 100N.

Γ2.1. *Η ράβδος ισορροπεί. Επομένως:*

$$\Sigma\tau_A = 0 \Rightarrow \tau_{N'} + \tau_T + \tau_{Mg} + \tau_{FA} = 0 \Rightarrow T = \frac{800}{3}N$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_A + T - Mg - N' = 0 \Rightarrow F_A = \frac{400}{3}N$$

Γ2.2. *Έστω υ_0 η αρχική ταχύτητα με την οποία αρχίζουν να κατέρχονται τα μόρια της ελεύθερης επιφάνειας του νερού την χρονική στιγμή $t_0 = 0$ που τραβάμε την τάπα του δοχείου. Κάποια χρονική στιγμή t, που η στάθμη του νερού έχει κατέλθει κατά y, έστω υ η ταχύτητα των μορίων της ελεύθερης επιφάνειας και υ_1 η ταχύτητα εκροής από το στόμιο. Εφαρμόζοντας τον νόμο του Bernoulli στα σημεία Δ και Σ, έχουμε:*



$$p_\Delta + \frac{1}{2}\rho\upsilon^2 + \rho g h = p_\Sigma + \frac{1}{2}\rho\upsilon_1^2 \xrightarrow{p_\Delta = p_\Sigma = p_{atm}} \upsilon_1^2 = \upsilon^2 + 2gh \quad (1)$$

Από τον νόμο της συνέχειας για τα σημεία Δ και Σ έχουμε:

$$A_D u = A_S u_1 \Rightarrow u_1 = \frac{A_D}{A_S}u \quad (2)$$

Η (1) βάσει της (2) γίνεται:

$$\left(\frac{A_\Delta}{A_\Sigma}\right)^2 \upsilon^2 = \upsilon^2 + 2gh \Rightarrow \upsilon^2\left[\left(\frac{A_\Delta}{A_\Sigma}\right)^2 - 1\right] = 2gh \quad (3)$$

Αλλά $\left[\left(\frac{A_\Delta}{A_\Sigma}\right)^2 - 1\right] = 24$.

Άρα $24\upsilon^2 = 2gh = 2g(H-y)$. *Άρα* $\upsilon^2 = 1 - \frac{5}{6}y$ *(4)*

Η σχέση (4) είναι της μορφής $\upsilon^2 = \upsilon_0^2 - 2ay$ *(5) που χαρακτηρίζει κάθε ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση. Επομένως η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού κατέρχεται εκτελώντας ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση.*

Με αντιστοίχιση ομοίων όρων μεταξύ των σχέσεων (4) και (5) προκύπτει πως

$\upsilon_0 = 1\frac{m}{s}$ *και* $a = \frac{5}{12}\frac{m}{s^2}$.

Η απόσταση y κατά την οποία έχει κατέβει η ελεύθερη επιφάνεια του νερού μέχρι την χρονική στιγμή t, είναι: $y = \upsilon_0 t - \frac{1}{2}at^2 = t - \frac{5}{24}t^2$

Όταν $t = 2,4\ \mathrm{s}$, *είναι* $y = H = 1,2\ \mathrm{m}$, *δηλαδή το δοχείο μόλις έχει αδειάσει.*

Στο άκρο της ράβδου ασκείται από το δοχείο δύναμη $N_1' = m_\Delta g = 40N$.

Οπότε:

$$\Sigma\tau_A = 0 \Rightarrow \tau_{N1'} + \tau_{T1} + \tau_{Mg} + \tau_{FA} = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{560}{3}N$$

$$\Sigma F y = 0 \Rightarrow F_{A1} + T_1 - Mg - N_1' = 0 \Rightarrow F_{A1} = \frac{160}{3}N$$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΘΕΜΑ Δ

1ο ΠΕΙΡΑΜΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ «Α»

α/α	M (Kg)	T(s)	T^2 (s^2)
1.	0,4	0,89	0,7921
2.	0,5	0,97	0,9409
3.	0,6	1,05	1,1025
4.	0,7	1,12	1,2544
5.	0,8	1,19	1,4161
6.	0,9	1,26	1,5876

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ: *Για το ελατήριο* **k=25N/m και $m_ε$=0,3 kg.**

Εξίσωση $T^2=f(m)$: $T^2=4\pi^2 k + 4\pi^2 m_ε/3k$ *ή* $T^2=a\ m + b$

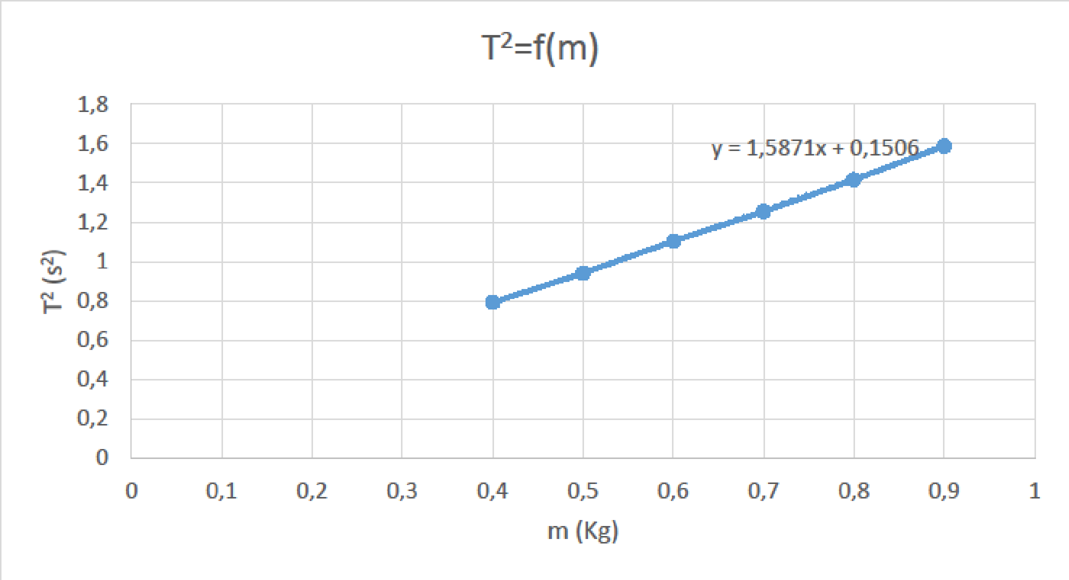
με $a=4\pi^2/k$ (1),

$b=4\pi^2 m_ε/3k$.(2)

Από το γράφημα υπολογίζονται: Κλίση =1,5871=a , Τεταγμένη b=0,1506

Από την (1): **$k=4\pi^2/a$ =24,85 N/m** , $Δk$=0,15N/m, $(Δk)\%$=0,6%

Από την (2): **$m_ε=3kb/4\pi^2$=0,285 Kg** , $Δ\ m_ε$ =0,015Kg, $(Δ\ m_ε)\%$=5%



ΠΙΝΑΚΑΣ «Β»

α/α	M (Kg)	$M^2 (Kg^2)$	$T^2 (s^2)$	$T^2 m (s^2 Kg)$
1.	0,4	0,16	0,7921	0,3168
2.	0,5	0,25	0,9409	0,4704
3.	0,6	0,36	1,1025	0,6615
4.	0,7	0,49	1,2544	0,8781
5.	0,8	0,64	1,4161	1,1329
6.	0,9	0,81	1,5876	1,4289
Σ	$\Sigma m_i=3{,}9=c$	$\Sigma m_i^2=2{,}71=d$	$\Sigma T_i^2=7{,}0942=e$	$\Sigma T_i^2 m_i=4{,}8886=f$

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

$a'=6f-ce/6d-c^2=1{,}5849$

$b'=de-fc/6d-c^2=0{,}152$

Οπότε $T^2=1{,}5849m+0{,}152$ και συνεπώς από τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων προκύπτουν οι τιμές:

$k=4\pi^2/a'=24{,}88$ N/m *, $\Delta k=0{,}12$N/m, $(\Delta k)\%=0{,}48\%$*

$m_\varepsilon=3kb'/4\pi^2=0{,}288$ Kg *, $\Delta m_\varepsilon=0{,}012$Kg, $(\Delta m_\varepsilon)\%=4\%$*