ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ

32ος Πανελλήνιος Διαγωνισμός Φυσικής Γ' Λυκείου – β' φάση

2022

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΘΕΜΑΤΩΝ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΘΕΜΑ Α

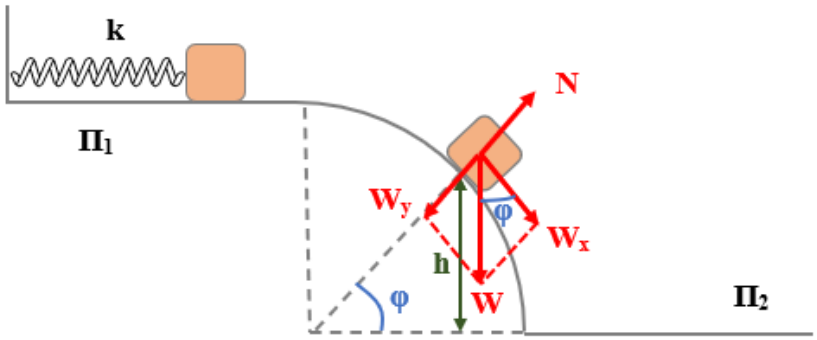
Α1. i. Σωστή απάντηση είναι η **β.**

ii. Όταν το σώμα ισορροπεί με το ελατήριο κατακόρυφο ισχύει:

$$\Sigma F = 0 \Leftrightarrow k \cdot \Delta\ell = m \cdot g \Leftrightarrow \Delta\ell = \frac{mg}{k}.$$

Το σώμα φεύγει από το ελατήριο με ταχύτητα $\upsilon_{\max} = \omega \cdot \mathrm{A} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \mathrm{A}$ Στο σημείο που αποχωρίζεται από το τεταρτοκύκλιο ισχύει: $\mathrm{N} = 0$. Άρα:

$$\Sigma F_y = F_\kappa \Leftrightarrow m \cdot g \cdot \eta\mu\varphi = \frac{m\upsilon^2}{R} \Leftrightarrow m \cdot g \cdot \frac{h}{R} = \frac{m\upsilon^2}{R} \Leftrightarrow \upsilon^2 = gh$$



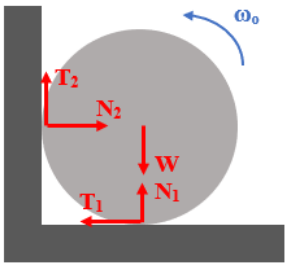
Εφαρμόζουμε ΘΜΚΕ για την κίνηση του σώματος:

$$\frac{1}{2}m\upsilon^2 - \frac{1}{2}m\upsilon_{\max}^2 = mg(R-h) \Leftrightarrow \upsilon^2 - \upsilon_{\max}^2 = 2g(R-h) \Leftrightarrow gh - \upsilon_{\max}^2 = 2gR - 2gh \Leftrightarrow$$

$$3gh - \frac{k\mathrm{A}^2}{m} = 2gR \Leftrightarrow 3h = \frac{k\mathrm{A}^2}{mg} + 2R \Leftrightarrow h = \frac{\mathrm{A}^2}{3\Delta\ell} + \frac{2R}{3} \Leftrightarrow h = \frac{\mathrm{A}^2 + 2R\Delta\ell}{3\Delta\ell}$$

Α2. Α. Σωστή απάντηση είναι η **δ.**

Στον κύλινδρο ασκούνται: η τριβή ολίσθησης $\overrightarrow{\mathrm{T}_1}$ από το έδαφος, η τριβή ολίσθησης $\overrightarrow{\mathrm{T}_2}$ από τον τοίχο, το βάρος $\overrightarrow{W}$, η κάθετη αντίδραση $\overrightarrow{\mathrm{N}_1}$ από το έδαφος και η κάθετη αντίδραση $\overrightarrow{\mathrm{N}_2}$ από τον τοίχο. Ισχύουν:



$$\Sigma F_x = 0 \Leftrightarrow \mathrm{N}_2 - \mathrm{T}_1 = 0 \Leftrightarrow \mathrm{N}_2 = \mathrm{T}_1 \Leftrightarrow \mathrm{N}_2 = \mu \cdot \mathrm{N}_1 \Leftrightarrow$$

$$\mathrm{N}_2 = 0,2 \cdot \mathrm{N}_1 \Leftrightarrow \mathrm{N}_1 = 5\mathrm{N}_2 \Leftrightarrow \mathrm{T}_1 = 5\mathrm{T}_2 \quad \text{και}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow \mathrm{N}_1 + \mathrm{T}_2 = W \Leftrightarrow 5\mathrm{N}_2 + \mathrm{T}_2 = W \Leftrightarrow 5,2\mathrm{N}_2 = W \Leftrightarrow$$

$$5,2\frac{\mathrm{T}_2}{\mu} = mg \Leftrightarrow 26\mathrm{T}_2 = m10 \Leftrightarrow 2,6\mathrm{T}_2 = m \Leftrightarrow \mathrm{T}_2 = \frac{m}{2,6} \quad \text{και}$$

$$\Sigma\tau_{(O)} = I_{cm}\cdot\alpha_{\gamma\omega\nu} \Leftrightarrow -T_1\cdot R - T_2\cdot R = \frac{1}{2}mR^2\alpha_{\gamma\omega\nu} \Leftrightarrow -6T_2 = \frac{1}{2}mR\alpha_{\gamma\omega\nu} \Leftrightarrow$$

$$-6\cdot\frac{m}{2,6} = \frac{1}{2}mR\alpha_{\gamma\omega\nu} \Leftrightarrow \alpha_{\gamma\omega\nu} = -\frac{6\cdot 2}{0,8\cdot 2,6} \Leftrightarrow \alpha_{\gamma\omega\nu} = -\frac{120}{8\cdot 2,6} \Leftrightarrow \alpha_{\gamma\omega\nu} = -\frac{15}{2,6}\ \text{r/s}^2$$

$$\omega = \omega_o + \alpha_{\gamma\omega\nu}t_1 \Leftrightarrow 0 = \frac{150}{13} - \frac{15}{2,6}t_1 \Leftrightarrow 0 = \frac{150}{13} - \frac{75}{13}t_1 \Leftrightarrow t_1 = 2\ \text{s}.$$

B. Σωστή απάντηση είναι η **α.**

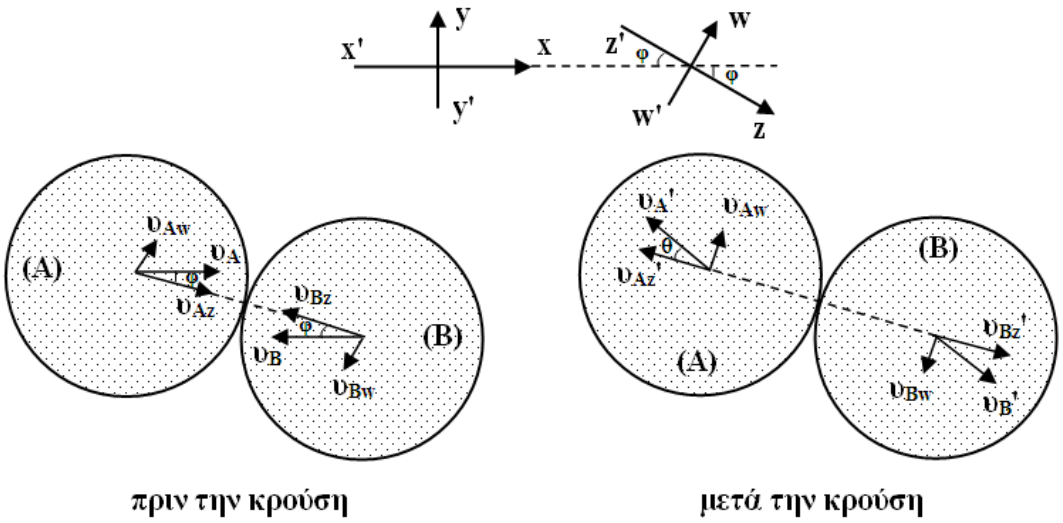
Εφόσον $T_1 = 5T_2$ για τα έργα των τριβών ισχύει $W_1 = 5W_2$, άρα και για τις θερμότητες ισχύει $Q_1 = 5Q_2$.

Συνεπώς: $Q_1 + Q_2 = \frac{1}{2}I_{cm}\omega_o^2 \Leftrightarrow 6Q_2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\cdot mR^2\omega_o^2 \Leftrightarrow 6Q_2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\cdot 6,76\cdot 0,8^2\cdot\frac{30^2}{2,6^2}$

$\Leftrightarrow 6Q_2 = 144 \Leftrightarrow Q_2 = 24\ \text{J}$

ΘΕΜΑ Β

Β1. Ορίζουμε ως άξονα $z'z$ τον άξονα που διέρχεται από τα κέντρα των δίσκων και ως $w'w$ τον κάθετο σε αυτόν άξονα. Οι άξονες $x'x$ και $z'z$ σχηματίζουν γωνία $\varphi = 30^o$.



Αναλύουμε τις αρχικές ταχύτητες στους άξονες $z'z$ και $w'w$:

$$\upsilon_{AZ} = \upsilon_A\cdot\sigma\upsilon\nu 30^o = 2\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}\ \text{m/s}\ \text{και}\ \upsilon_{AW} = \upsilon_A\cdot\eta\mu 30^o = 2\cdot\frac{1}{2} = 1\ \text{m/s}$$

$$\upsilon_{BZ} = \upsilon_B\cdot\sigma\upsilon\nu 30^o = \frac{2\cdot\sqrt{3}}{3}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2} = 1\ \text{m/s}\ \text{και}\ \upsilon_{BW} = \upsilon_B\cdot\eta\mu 30^o = \frac{2\cdot\sqrt{3}}{3}\cdot\frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{3}\ \text{m/s}$$

Στον άξονα $w'w$ δεν ασκούνται δυνάμεις στους δίσκους, άρα δεν αλλάζουν οι συνιστώσες των ταχυτήτων στον άξονα αυτό. Στον άξονα $z'z$ έχουμε κεντρική

ελαστική κρούση των δύο δίσκων που έχουν ίσες μάζες, άρα γίνεται ανταλλαγή ταχυτήτων. Επομένως : $\upsilon_{AZ}' = \upsilon_{BZ} = 1\ \text{m/s}$. Η γωνία θ που σχηματίζει η ταχύτητα $\overrightarrow{\upsilon_A}'$ με την ταχύτητα $\overrightarrow{\upsilon_{AZ}}'$ υπολογίζεται: $\varepsilon\varphi\theta = \dfrac{\upsilon_{AW}}{\upsilon_{AZ}'} = \dfrac{1}{1} = 1 \Leftrightarrow \theta = 45^o$. Άρα μετά την κρούση η ταχύτητα του δίσκου (Α) θα σχηματίζει με τον άξονα $x'x$ γωνία:
$180^o - \varphi - \theta = 180^o - 30^o - 45^o = 105^o$

B2 A. Εφαρμόζουμε εξίσωση Bernoulli στη ρευματική γραμμή από την επιφάνεια του υγρού (Y_2) έως το άνοιγμα Β:

$$P_{ατμ} + \rho_2 \cdot g \cdot (h - x_2) = P_{ατμ} + \frac{1}{2} \cdot \rho_2 \cdot \upsilon_2^2 \Leftrightarrow \upsilon_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - x_2)}$$

Το υγρό (Y_2) που εξέρχεται από το άνοιγμα Β, εκτελεί οριζόντια βολή. Ο χρόνος πτώσης είναι: $t_2 = \sqrt{\dfrac{2 \cdot (h + x_2)}{g}}$. Το βεληνεκές του υγρού (Y_2) είναι:

$$x_{B,2} = \upsilon_2 \cdot t_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - x_2)} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (h + x_2)}{g}} = 2 \cdot \sqrt{h^2 - x_2^2}$$

Εφαρμόζουμε εξίσωση Bernoulli στη ρευματική γραμμή από την επιφάνεια του υγρού (Y_1) έως το άνοιγμα Α:

$$P_{ατμ} + \rho_2 \cdot g \cdot h + \rho_1 \cdot g \cdot (h - x_1) = P_{ατμ} + \frac{1}{2} \cdot \rho_1 \cdot \upsilon_1^2 \Leftrightarrow$$

$$\rho_2 \cdot g \cdot h + 2 \cdot \rho_2 \cdot g \cdot (h - x_1) = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot \rho_2 \cdot \upsilon_1^2 \Leftrightarrow g \cdot h + 2 \cdot g \cdot (h - x_1) = \upsilon_1^2 \Leftrightarrow$$

$$\upsilon_1 = \sqrt{3 \cdot g \cdot h - 2 \cdot g \cdot x_1} = \sqrt{g \cdot (3 \cdot h - 2 \cdot x_1)}$$

Το υγρό (Y_1) που εξέρχεται από το άνοιγμα Α, εκτελεί οριζόντια βολή. Ο χρόνος πτώσης είναι: $t_1 = \sqrt{\dfrac{2 \cdot x_1}{g}}$. Το βεληνεκές του υγρού (Y_1) είναι:

$$x_{B,1} = \upsilon_1 \cdot t_1 = \sqrt{g \cdot (3 \cdot h - 2 \cdot x_1)} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot x_1}{g}} = \sqrt{2 \cdot x_1 \cdot (3 \cdot h - 2 \cdot x_1)} = \sqrt{-4 \cdot x_1^2 + 6 \cdot h \cdot x_1}$$

Τα δύο βεληνεκή είναι ίσα. Άρα:

$$x_{B,1} = x_{B,2} \Leftrightarrow \sqrt{-4 \cdot x_1^2 + 6 \cdot h \cdot x_1} = 2 \cdot \sqrt{h^2 - x_2^2} \Leftrightarrow -4 \cdot x_1^2 + 6 \cdot h \cdot x_1 = 4h^2 - 4 \cdot x_2^2 \Leftrightarrow$$

$$-4 \cdot x_1^2 + 6 \cdot h \cdot x_1 - 4 \cdot h^2 + 4 \cdot x_2^2 = 0 \Leftrightarrow -2 \cdot x_1^2 + 3 \cdot h \cdot x_1 - 2 \cdot h^2 + 2 \cdot x_2^2 = 0 \qquad (1)$$

Η παραπάνω εξίσωση είναι δευτεροβάθμια ως προς x_1. Η διακρίνουσα πρέπει να είναι μη αρνητική. Άρα:

$$\Delta \geq 0 \Leftrightarrow 9 \cdot h^2 + 8 \cdot (-2 \cdot h^2 + 2 \cdot x_2^2) \geq 0 \Leftrightarrow 16 \cdot x_2^2 - 7 \cdot h^2 \geq 0 \Leftrightarrow x_2 \geq \frac{\sqrt{7}}{4} \cdot h$$

Άρα η τιμή $x_2 = \dfrac{\sqrt{7}}{4} \cdot h$ είναι η ελάχιστη τιμή που μπορεί να πάρει το ύψος x_2.

Β2. Β. Από την εξίσωση $-2\cdot x_1^2+3\cdot h\cdot x_1-2\cdot h^2+2\cdot x_2^2=0$ διαπιστώνουμε ότι όταν η τιμή της x_1 τείνει στο μηδέν, προκύπτει: $-2\cdot h^2+2\cdot x_2^2=0 \Leftrightarrow x_2=h$.

Άρα η τιμή $x_2=h$ είναι η μέγιστη τιμή που τείνει να πάρει το ύψος x_2.

ΘΕΜΑ Γ

Γ1. Η ταχύτητα $\vec{\upsilon_1}$ έχει μέτρο $\upsilon_1=\omega\cdot\ell=\frac{\pi}{2}\cdot 1=\frac{\pi}{2}$ m/s.

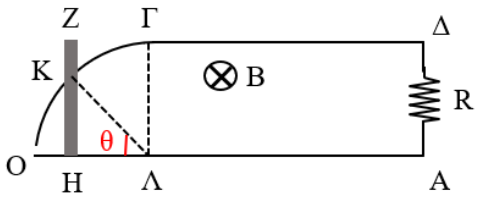
Άρα η τάση από επαγωγή είναι $E_{\varepsilon\pi}=B\cdot\upsilon_1\cdot\ell=2\cdot\frac{\pi}{2}\cdot 1=\pi$ V

και η ένταση του ρεύματος ισούται με $I=\frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}}=\frac{\pi}{\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{2}}=\frac{\pi}{\pi}=1$ A.

Από το νόμο του Joule έχουμε: $Q=I^2R_{o\lambda}t \Leftrightarrow 2=1^2\cdot\pi\cdot t \Leftrightarrow t=\frac{2}{\pi}$ s

και αφού η ταχύτητα είναι σταθερή: $(\Gamma\Delta)=\upsilon_1\cdot t=\frac{\pi}{2}\cdot\frac{2}{\pi}=1$ m.

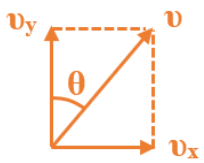
Γ2. Τη χρονική στιγμή $t_2=\frac{1}{3}$ s το μεταβλητό σημείο Κ που είναι η επαφή της ράβδου και του τεταρτοκυκλίου θα έχει διαγράψει επίκεντρη γωνία $\hat{\theta}$:



$\theta=\omega\cdot t_2=\frac{\pi}{2}\cdot\frac{1}{3}=\frac{\pi}{6}$ rad.

Από το ορθογώνιο τρίγωνο ΗΚΛ προκύπτει ότι το μήκος ΚΗ ισούται με:

$\eta\mu\frac{\pi}{6}=\frac{(\text{KH})}{\ell}\Leftrightarrow\frac{1}{2}=\frac{(\text{KH})}{1}\Leftrightarrow(\text{KH})=\frac{\ell}{2}=0{,}5$ m



και συνεπώς η τάση ισούται με

$E_{\varepsilon\pi}=\text{B}\cdot\upsilon_x\cdot(HK)=\text{B}\cdot\upsilon\cdot\eta\mu\theta\cdot(HK)=2\cdot\frac{\pi}{2}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}=\frac{\pi}{4}$ V.

Γ3. Η αντίσταση R_{HK}, όπως προκύπτει από την εξίσωση $R=\rho\frac{\ell}{S}$ είναι ίση με:

$R_{HK}=\frac{R_1}{2}=\frac{\pi}{4}$ Ω.

Άρα: $I=\frac{E_{\varepsilon\pi}}{R+R_{HK}}=\frac{\frac{\pi}{4}}{\frac{\pi}{2}+\frac{\pi}{4}}=\frac{\frac{\pi}{4}}{\frac{3\pi}{4}}=\frac{1}{3}$ A.

Η δύναμη Laplace έχει μέτρο $F_L=BI(KH)=2\cdot\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{2}=\frac{1}{3}$ N.

Επομένως η ισχύς της ισούται με $P = -F_L \cdot \upsilon_x = -\frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \eta\mu\frac{\pi}{6} = -\frac{\pi}{12}$ W.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

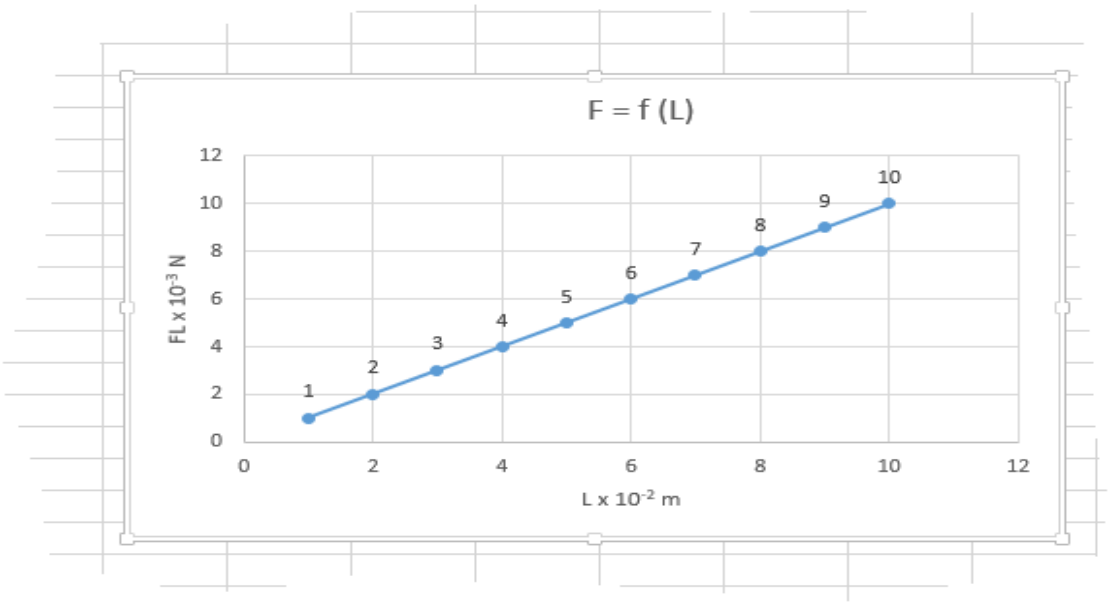
ΘΕΜΑ Δ

Δ1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Αγωγός	I (A)	L(x 10^{-2}m)	m_0 (g)	m (g)	Δm (g)	F_L (x 10^{-3}N)
L1	1	1	260	260,102	0,102	1
L2	1	2	260	260,205	0,205	2
L3	1	3	260	260,307	0,307	3
L4	1	4	260	260,407	0,407	4
L5	1	5	260	260,510	0,510	5
L6	1	6	260	260,612	0,612	6
L7	1	7	260	260,715	0,715	7
L8	1	8	260	260,817	0,817	8
L9	1	9	260	260,918	0,918	9
L10	1	10	260	261,020	1,020	10

Δ2.



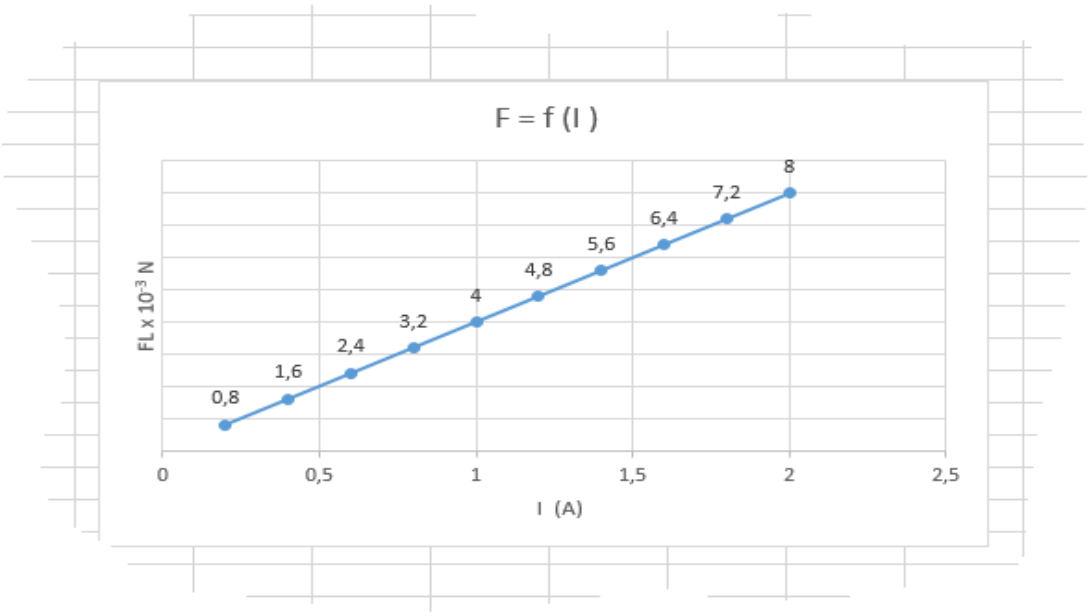
Από τη γραφική παράσταση, που είναι ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων, διαπιστώνουμε ότι η δύναμη Laplace είναι ανάλογη του μήκους του αγωγού, όταν η ένταση του μαγνητικού πεδίου και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι σταθερές.

Δ3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Αγωγός	I (A)	L(x 10^{-2}m)	m_0 (g)	m (g)	Δm (g)	F_L (x 10^{-3}N)
I1	0,2	4	260	260,082	0,082	0,8
I2	0,4	4	260	260,163	0,163	1,6
I3	0,6	4	260	260,245	0,245	2,4
I4	0,8	4	260	260,326	0,326	3,2
I5	1,0	4	260	260,408	0,408	4,0
I6	1,2	4	260	260,490	0,490	4,8
I7	1,4	4	260	260,571	0,571	5,6
I8	1,6	4	260	260,652	0,652	6,4
I9	1,8	4	260	260,734	0,734	7,2
I10	2,0	4	260	260,815	0,815	8,0

Δ4.



Από τη γραφική παράσταση, που είναι ευθεία που διέρχεται από την αρχή των αξόνων, διαπιστώνουμε ότι η δύναμη Laplace είναι ανάλογη της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, όταν η ένταση του μαγνητικού πεδίου και το μήκους του αγωγού είναι σταθερά.

Δ5. Ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$, ασκεί σε ευθύγραμμο αγωγό μήκους L ο οποίος διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I και τοποθετείται με τη διεύθυνσή του κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, ηλεκτρομαγνητική δύναμη Laplace με μέτρο ανάλογο της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος και του μήκους του αγωγού,

$F_L = BIL$. Η διεύθυνση της δύναμης Laplace $\overrightarrow{F_L}$ είναι κάθετη στη διεύθυνση του αγωγού και στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.

Δ6. Από το διάγραμμα $F = f(L)$ προκύπτει ότι $\frac{F}{L} = 10^{-1}\ \frac{N}{m}$.

Από το διάγραμμα $F = f(I)$ προκύπτει ότι $\frac{F}{I} = 4 \cdot 10^{-3}\ \frac{N}{A}$.

Δ7. Από τη σχέση $F_L = BIL$ που αποδείχτηκε προκύπτει ότι $\frac{F_L}{L} = BI$ οπότε με $I = 1\ \text{A}$ θα ισχύει $BI = 10^{-1}$ άρα $B = 0{,}1\ \text{T}$.

Παρόμοια από τη σχέση $F_L = BIL$ προκύπτει ότι $\frac{F_L}{I} = BL$ οπότε με $L = 4 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$ θα ισχύει $BL = 4 \cdot 10^{-3}$ ή $B \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 4 \cdot 10^{-3}$ και τελικά $B = 0{,}1\ \text{T}$.