ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΚΑΙ ΕΣΠΕΡΙΝΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΤΡΙΤΗ 12 ΙΟΥΝΙΟΥ 2024
ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ: ΦΥΣΙΚΗ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

ΣΥΝΟΛΟ ΣΕΛΙΔΩΝ: ΕΝΤΕΚΑ (11)

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΕΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

ΘΕΜΑ Α

Α1. → δ

Α2. → γ

Α3. → γ

Α4. → β

Α5. **α** → Σ

β → Λ

γ → Σ

δ → Σ

ε → Λ

ΘΕΜΑ Β

Β1.

α) Σωστή απάντηση είναι η **(ii)**

β) Για την πρώτη ακτινοβολία:

Από την εξίσωση της φάσης $\varphi = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$, και την σύγκριση με την φάση που δίνει υπολογίζουμε:

$$f_1 = 10^{15}\ Hz, \quad \lambda_1 = 3 \cdot 10^{-7}\ m$$

$$c = \lambda_1 \cdot f_1 \Rightarrow c = 3 \cdot 10^{8}\ m/s$$

Για την δεύτερη ακτινοβολία, από τον νόμο Wein:

$$\lambda_1 \cdot T_1 = \lambda_2 \cdot T_2 \Rightarrow$$

$$\lambda_1 \cdot T_1 = \lambda_2 \cdot 2 \cdot T_1 \Rightarrow$$

$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2} = 1{,}5 \cdot 10^{-7}\ m$$

Ίδιος χώρος άρα $c = \sigma\tau\alpha\theta$:

$$\lambda_1 \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2 \Rightarrow$$

$$2\lambda_2 \cdot f_1 = \lambda_2 \cdot f_2 \Rightarrow f_2 = 2f_1 = 2 \cdot 10^{15}\ Hz$$

Άρα,

$$\varphi_2 = 2\pi\left(f_2 \cdot t - \frac{x}{\lambda_2}\right) = 2\pi\left(2 \cdot 10^{15} t - \frac{2 \cdot 10^7}{3} x\right)\ (S.I.)$$

Β2.

α) Σωστή απάντηση είναι η **(i)**

β) Από φωτοηλεκτρική εξίσωση:

$$K_1 = \frac{hc}{\lambda_1} - \varphi \quad (1)$$

$$K_2 = \frac{hc}{\lambda_2} - \varphi \quad (2)$$

Η κινητική σε συνάρτηση με την ορμή, δίνεται από την σχέση:

$$K = \frac{1}{2} m u^2 \Rightarrow K = \frac{1}{2}\frac{p^2}{m}$$

Άρα,

$$K_1 = \frac{p_1^2}{2m} \quad (3)$$

$$K_2 = \frac{p_2^2}{2m} \quad (4)$$

Η στροφορμή δίνεται από την σχέση $L = mur$ και σε συνδυασμό με τον τύπο της ακτίνας (κίνηση μέσα σε Ο.Μ.Π.), έχουμε:

$$L = mur = mu \cdot \frac{mu}{Bq} = \frac{p^2}{Bq}$$

Άρα,

$$p_1^2 = L_1 qB \text{ και}$$

$$p_2^2 = L_2 qB$$

Οι σχέσεις (1) και (2), με αντικατάσταση γίνονται:

$$(1) \Rightarrow -K_1 + \frac{hc}{\lambda_1} = \varphi \Rightarrow \frac{-L_1 qB}{2m} + \frac{hc}{\lambda_1} = \varphi \quad (5)$$

$$(2) \Rightarrow -K_2 + \frac{hc}{\lambda_2} = \varphi \Rightarrow \frac{-L_2 qB}{2m} + \frac{hc}{\lambda_2} = \varphi \quad (6)$$

Από (5) και (6):

$$\frac{-L_1 Bq}{2m} + \frac{hc}{\lambda_1} = -\frac{L_2 Bq}{2m} + \frac{hc}{\lambda_2} \Rightarrow$$

$$\frac{L_2 qB}{2m} - \frac{L_1 qB}{2m} = hc\left(\frac{2}{2\lambda_2} - \frac{1}{2\lambda_2}\right) \Rightarrow$$

$$\frac{5L_1 qB}{2m} - \frac{L_1 qB}{2m} = \frac{hc}{2\lambda_2} \Rightarrow$$

$$\frac{4L_1 qB}{2m} = \frac{hc}{2\lambda_2}$$

$$(1),(3) \Rightarrow K_1 = \frac{hc}{\lambda_1} - \varphi \Rightarrow$$

$$\frac{p_1^2}{2m} = \frac{hc}{\lambda_1} - \varphi \Rightarrow$$

$$\frac{L_1 qB}{2m} = \frac{hc}{\lambda_1} - \varphi \Rightarrow$$

$$\frac{hc}{4\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_1} - \varphi \Rightarrow$$

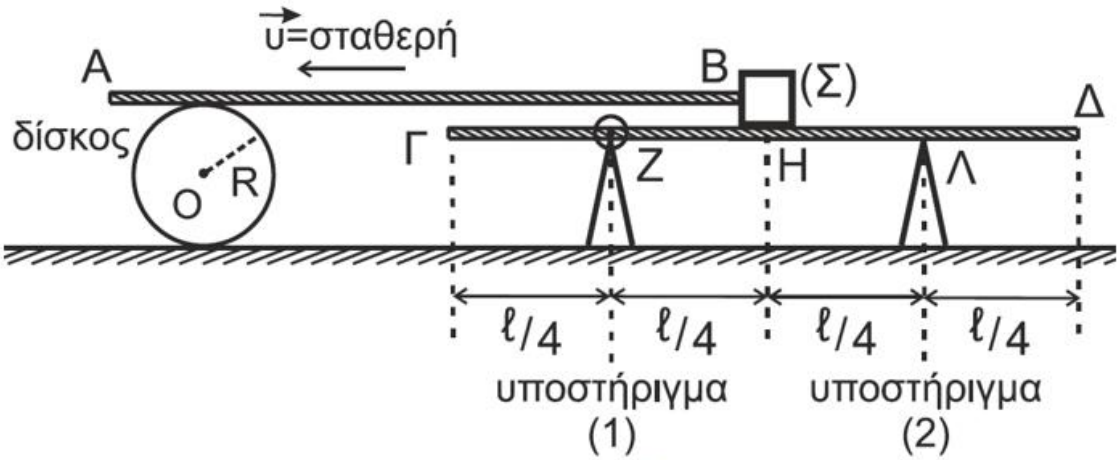
$$\frac{3}{4}\frac{hc}{\lambda_1} = \varphi \Rightarrow$$

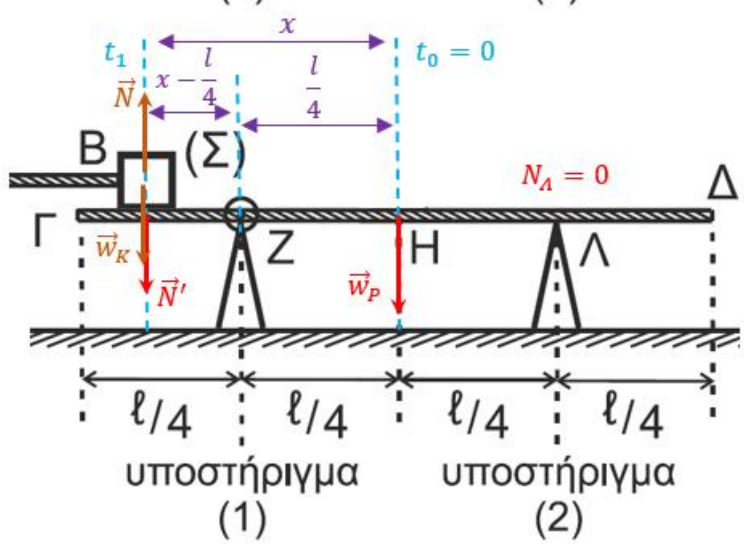
$$\varphi = \frac{1250}{375} \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow \varphi = 2{,}5\, eV$$

Β3.

α.

Σωστή απάντηση είναι η **(ii)**





Από ισορροπία στον κύβο στον $y'y$:

$$N = W_\Sigma = mg = 2Mg$$

Στην ράβδο ασκούνται: το βάρος της, η αντίδραση της N, $N' = N = 2Mg$ και οι δυνάμεις από τα στηρίγματα (δεν μας χρειάζονται για την επίλυση της άσκησης)

Για να ανατραπεί το σώμα Σ, θα πρέπει να πάει αριστερά του σημείου Ζ και άρα να έχει μετακινηθεί από την αρχική θέση x. Σε αυτή την θέση οριακά ανατρέπεται, άρα $N_\Lambda = 0$.

Από την στροφική συνθήκη ισορροπίας στην ράβδο:

$$\Sigma\tau_{(Z)} = 0 \Rightarrow N' \cdot \left(x - \frac{l}{4}\right) - Mg \cdot \frac{l}{4} = 0 \Rightarrow$$

$$\Sigma\tau_{(Z)} = 0 \Rightarrow mg \cdot \left(x - \frac{l}{4}\right) - Mg \cdot \frac{l}{4} = 0 \Rightarrow$$

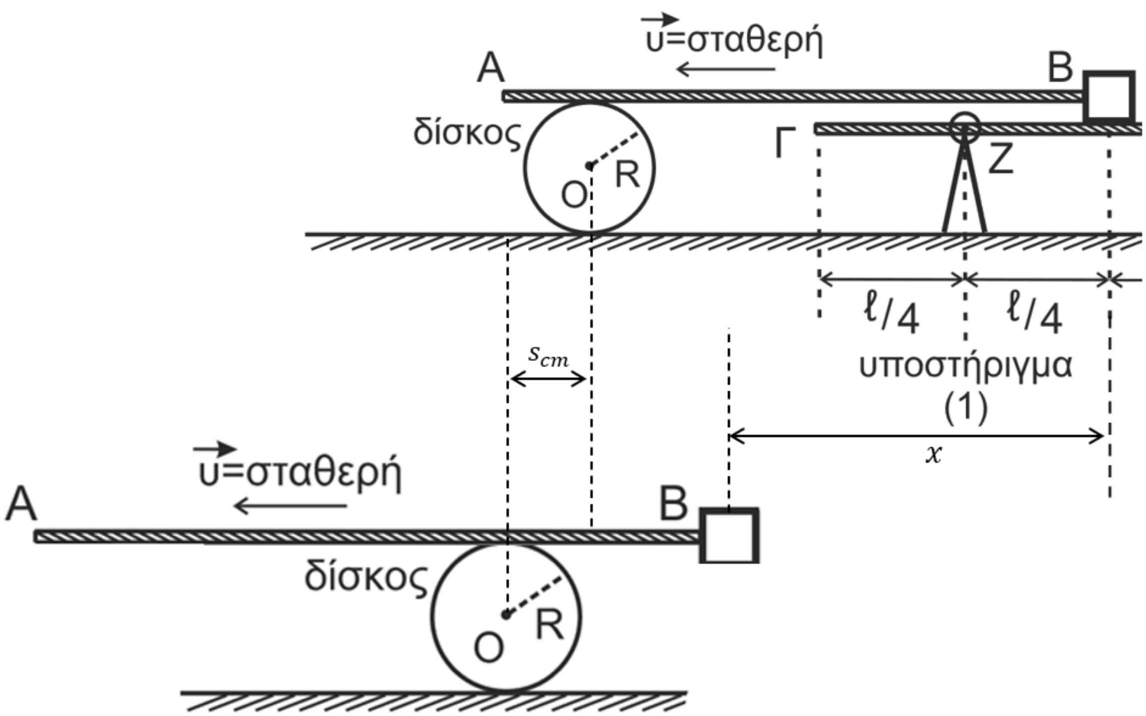
$$2Mg\left(x-\frac{l}{4}\right)=Mg\cdot\frac{l}{4}\Rightarrow x-\frac{l}{4}=\frac{l}{8}\Rightarrow$$

$$x=\frac{l}{8}+\frac{l}{4}\Rightarrow$$

$$x=\frac{3l}{8}$$

β.

Σωστή απάντηση είναι η **(i)**



Το σώμα Σ έχει την ίδια ταχύτητα με την ράβδο που είναι σε επαφή χωρίς να γλιστράει στο ανώτερο σημείο θ της ρόδας, άρα:

$$u_{\Sigma}=u_{\theta}=2\cdot u_{cm,\rho\acute{o}\delta\alpha\varsigma}$$

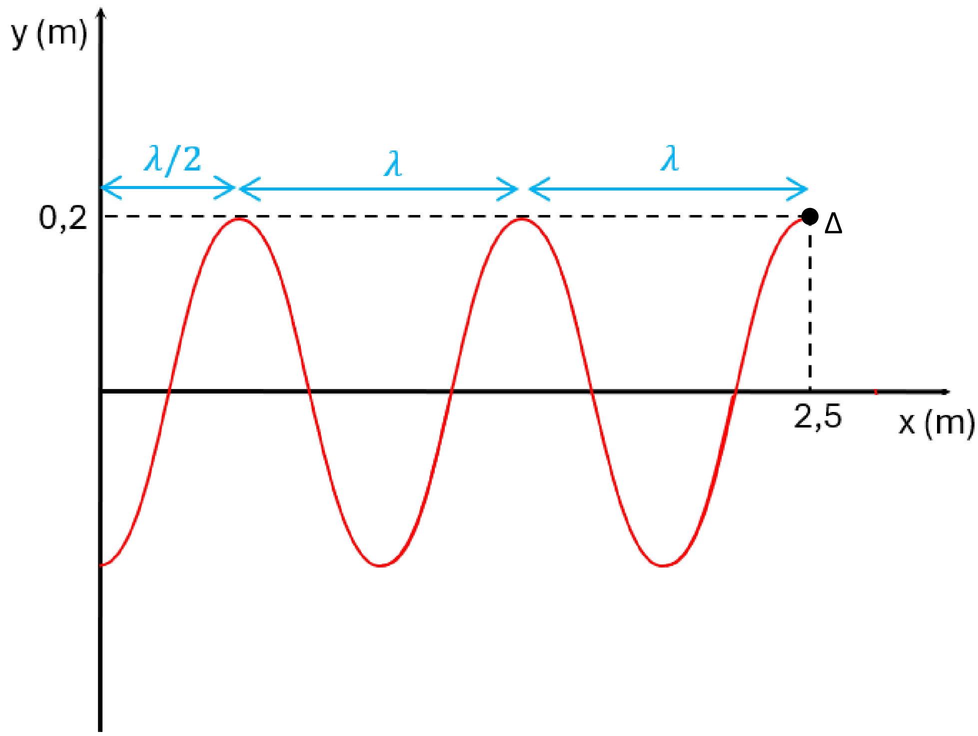
Εκτελούν ΕΟΚ με σταθερές ταχύτητες:

$$\frac{\Delta x_{\Sigma}}{\Delta t}=2\cdot\frac{\Delta x_{cm}}{\Delta t}\Rightarrow x=2\cdot S_{cm}\Rightarrow S_{cm}=\frac{x}{2}\Rightarrow$$

$$S_{cm}=\frac{3l}{16}$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1.



α) Από εκφώνηση εξάγουμε:

$$\mathrm{N}_{\Theta\mathrm{I}} = 60 \Rightarrow \mathrm{N} = 30 \text{ ταλαντώσεις ανά λεπτό } (\Delta t = 60s)$$

$$\mathrm{T} = \frac{\Delta t}{N} = \frac{60}{30} = 2s,\ f = \frac{1}{2}Hz,\ \omega = \frac{2\pi}{\mathrm{T}} = \pi\, rad/s$$

β) Η πηγή βρίσκεται στη θέση $y = -A$ και το σημείο Δ βρίσκεται στη θέση $+A$, όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα και από εκφώνηση:

Μεταξύ του σημείου Δ και του της πηγής υπάρχουν 2 σημεία σε ακραίες θέσεις, άρα

$$x_\Delta = 2{,}5\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{x_\Delta}{2{,}5} \Rightarrow \lambda = 1m$$

γ) $u_{διάδοσης} = \lambda \cdot f \Rightarrow u_{διάδοσης} = \frac{1}{2}\ m/s$

δ) Ο χρόνος που απαιτείται για να διαδοθεί το κύμα και να φτάσει στο σημείο Δ είναι:

$t_\Delta = \frac{x_\Delta}{u} \Rightarrow t_\Delta = \frac{2{,}5}{\frac{1}{2}} = 5s$ (αυτό το χρονικό διάστημα αντιστοιχεί σε 2.5 περιόδους).

Σε κάθε περίοδο το σημείο Ο διανύσει διάστημα ίσο με 4Α. Άρα σε 2,5 περιόδους:

$$10\text{A} = 2 \Rightarrow \text{A} = 0{,}2m$$

Γ2.

Παίρνουμε την εξίσωση ταλάντωσης του σημείου Δ για την χρονική διάρκεια ταλάντωσής του:

$$y = A\eta\mu(\omega\Delta t) = A\eta\mu\big(\omega(t - t_\Delta)\big) \Rightarrow y = A\eta\mu(\omega t - \omega t_\Delta) \Rightarrow y = A\eta\mu\left(\frac{2\pi}{\text{T}}t - \frac{2\pi}{\text{T}}t_\Delta\right)$$

$$y = A\eta\mu\left(\frac{2\pi}{\text{T}}t - \frac{2\pi}{\text{T}}\ \frac{x_\Delta}{u}\right) \Rightarrow y = A\eta\mu\left(\frac{2\pi}{\text{T}}t - \frac{2\pi}{\lambda}\ x_\Delta\right)\ \Rightarrow y = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{\text{T}} - \frac{x_\Delta}{\lambda}\right)$$

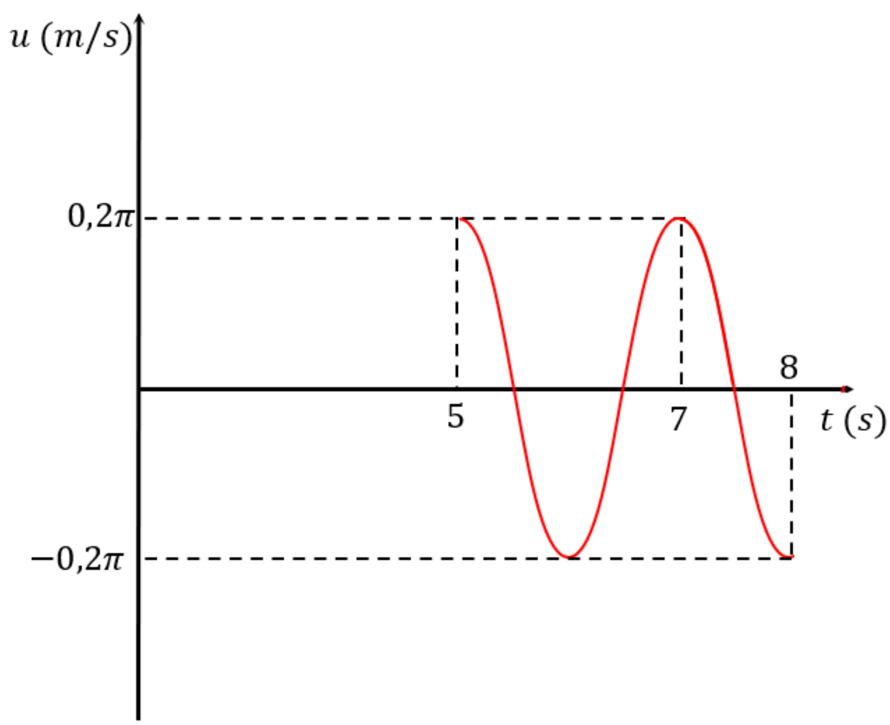
Γ3.

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση της ταχύτητας της ταλάντωσης του σημείου Δ, την απόσταση $x_\Delta - x_0 = \lambda' \Rightarrow \lambda' = 2{,}5\ m$

$$u_\Delta = \omega\text{A}\sigma\upsilon\nu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_\Delta}{\lambda}\right) \Rightarrow\ u_\Delta =\ 0.2\ \pi\ \sigma\upsilon\nu\ 2\pi\left(\frac{t}{2} - \frac{2{,}5}{1}\right)$$

$$\Rightarrow u_\Delta =\ 0{,}2\ \pi\ \sigma\upsilon\nu\ 2\pi\left(\frac{t}{2} - 2{,}5\right)\ (SI)\ \text{για}\ t \geq 5s$$

Η γραφική παράσταση είναι η παρακάτω:



Γ4.

Μετά τη μείωση της συχνότητας, τα σημεία Ο και Δ είναι δύο διαδοχικά συμφασικά σημεία. Άρα πρέπει:

$$\lambda' = 2{,}5m.$$

Η ταχύτητα του ελαστικού μέσου παραμένει σταθερή, άρα

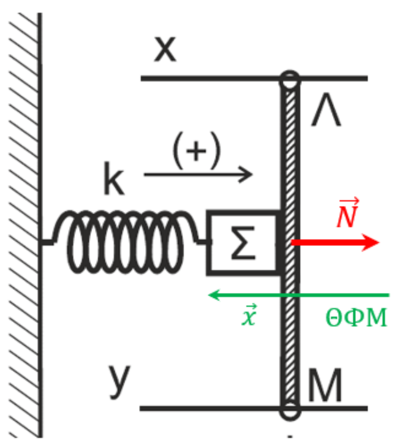
$$u = \lambda' \cdot f' \Rightarrow \frac{1}{2} = 2{,}5 \cdot f' \Rightarrow f' = \frac{1}{5} = 0{,}2Hz$$

Άρα η συχνότητα μειώθηκε κατά $|\Delta f| = \frac{1}{2} - 0{,}2 = 0{,}3Hz$

ΘΕΜΑ Δ:

Δ1. α) Το σύστημα των δύο σωμάτων δέχεται κατά την διεύθυνση του ελατηρίου μόνο τη δύναμη του ελατηρίου, με αποτέλεσμα να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση.

<u>Α' Τρόπος:</u> Η ράβδος ΛΜ όσο είναι σε επαφή με το σώμα Σ εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση εξαιτίας της δύναμης $\vec{N}$ που δέχεται από το σώμα Σ. Όσο το σώμα Σ κινείται επιταχυνόμενα προς τα δεξιά (προς τη ΘΙ, που είναι και η ΘΦΜ) θα ασκεί τη δύναμη αυτή στον αγωγό. Μόλις φτάσει στη ΘΙ το σύστημα η δύναμη του ελατηρίου στο Σ μηδενίζεται και αμέσως μετά αντιστρέφεται, με αποτέλεσμα να μηδενιστεί και η δύναμη που δέχεται ο αγωγός, γιατί είναι σε επαφή. Επομένως ο αγωγός αποχωρίζεται από το σώμα Σ αμέσως μετά τη ΘΦΜ.



<u>Β' Τρόπος:</u> Η ράβδος ΛΜ όσο είναι σε επαφή με το σώμα Σ ασκεί απλή αρμονική ταλάντωση εξαιτίας της δύναμης $\vec{N}$ που δέχεται από το σώμα Σ. Αφού εκτελεί ΑΑΤ θα πρέπει για αυτό να ισχύει (θεωρούμε θετική φορά προς τα δεξιά):

$$\Sigma\vec{F}_{\Lambda M} = -D_{\Lambda M}\vec{x} \Rightarrow N = -D_{\Lambda M}x.$$

Για να είναι σε επαφή όμως τα δύο σώματα πρέπει να δέχεται η ράβδος τη δύναμη N από το Σ διαρκώς προς τα δεξιά, άρα θα πρέπει να ισχύει σε μία τυχαία θέση:

$$N \geq 0 \Rightarrow -D_{ΛΜ}x \geq 0 \Rightarrow x \leq 0.$$

Άρα όταν ο αγωγός περάσει τη ΘΙ – ΘΦΜ χάνει την επαφή του με το $Σ_1$.

β) Τη χρονική στιγμή που τα δύο σώματα, ράβδος και σώμα Σ, βρίσκονται στη ΘΦΜ έχουν τη μέγιστη ταχύτητα της κοινής τους ταλάντωσης πλάτους $A = Δl = 0{,}4\, m$:

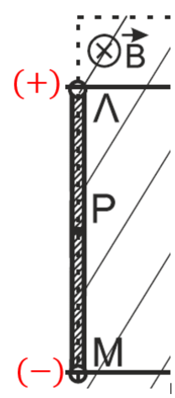
$$u_{max} = ω_{συστ}A = 2{,}5 \cdot 0{,}4 = 1\, m/s,$$

όπου $ω_{συστ} = \sqrt{\frac{k}{M_P+m}} = 2{,}5\, r/s$. Στη συνέχεια το Σ συνεχίζει να εκτελεί ΑΑΤ, ξεκινώντας από τη ΘΙ (η οποία δεν αλλάζει μετά την απώλεια επαφής) με την ίδια ταχύτητα $u'_{max} = u_{max} = 1\, m/s$ και πλάτος A':

$$u'_{max} = ω'A' = \sqrt{\frac{k}{m}}A' = 5A' \Rightarrow A' = \frac{1}{5} = 0{,}2\, m.$$

Δ2. Η ράβδος ΛΜ εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα $u_0 = u_{max} = 1\, m/s$. Καθώς κινείται μεταβάλλεται το εμβαδό που σαρώνει, άρα μεταβάλλεται και η αντίστοιχη μαγνητική ροή, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί επαγωγική τάση στα άκρα της μέτρου:

$$E_{επ} = \frac{ΔΦ}{Δt} = \frac{BΔA}{Δt} = \frac{BlΔx}{Δt} = Blu$$



Χρησιμοποιώντας τον κανόνα των τριών δακτύλων, για την δύναμη Lorentz που δέχονται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του κινούμενου αγωγού, βρίσκουμε ότι τα ηλεκτρόνια συγκεντρώνονται στο Μ και στο Λ έχουμε πλεόνασμα θετικών φορτίων, άρα η πολικότητα είναι αυτή που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Δ3. Μέχρι τη χρονική στιγμή $3\ s$ που ο διακόπτης είναι ανοιχτός δεν δημιουργείται κλειστό κύκλωμα, άρα δεν διαρρέεται από ρεύμα ο αγωγός και δεν δέχεται επομένως δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο.

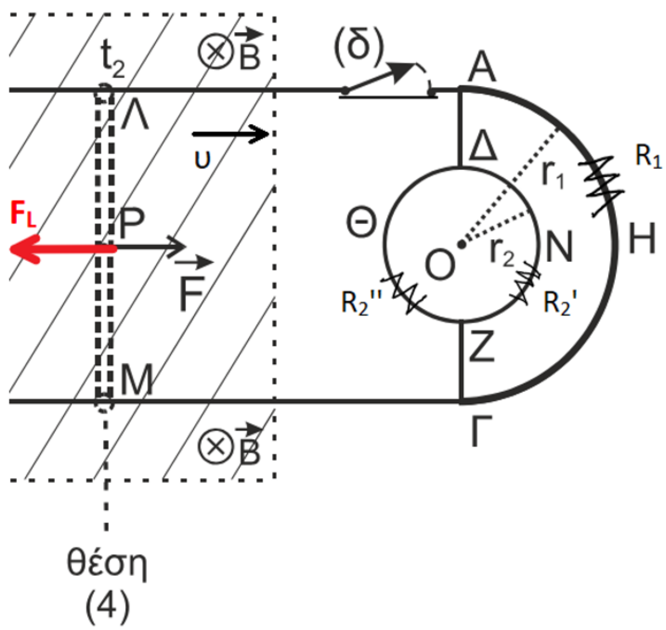
Από τη χρονική στιγμή $0 - 1\ s$ ο αγωγός εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με ταχύτητα $u_0 = 1\ m/s$. Στο χρονικό διάστημα $1 - 3\ s$ ο αγωγός εκτελεί ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση λόγω της σταθερής δύναμης που δέχεται, άρα έχει επιτάχυνση μέτρου:

$$\alpha = \frac{\Sigma F_x}{M_P} = \frac{F}{M_P} = 2{,}5\ m/s^2.$$

Η ταχύτητα του τη χρονική στιγμή $3\ s$ είναι ίση με:

$$u_2 = u_0 + \alpha \cdot \Delta t = 1 + 2{,}5 \cdot (3 - 1) \Rightarrow u_2 = 6\ m/s.$$

Δ4.



α) Τη στιγμή που κλείνει ο διακόπτης $E_{\varepsilon\pi} = B \cdot u_2 \cdot l = 6\ V$

Οι αντιστάτες R_2' και R_2'' είναι συνδεδεμένοι παράλληλα:

$$R_2 = \frac{R_2' R_2''}{R_2' + R_2''} = \frac{25}{10} = 2{,}5\ \Omega.$$

Επίσης για τη συνολική αντίσταση ισχύει, λόγω παράλληλης σύνδεσης των R_1, R_2:

$$R_{o\lambda} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{25}{12{,}5} = 2\ \Omega$$

Και αφού είναι κλειστό το κύκλωμα, ο αγωγός ΛΜ διαρρέεται από ρεύμα έντασης:

$$I_{επ} = \frac{E_{επ}}{R_{ολ}} = \frac{6}{2} = 3\ A.$$

Οπότε δέχεται δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο μέτρου $F_L = BI_{επ}l = 3\ N$ και κατεύθυνσης αντίρροπης της ταχύτητας, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz.

Επειδή $ΣF = F - F_L = 0$, το σώμα κάνει Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση.

β) Στον αγωγό έχουμε:

$$I_{επ} = 3\ A$$

Οι αντιστάτες όλοι είναι συνδεδεμένοι με τα άκρα του αγωγού, που λειτουργεί ως ιδανική πηγή. Στη διαδρομή ΑΗΓ με αντίσταση R_1 είναι:

$$I_1 = \frac{E_{επ}}{R_1} = \frac{6}{10} = 0{,}6\ A.$$

Στη διαδρομή ΔΝΖ και ΔΘΖ έχουμε αντίσταση $R_2' = R_2'' = 5\ Ω$, οπότε:

$$I_2' = I_2'' = \frac{E_{επ}}{5} = \frac{6}{5} = 1{,}2\ A.$$

Δ5.

α) Χωρίζουμε τον ημικυκλικό αγωγού ΑΗΓ σε στοιχειώδη τμήματα $Δl_1, Δl_2, \dots$, όπου το καθένα απέχει απόσταση r_1 από το Ο και είναι κάθετο στην ακτίνα. Επειδή όλες οι στοιχειώδεις εντάσεις που δημιουργούν τα στοιχειώδη τμήματα στο Ο είναι ομόρροπες, με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα, η συνολική ένταση από αυτά στο Ο θα είναι ίση με

$$B_O = ΔB_1 + ΔB_2 + \cdots = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I_1 \cdot (Δl_1 + Δl_2 + \cdots)}{r_1^2} \xrightarrow{Δl_1 + Δl_2 + \cdots = \pi r_1}$$

$$\Rightarrow B_O = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\pi I_1}{r_1} = 10^{-7}\frac{\pi \cdot 0{,}6}{1/2} = 1{,}2\pi \cdot 10^{-7}\ T$$

β) Το κυκλικό τμήμα το χωρίζουμε σε δύο ημικύκλια ΔΝΖ και ΔΘΖ. Επειδή τα δύο ημικύκλια διαρρέονται από ίδιο ρεύμα, όπως δείξαμε στο Δ4, καθώς έχουν ίσες αντιστάσεις και ίδια τάση στα άκρα τους, από τη σχέση $B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\pi I_2'}{r_2}$, που υπολογίσαμε παραπάνω, τα δύο τμήματα παράγουν ίδιου μέτρου εντάσεις μαγνητικού πεδίου $B_{ΔΝΖ}$ και $B_{ΔΘΖ}$. Από τον κανόνα του δεξιού χεριού, καταλαβαίνουμε ότι έχουν αντίθετη φορά, οπότε, η συνολική ένταση που δημιουργεί το συγκεκριμένο κυκλικό τμήμα του κυκλώματος είναι ίσο με μηδέν. Άρα η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου που ζητείται προκύπτει μόνο από τον ημικυκλικό αγωγό ΑΗΓ και ισούται με $B_O = 1{,}2\pi \cdot 10^{-7}\ T$, που βρήκαμε στο Δ5.α).

Επιμέλεια: Ομάδα Φυσικών ΟιδαΝικώ