Προτεινόμενα Θέματα

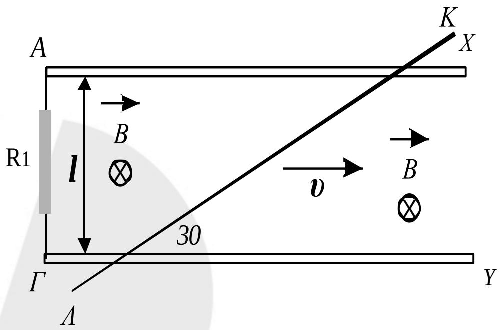
Φυσική Γ΄ Λυκείου

Μάιος 2023

ΘΕΜΑ Α

Στις ημιτελείς προτάσεις **Α1-Α4** να επιλέξετε το γράμμα που αντιστοιχεί στη φράση που συμπληρώνει σωστά κάθε πρόταση.

Α1. Δύο οριζόντια ευθύγραμμα μεταλλικά σύρματα Ax και Γy, αμελητέας ωμικής αντίστασης απέχουν απόσταση l μεταξύ τους και τα άκρα τους A και Γ γεφυρώνονται με αντιστάτη ωμικής αντίστασης R_1. Η μεταλλική ράβδος $K\Lambda$ αμελητέας ωμικής αντίστασης και μήκους $3l$, κινείται πάνω στα σύρματα χωρίς τριβές με σταθερή οριζόντια ταχύτητα $\vec{\upsilon}$ παράλληλη στα σύρματα. Η διάταξη βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$. Η ράβδος $K\Lambda$ σχηματίζει γωνία $\varphi = 30^0$ με τα σύρματα σε όλη τη διάρκεια της κίνησής της.



i. Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη ωμικής αντίστασης R_1 είναι:

α. $I = \frac{3B\upsilon l}{R_1}$ **β.** $I = \frac{3B\upsilon l}{2R_1}$ **γ.** $I = \frac{B\upsilon l}{R_1}$ **δ.** $I = \frac{B\upsilon l}{2R_1}$

ii. Η δύναμη Laplace που αντιτίθεται στην κίνηση του αγωγού κατά τη διεύθυνση της κίνησής του είναι:

α. $F_L = \frac{B^2\upsilon l^2}{R_1}$ **β.** $F_L = \frac{3}{2}\frac{B^2\upsilon l^2}{R_1}$ **γ.** $F_L = \frac{1}{2}\frac{B^2\upsilon l^2}{R_1}$ **δ.** $F_L = 2\frac{B^2\upsilon l^2}{R_1}$

Α2. Σώμα εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση. Η ολική ενέργεια της ταλάντωσης:

α. Μεταβάλλεται αρμονικά με το χρόνο

β. Είναι κάθε στιγμή μεγαλύτερη από τη δυναμική ενέργεια της ταλάντωσης.

γ. Καθορίζει το πλάτος της ταλάντωσης και τη μέγιστη ταχύτητα του σώματος.

δ. Μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνο της απομάκρυνσης.

Α3. Εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κύματα έχουμε από:

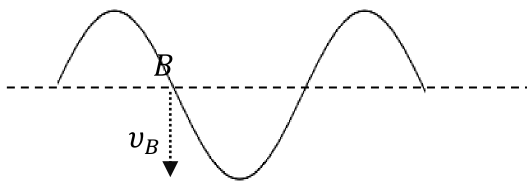
α. Φορτία που κινούνται με σταθερή ταχύτητα όπως συμβαίνει στους αγωγούς που διαρρέονται από σταθερό ρεύμα

β. Φορτία που επιταχύνονται ή επιβραδύνονται όπως συμβαίνει σε αγωγούς που διαρρέονται από μεταβαλλόμενα ρεύματα

γ. Φορτισμένα σώματα

δ. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις και ανεξαρτήτως μέσου διάδοσης που θα μπορούσε να είναι ακόμη και το κενό.

Α4. Στο διπλανό σχήμα δίνεται το στιγμιότυπο ενός ελαστικού μέσου μια χρονική στιγμή και σημειώνεται η ταχύτητα υ_B του σημείου B. Στο ελαστικό μέσο:



α. Διαδίδεται τρέχον κύμα προς τα δεξιά.
β. Έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα με τέσσερεις δεσμούς.
γ. Διαδίδεται τρέχον κύμα προς τα αριστερά.
δ. Το κύμα είναι δυνατόν να διαδίδεται και προς τις δυο κατευθύνσεις.

Μονάδες 20

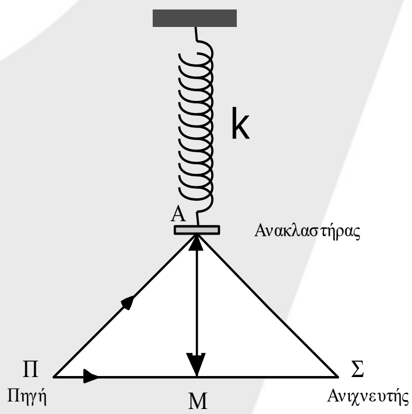
Α5. Να δώσετε σε καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις το χαρακτηρισμό **Σωστό (Σ)** αν είναι σωστή ή **Λάθος (Λ)** αν είναι λανθασμένη.

α. Για τις ακτίνες x και τις ακτίνες γ του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ισχύει $\lambda_\gamma > \lambda_x$.
β. Πάνω σε μια χορδή με ακλόνητα άκρα δημιουργείται στάσιμο κύμα με κβαντισμένες συχνότητες ταλάντωσης.
γ. Η ορμή ενός συστήματος σωμάτων που συγκρούονται παραμένει σταθερή διότι οι εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα είναι συντηρητικές.
δ. Η υπέρυθρη ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το όζον της ατμόσφαιρας.
ε. Σύμφωνα με το νόμο του Faraday, αν ο ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής είναι σταθερός, τότε η ΗΕΔ από επαγωγή έχει μηδενική τιμή.

Μονάδες 5

ΘΕΜΑ Β

Β1. Στη διάταξη του διπλανού σχήματος ένας μεταλλικός ανακλαστήρας μάζας $m = 0{,}1\,kg$ είναι συνδεδεμένος με κατακόρυφο ελατήριο σταθεράς $k = 10\,N/m$ και ισορροπεί. Στον ανακλαστήρα φτάνουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα, συχνότητας $f = 1{,}5 \cdot 10^8\,Hz$, που εκπέμπονται από την πηγή που είναι τοποθετημένη στο σημείο Π του σχήματος.



Τα πλάτη των πεδίων του Η/Μ κύματος συνδέονται με τη σχέση $E_{max} = 3 \cdot 10^8 B_{max}$. Στο σημείο Σ υπάρχει δέκτης κυμάτων και τα κύματα μπορούν να φτάσουν σε αυτόν είτε απ' ευθείας από την πηγή Π είτε μέσω ανακλάσεως στον ανακλαστήρα. Ο ανακλαστήρας τίθεται σε αμείωτη ταλάντωση με εξίσωση απομάκρυνσης της μορφής $y = 2{,}2\eta\mu\omega t\ (SI)$, πάνω στη μεσοκάθετο του τμήματος $\Pi\Sigma$. Τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$, ο ανακλαστήρας βρίσκεται σε απόσταση $r = 3m$ απο την πηγή Π και στο Σ παρατηρείται ενισχυτική συμβολή. Η απόσταση $\Pi\Sigma$ δίνεται $2m$.

Η **αμέσως επόμενη** χρονική στιγμή για την οποία στο Σ παρατηρείται ενισχυτική συμβολή είναι η:

α. $t_1 = \frac{\pi}{30}s$
β. $t_2 = \frac{\pi}{60}s$

γ. $t_3 = \frac{\pi}{20} s$

Για την επίλυση να θεωρήσετε θετική φορά της ταλάντωσης **προς τα κάτω** και για τους υπολογισμούς, $\sqrt{2} = 1{,}4$ και $\sqrt{3} = 1{,}7$. Η πρόσπτωση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος πάνω στον ανακλαστήρα δεν επηρεάζει την ταλάντωσή του.

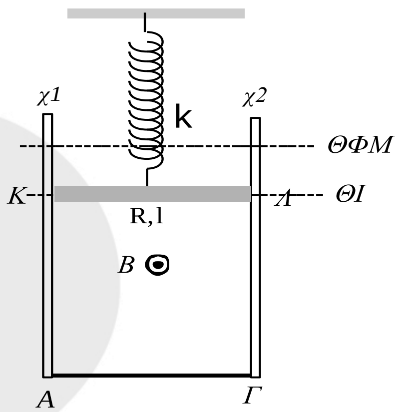
Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 1

Β. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 3

Β2. Στη διάταξη του σχήματος ο αγωγός $ΚΛ$ μάζας $m = 1\ kg$, μήκους $l = 0{,}5\ m$ και αντίστασης $R = 1\ \Omega$, ισορροπεί στερεωμένος στο άκρο ιδανικού ελατηρίου σταθεράς $k = 100\ N/m$ το άλλο άκρο του οποίου είναι ακλόνητα στερεωμένο σε οροφή. Η όλη διάταξη βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο, κάθετου στη σελίδα, έντασης $\vec{B}$ μέτρου $1T$. Η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει τιμή $g = 10\ m/s^2$.



Εκτρέπουμε τον αγωγό ως τη θέση φυσικού μήκους του ελατηρίου και στη συνέχεια τον αφήνουμε ελεύθερο να κινηθεί. Ο αγωγός σε όλη τη διάρκεια της κίνησής του είναι σε επαφή με σύστημα λείων παράλληλων αγωγών Ax_1 και Γx_2, αμελητέας αντίστασης, όπως και ο αγωγός $Α\Gamma$, διατηρούμενος συνεχώς οριζόντιος.

Ι. Να αιτιολογήσετε το γεγονός ότι ο αγωγός θα εκτελέσει φθίνουσα ταλάντωση.

Μονάδες 1

ΙΙ. Η σταθερά απόσβεσης έχει τιμή:

α. $0{,}25\ \frac{kg}{s}$

β. $1\ \frac{kg}{s}$

γ. $0{,}5\ \frac{kg}{s}$

Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 1

Β. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 3

ΙΙ. Τη στιγμή που η ταχύτητα του αγωγού έχει μέτρο $\upsilon = 0{,}4\ m/s$ ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας της φθίνουσας ταλάντωσης είναι ίσος με:

α. $\frac{\Delta E}{\Delta t} = -0{,}04\ J/s$

β. $\frac{\Delta E}{\Delta t} = -0{,}016\ J/s$

γ. $\frac{\Delta E}{\Delta t} = -0{,}08\ J/s$

Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 1

Β. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 3

ΙΙΙ. Αν A_0 το αρχικό πλάτος της ταλάντωσης ενώ το πλάτος στο τέλος της τέταρτης περιόδου είναι $A_4 = \frac{3A_0}{25}$ και στο τέλος της πέμπτης περιόδου $A_5 = \frac{A_0}{50}$, τότε το πλάτος στο τέλος της πρώτης περιόδου είναι:

α. $\frac{1}{30}\ m$

β. $\frac{1}{40}\ m$

γ. $\frac{1}{60}$ m

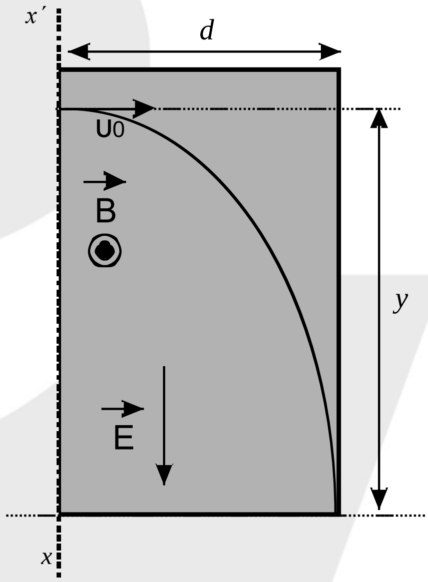
Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 1

Β. Να δικαιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 3

Β3. Το κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B του σχήματος είναι περιορισμένο σε στήλη πάχους d. Σωματίδιο μάζας m και θετικού φορτίου q κινείται οριζόντια με ταχύτητα $\vec{\upsilon_0}$ και εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο κάθετα στο όριο $x'x$ του πεδίου. Στο χώρο υπάρχει και οριζόντιο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο έντασης μέτρου E οι δυναμικές γραμμές του οποίου είναι παράλληλες στο όριο $x'x$ του μαγνητικού πεδίου. Τα μέτρα των εντάσεων στα δύο πεδία συνδέονται με τη σχέση, $\frac{E}{B} = \frac{\upsilon_0}{\pi^2}$. Εξερχόμενο του χώρου των πεδίων η ολική ταχύτητα του σωματιδίου σχηματίζει γωνία 90^0 με την αρχική ταχύτητα $\vec{\upsilon_0}$, παράλληλα στον $x'x$.



Ι. Η εκτροπή y από την αρχική διεύθυνση κίνησης του σωματιδίου όταν αυτό εξέρχεται κάθετα στην αρχική διεύθυνση εισόδου είναι:

α. $\frac{9}{8}d$

β. $\frac{5}{4}d$

γ. $\frac{3}{2}d$

Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 1

Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 3

ΙΙ. Η ταχύτητα εξόδου του σωματιδίου από το χώρο των δύο πεδίων είναι:

α. $\upsilon_0\left(1 + \frac{1}{2\pi}\right)$

β. $\upsilon_0\left(1 + \frac{1}{\pi}\right)$

γ. $\upsilon_0\left(1+\frac{2}{\pi}\right)$

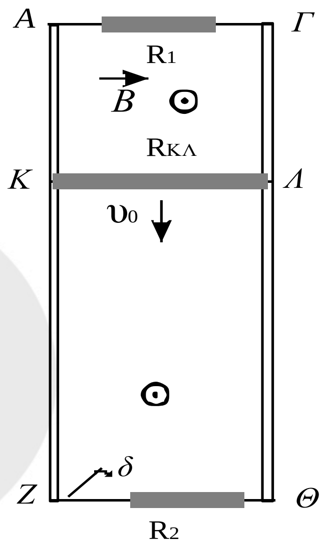
Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 1

Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 3

ΘΕΜΑ Γ



Τα κατακόρυφα μακριά σύρματα $ΑΖ$ και $ΓΘ$ του διπλανού σχήματος έχουν αμελητέα ωμική αντίσταση, απέχουν μεταξύ τους απόσταση $l = 1\,\mathrm{m}$ και τα άκρα τους $Α$ και $Γ$ είναι συνδεδεμένα με αντιστάτη που έχει αντίσταση $R_1 = 3\,Ω$, ενώ τα άκρα $Ζ$ και $Θ$ είναι συνδεδεμένα μέσω διακόπτη (δ) με αντιστάτη που έχει αντίσταση R_2. Ένας ευθύγραμμος αγωγός $ΚΛ$, μήκους $l = 1\,m$, μάζας $m = 1\,kg$ και ωμικής αντίστασης $R_{ΚΛ} = 1\,Ω$, είναι οριζόντιος και μπορεί να κινείται με τα άκρα του συνεχώς σε επαφή με τα κατακόρυφα σύρματα. Ολόκληρο το σύστημα των αγωγών βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$ που έχει μέτρο $2\,T$ που οι μαγνητικές του γραμμές είναι κάθετες στον αγωγό ΚΛ. Αρχικά ο διακόπτης (δ) είναι ανοικτός (στο σχήμα απεικονίζεται και μια χρονική στιγμή αργότερα κατά την εξέλιξη της άσκησης που θα κλείσει). Τη χρονική στιγμή $t = 0$ εκτοξεύουμε προς τα κάτω τον αγωγό $ΚΛ$ με αρχική ταχύτητα $\upsilon_0 = 40\,m/s$ και αυτός αρχίζει να κινείται χωρίς να δέχεται τριβές.

Γ1. Να προσδιορίσετε τη φορά του επαγωγικού ρεύματος, να υπολογίσετε την επαγωγική τάση και το μέτρο της διαφοράς δυναμικού $V_Κ - V_Λ$ την $t = 0$.

Μονάδες 5

Γ2. Να υπολογίσετε την οριακή ταχύτητα που αποκτά ο αγωγός.

Μονάδες 5

Γ3. Να υπολογίσετε το ρυθμό μεταβολής της ορμής της ράβδου και το ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα τη χρονική στιγμή που η ταχύτητα της ράβδου έχει μέτρο $\upsilon = \frac{8}{5}\,\upsilon_{ορ}$.

Μονάδες 5

Τη χρονική στιγμή t_1, που η ράβδος έχει αποκτήσει την οριακή της ταχύτητα $\overrightarrow{\upsilon_{ορ}}$, κλείνουμε το διακόπτη (δ) και παρατηρούμε μετά απο λίγο ότι η *νέα οριακή* ταχύτητα της ράβδου έχει μεταβληθεί κατά 25% σε σχέση με την αρχική.

Γ4. Να υπολογίσετε την αντίσταση R_2.

Μονάδες 5

Γ5. Να υπολογίσετε τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο αντιστάτες R_1 και R_2 αφού έχει αποκτηθεί η νέα οριακή ταχύτητα.

Μονάδες 5

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10\,m/s^2$. Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα. Να θεωρήσετε γνωστό ότι ο αγωγός $ΚΛ$ δε φτάνει στη θέση που βρίσκεται ο αντιστάτης αντίστασης R_2.

ΘΕΜΑ Δ

Κατά μήκος μίας ομογενούς ελαστικής χορδής απείρου μήκους η οποία ταυτίζεται με τον άξονα $x'x$ διαδίδονται αντίθετα δύο γραμμικά αρμονικά κύματα, ιδίου πλάτους $A = 0{,}4\,m$. Οι διαδιδόμενες διαταραχές αναγκάζουν τα μόρια του ελαστικού μέσου να διέρχονται από τη θέση ισορροπίας της ταλάντωσής τους με συχνότητα $0{,}5\,Hz$. Δύο σημεία του ελαστικού μέσου που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\Delta x = 1m$ παρουσιάζουν χρονική διαφορά $\Delta t = 5s$ στην έναρξη των ταλαντώσεών τους. Τα κύματα δημιουργούν πάνω στη χορδή στάσιμο κύμα. Η συμβολή των κυμάτων ξεκινά την $t = 0$, κατά την οποία τα δύο κύματα φτάνουν ταυτόχρονα στην αρχή $x = 0$ του άξονα.

Δ1. Να γραφεί η εξίσωση του στάσιμου κύματος καθώς και των κυμάτων που το δημιουργούν , αν είναι γνωστό ότι οι πηγές άρχισαν την ταλάντωσή τους με φορά προς τα επάνω.

Μονάδες 4

Δ2. Να σχεδιαστεί το στιγμιότυπο της κυματομορφής πάνω στον άξονα τη χρονική στιγμή $t = 3s$ για τετμημένες $-1{,}4 \leq x \leq 1{,}4\,m$.

Μονάδες 5

Δ3. Να βρεθεί η ολική ενέργεια ταλάντωσης ενός υλικού σημείου, μάζας $m = 4 \cdot 10^{-3}\,kg$ *που βρίσκεται στη* θέση $x = 70\,cm$, τις χρονικές στιγμές $t_1 = 3s$ και $t_2 = 6s$.

Μονάδες 4

Δ4. Να βρεθεί η διαφορά φάσης δύο σημείων $A\ (x_A = 110\,cm)$ και $B\ (x_B = 80\,cm)$, τις χρονικές στιγμές

$t_1 = 3s$ και $t_2 = 6s$.

Μονάδες 3

Δ5. Όταν το κύμα έχει πλέον διαδοθεί σε όλα τα σημεία της ελαστικής χορδής να βρεθεί η απόσταση ενός δεσμού από τη μεθεπόμενή του κοιλία όταν:

α. τα σημεία της χορδής έχουν μέγιστη κινητική ενέργεια

Μονάδες 2

β. τα σημεία της χορδής έχουν μέγιστη δυναμική ενέργεια ταλάντωσης

Μονάδες 2

Δ6. Πόσο απέχει οριζόντια, από τον πλησιέστερο δεσμό, το τρίτο κατά σειρά σημείο του θετικού ημιάξονα που έχει πλάτος ταλάντωσης ίσο με το πλάτος των δυο κυμάτων που συμβάλλουν;

Μονάδες 5

Ενδεικτικές Απαντήσεις

ΘΕΜΑ Α

Α1. i. γ. ii. α. Α2. γ. Α3. β. Α4. γ.

Α5.

α. Λάθος β. Σωστό γ. Λάθος δ. Λάθος ε. Λάθος

ΘΕΜΑ Β

Β1.

Σωστή απάντηση: β.

Από τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρομαγνητικού κύματος έχουμε:

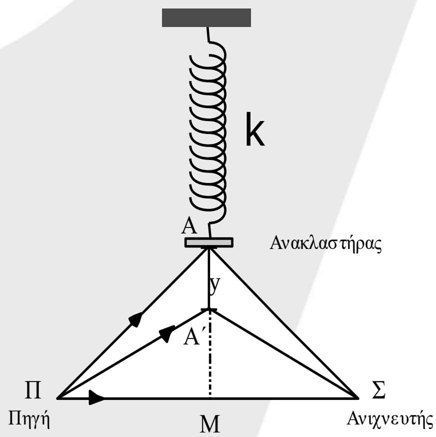
$$\frac{E_{max}}{B_{max}} = \upsilon_\delta \Rightarrow \upsilon_\delta = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = c.$$

Ο θεμελιώδης νόμος της κυματικής δίνει:

$c = \lambda f \Rightarrow \lambda = 2m$

Από τις σταθερές της Α.Α.Τ. έχουμε:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10\ \frac{r}{s}$$



Η εφαρμογή του πυθαγορείου θεωρήματος στο τρίγωνο $ΠΑΜ$ δίνει για την αρχική απόσταση του ανακλαστήρα από το μέσο $Μ$ του ευθυγράμμου τμήματος $ΠΣ$:

$$ΜΑ = \sqrt{3^2 - 1} \Rightarrow ΜΑ = 2\sqrt{2} \Rightarrow ΜΑ = 2{,}8m.$$

Η συνθήκη της ενισχυτικής συμβολής με τον ανακλαστήρα στη Θ.Ι.Τ. δίνει:

$$2ΠΑ - ΠΣ = N\lambda \Rightarrow 6 - 2 = N\lambda \Rightarrow 4 = N\lambda \Rightarrow N = 2$$

Κινούμενος προς τα κάτω ο ανακλαστήρας μειώνει την απόστασή του από την πηγή και μεταβαίνει σε κροσσό μικρότερης αρίθμησης $N' = 1$.

Η συνθήκη της ενισχυτικής συμβολής με τον ανακλαστήρα στη νέα θέση δίνει:

$$2ΠΑ' - ΠΣ = N'\lambda \Rightarrow 2\sqrt{1+(MA-y)^2} - 2 = 2 \Rightarrow \sqrt{1+(MA-y)^2} = 2 \Rightarrow$$
$$1+(MA-y)^2 = 4 \Rightarrow (MA-y)^2 = 3 \Rightarrow MA - y = \sqrt{3} \Rightarrow MA - 1{,}7 = y \Rightarrow y = 1{,}1\, m$$

Αυτή είναι η απομάκρυνση της Α.Α.Τ. και αντικαθιστώντας την στην συνάρτηση $y = f(t)$ έχουμε:

$$1{,}1 = 2{,}2\,\eta\mu 10t \Rightarrow \frac{\pi}{6} = 10t \Rightarrow t = \frac{\pi}{60}\, s$$

Β2.

Ι. Σωστή απάντηση: α.

Η δύναμη που είναι κάθε χρονική στιγμή αντίθετη της ταχύτητας του αγωγού στο φαινόμενο είναι η δύναμη Laplace. Συνεπώς αυτή παίζει το ρόλο της δύναμης απόσβεσης της ταλάντωσης.

$$\vec{F}_L = \vec{F}_{\alpha\pi} \Rightarrow -\frac{B^2 l^2}{R}\vec{v} = -b\vec{v} \Rightarrow \frac{B^2 l^2}{R} = b \Rightarrow 0{,}25\,\frac{kg}{s} = b$$

ΙΙ. Σωστή απάντηση: α.

Πρόκειται για την ισχύ της δύναμης απόσβεσης τη δεδομένη στιγμή που είναι κάθε στιγμή αρνητική καθώς αφαιρεί ενέργεια από το σύστημα.

$P_{F\alpha\pi} = -|\vec{F}_{\alpha\pi}||\vec{v}| = -bv^2 = -0{,}04\, J/s$

ΙΙΙ. Σωστή απάντηση: γ.

Σε κάθε φθίνουσα ταλάντωση με δύναμη απόσβεσης της μορφής $\vec{F}_{\alpha\pi} = -b\vec{v}$ ισχύει:

$$\frac{A_0}{A_1} = \cdots = \frac{A_4}{A_5} \Rightarrow A_1 = A_0\frac{A_5}{A_4} = A_0\frac{\frac{A_0}{50}}{\frac{3A_0}{25}} = \frac{A_0}{6}$$

Στη θέση ισορροπίας της ράβδου ήταν:

$\Sigma\vec{F} = 0 \Rightarrow mg = k\Delta l_0 \Rightarrow \Delta l_0 = 0{,}1\, m$

Εφόσον το σώμα εκτραπεί ως τη Θ.Φ.Μ. και αφέθηκε από εκεί, το Δl_0 αποτελεί και το αρχικό πλάτος A_0 της ταλάντωσης.

$$A_1 = \frac{A_0}{6} = \frac{1}{60}\, m$$

Β3.

Ι. Σωστή απάντηση: α.

Η τροχιά του σωματιδίου είναι αποτέλεσμα δυο επιμέρους κινήσεων και η εύρεση της συνολικής εκτροπής θα βρεθεί με την εφαρμογή της αρχής της επαλληλίας:

- ενός τεταρτοκυκλίου που εκτελείται λόγω της επίδρασης της δύναμης Lorentz του ομογενούς μαγνητικού πεδίου (Ο.Μ.Π.) στο σωματίδιο και του προσδίδει μια εκτροπή:

$$y_{(B)} = R = \frac{mv_0}{Bq} = d$$

- μίας ευθύγραμμης μετατόπισης $y_{(E)}$ που προκαλείται από επιταχυνόμενη κίνηση στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο (Ο.Η.Π.). Η κίνηση αυτή διαρκεί χρόνο $\Delta t = \frac{T}{4}$, όπου T η περίοδος της κυκλικής κίνησης στο Ο.Μ.Π. δηλαδή:

$$\Delta t = \frac{1}{4}\left(\frac{2\pi m}{Bq}\right) \Rightarrow \Delta t = \frac{\pi m}{2Bq}$$

Η επιτάχυνση αυτής της κίνησης είναι:

$$\alpha = \frac{F_{\eta\lambda}}{m} = \frac{Eq}{m} = \frac{B\frac{\upsilon_0}{\pi^2}\cdot q}{m} = \frac{B\,\upsilon_0 q}{\pi^2 m}$$

Η εκτροπή του Ο.Η.Π. είναι:

$$y_{(E)} = \frac{1}{2}\,\alpha\,(\Delta t)^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{B\,\upsilon_0 q}{\pi^2 m}\cdot\left(\frac{\pi m}{2Bq}\right)^2 = \frac{1}{8}\cdot\frac{m\upsilon_0}{Bq} = \frac{1}{8}\,d$$

Τελικά:

$$y = y_{(B)} + y_{(E)} = \frac{9}{8}\,d$$

ΙΙ. Σωστή απάντηση: α.

Όμοια σκεπτόμενοι – με την αρχή της επαλληλίας - η συνολική ταχύτητα του σωματιδίου τη στιγμή της εξόδου είναι το άθροισμα των ταχυτήτων $\vec{\upsilon_0}$ με την οποία το σωματίδιο εισήλθε στο Ο.Μ.Π. και η οποία διατηρεί το μέτρο της και της ταχύτητας $\vec{\upsilon_E}$ που αποκτά το σωματίδιο εξαιτίας της επιταχυνόμενης κίνησης στο Ο.Η.Π. Οι ταχύτητες, λόγω της γεωμετρίας της άσκησης είναι ομόρροπες στο σημείο εξόδου.

Για το μέτρο της $\vec{\upsilon_E}$ έχουμε:

$$\upsilon_E = \alpha\cdot\Delta t = \frac{B\,\upsilon_0 q}{\pi^2 m}\cdot\frac{\pi m}{2Bq} = \frac{\upsilon_0}{2\pi}$$

Τελικά:

$$\upsilon = \upsilon_0 + \frac{\upsilon_0}{2\pi} = \upsilon_0\left(1+\frac{1}{2\pi}\right)$$

ΘΕΜΑ Γ

Γ1.

Η κίνηση του αγωγού προς τα κάτω οδηγεί στην μεταβολή της μαγνητικής ροής. Λόγω του κανόνα του Lenz το κύκλωμα θα αρχίσει να διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα από το Λ προς το K ώστε να δέχεται F_L με φορά προς τα πάνω.

Έχουμε:

$$E_{\varepsilon\pi} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{BdA}{dt} = \frac{Bldx}{dt} = B\upsilon l.$$

Την:

$$t = 0, \qquad E_{\varepsilon\pi} = B\upsilon l = 80\,V, \qquad I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{o\lambda}} = 20\,A$$

και:

$$|V_{K\Lambda}| = |V_{A\Gamma}| = IR_1 = 60\,V$$

Γ2.

Ο αγωγός εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση με επιτάχυνση που μειώνεται μέχρι την στιγμή όπου $\Sigma F = 0$, όποτε και αποκτά την οριακή ταχύτητα του.

Άρα:

$$mg = F_L \Rightarrow mg = Bi_{\varepsilon\pi}l \Rightarrow mg = \frac{B^2\upsilon_{o\rho}l^2}{R_1 + R_{K\Lambda}} \Rightarrow \upsilon_{o\rho} = 10m/s$$

Γ3.

Τη χρονική στιγμή που η ταχύτητα της ράβδου έχει μέτρο:

$$\upsilon = \frac{8}{5}\upsilon_{o\rho}$$

έχουμε:

$$\upsilon = 16\frac{m}{s},\ \ i_{\varepsilon\pi} = \frac{B\upsilon l}{R_1 + R_{K\Lambda}} = 8A\,,\quad F_L = Bi_{\varepsilon\pi}l = 16\ N$$

Θεωρώντας θετική τη φορά της κίνησης (οδεύουμε προς την οριακή ταχύτητα και η συνισταμένη δύναμη οδεύει σε μηδενισμό), είναι:

$$\frac{\overrightarrow{\Delta P}}{\Delta t} = \overrightarrow{\Sigma F} \Rightarrow -F_L + mg = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow -6N = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

Για το ρυθμό μεταβολής της έντασης του ρεύματος έχουμε:

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{\frac{\Delta E_{\varepsilon\pi}}{\Delta t}}{R_1 + R_{K\Lambda}} = \frac{Bl}{R_1 + R_{K\Lambda}}\cdot\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t} = \frac{Bl}{R_1 + R_{K\Lambda}}\cdot a = \frac{Bl}{R_1 + R_{K\Lambda}}\cdot\frac{\Sigma F}{m} = -3\ A/s$$

Γ4.

Για την οριακή ταχύτητα ισχύει η συνθήκη:

$$mg = F_L \Rightarrow mg = Bi_{\varepsilon\pi}l \Rightarrow$$

$$mg = \frac{B^2\upsilon_{o\rho}l^2}{R_{o\lambda}} \Rightarrow \upsilon_{o\rho} = \frac{R_{o\lambda}\,mg}{B^2\,l^2}$$

Με το κλείσιμο του διακόπτη και την εισαγωγή της R_2 στο κύκλωμα (παράλληλη σύνδεση) η συνολική αντίσταση του κυκλώματος μειώνεται και η νέα οριακή ταχύτητα είναι κατά 25% μειωμένη σε σχέση με την παλαιά.

$$\upsilon'_{o\rho} = \frac{3}{4}\upsilon_{o\rho} = 7{,}5\frac{m}{s},\qquad E'_{\varepsilon\pi} = 15V$$

Η συνθήκη της οριακής ταχύτητας δίνει εκ νέου:

$$mg = F_L \Rightarrow mg = Bi_{\varepsilon\pi}l \Rightarrow i_{\varepsilon\pi} = 5A$$

και:

$$E'_{\varepsilon\pi} = i_{\varepsilon\pi}\left(\frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} + R_{K\Lambda}\right) \Rightarrow 15 = 5\left(\frac{3R_2}{3 + R_2} + 1\right) \Rightarrow 2(3 + R_2) = 3R_2 \Rightarrow R_2 = 6\Omega$$

Γ5.

Ισχύει:

$$V_{\pi o\lambda} = I_1R_1 = I_2R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 2\ (1)$$

ενώ:

$$I_{\varepsilon\pi} = I_1 + I_2 \Rightarrow 5 = I_1 + I_2\ \ (2)$$

Επιλύοντας από τις σχέσεις (1), (2) παίρνουμε:

$$I_1 = \frac{10}{3}A \text{ και } I_2 = \frac{5}{3}A$$

ΘΕΜΑ Δ

Δ1.

Αν συχνότητα διέλευσης από τη Θ.Ι.Τ. είναι $0{,}5\,Hz$ (διπλάσια από τη συχνότητα ταλάντωσης) τότε η συχνότητα των κυμάτων είναι $f = 0{,}25\ Hz$ ($T = 4s, \omega = 0{,}5\pi\ \frac{r}{s}$).

Επίσης η χρονική υστέρηση στην έναρξη των ταλαντώσεων δίνει την ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων,

$$\upsilon_\delta = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{5} = 0{,}2\, m/s$$

Το μήκος κύματος των διαδιδόμενων κυμάτων είναι: $\lambda = \upsilon_\delta \cdot T = 0{,}8\, m$

Οι εξισώσεις των κυμάτων είναι:

$$y_1 = 0{,}4\, \eta\mu 2\pi\ (0{,}25t - 1{,}25x)\ (S.I.)$$, για το κύμα διαδιδόμενο δεξιά

και:

$$y_2 = 0{,}4\, \eta\mu 2\pi\ (0{,}25t + 1{,}25x)\ \ (S.I.)$$ για το κύμα διαδιδόμενο αριστερά

Το στάσιμο κύμα που προκύπτει θα έχει εξίσωση:

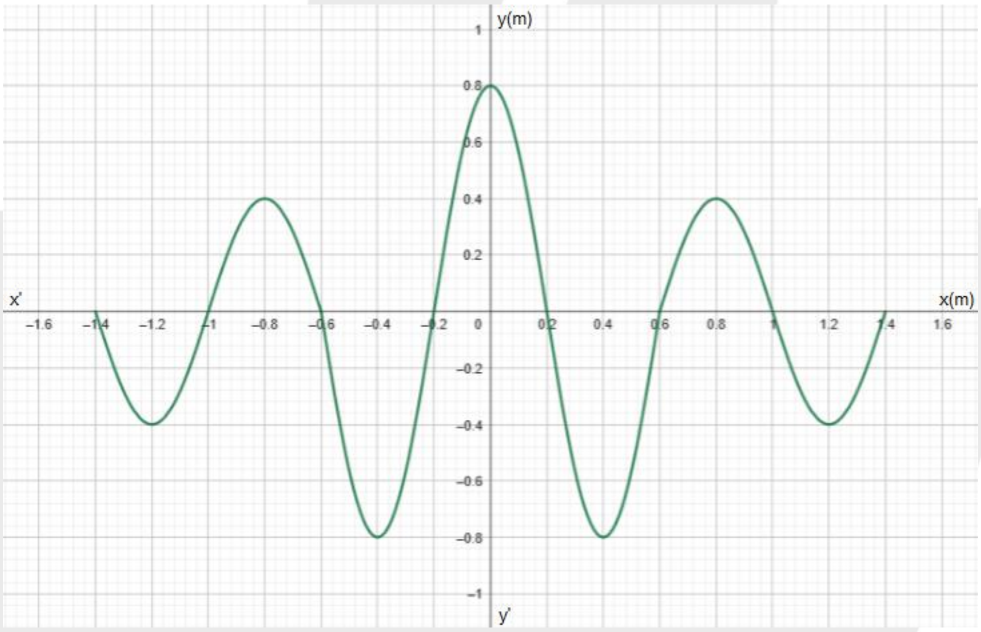
$$y = 0{,}8\, \sigma\upsilon\nu(2{,}5\pi x) \cdot \eta\mu(0{,}5\pi t) \text{ στο } (SI)$$

Δ2.

Την $t = 3s$, εκατέρωθεν του σημείου $x = 0$, καθένα από τα δύο κύματα έχει «προχωρήσει» απόσταση:

$$|\Delta x| = \upsilon_\delta \cdot t = 0{,}6\, m.$$

Μόνο σε αυτή την έκταση, δηλαδή: $-0{,}6 \le x \le 0{,}6\, m$ έχει δημιουργηθεί στάσιμο κύμα και την χρονική στιγμή $t = 3s$ ενώ στην υπόλοιπη έκταση του άξονα έχουμε ακόμη κυματομορφές που αντιστοιχούν στα τρέχοντα κύματα.



Δ3.

Τη χρονική στιγμή $t_1 = 3s$ στο σημείο δεν έχει πραγματοποιηθεί συμβολή και η ενέργεια ταλάντωσης αντιστοιχεί στο πλάτος του τρέχοντος κύματος.

$$E_T = \frac{1}{2}\, m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2} 4 \cdot 10^{-3}\, \frac{\pi^2}{4}\, 16 \cdot 10^{-2} = 8 \cdot 10^{-4}\, J.$$

Τη χρονική στιγμή $t_2 = 6s$ στο σημείο έχει πραγματοποιηθεί συμβολή και η ενέργεια ταλάντωσης αντιστοιχεί στο πλάτος ταλάντωσης που έχει διαμορφώσει το σημείο μετά τη δημιουργία του στασίμου.

$$A' = |2A\ \sigma\upsilon\nu(2{,}5\pi x)| = 0{,}8\, |\sigma\upsilon\nu(2{,}5\pi\ 0{,}7)| = 0{,}8\, \left|\sigma\upsilon\nu\left(\frac{7\pi}{4}\right)\right| = 0{,}4\sqrt{2}\, m.$$

$$E'_T = \frac{1}{2}\, m\omega^2 A'^2 = \frac{1}{2} 4 \cdot 10^{-3}\, \frac{\pi^2}{4}\, 32 \cdot 10^{-2} = 16 \cdot 10^{-4}\, J.$$

Δ4.

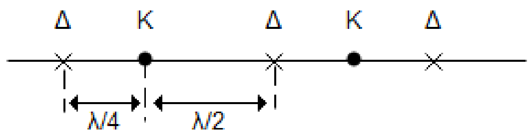
Τη χρονική στιγμή $t_1 = 3s$ στα παραπάνω σημεία δεν έχει πραγματοποιηθεί συμβολή και αυτά έχουν διαφορά φάσης στις ταλαντώσεις τους για την οποία ισχύει:

$$\frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \frac{\Delta x}{\lambda} \Rightarrow \Delta\varphi = 2\pi\frac{\Delta x}{\lambda} \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{3\pi}{4}\ rad.$$

Μετά τη συμβολή τα σημεία θα βρεθούν εκατέρωθεν του δεσμού που θα δημιουργηθεί στη θέση $x = 1m$ και οι ταλαντώσεις τους θα έχουν $\Delta\varphi = \pi\ rad$.

Δ5.

α. Όταν τα μόρια του ελαστικού μέσου βρίσκονται όλα με μέγιστη κινητική ενέργεια είναι ευθυγραμμισμένα πάνω στο x'x. Η απόσταση ενός δεσμού από τη μεθεπόμενή του κοιλία είναι:



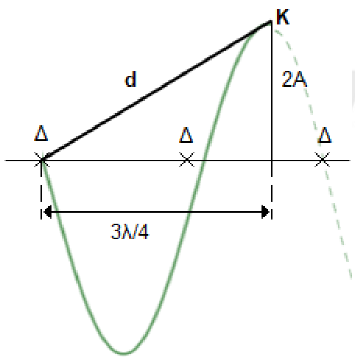
$$\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{2} = \frac{3\lambda}{4} = 0{,}6\ m$$

β. Όταν τα σημεία της χορδής έχουν τη μέγιστη δυναμική ενέργεια της ταλάντωσής τους η κοιλία θα βρίσκεται σε πλάτος: $2 \cdot A = 0{,}8\ m$ και το πυθαγόρειο θεώρημα δίνει:

$$d^2 = \left(\frac{3\lambda}{4}\right)^2 + (2A)^2 \Rightarrow d = 1m$$

Δ6.

Ισχύει:



$$A = |2A\sigma\upsilon\nu(2{,}5\pi x)| \Rightarrow \pm\frac{1}{2} = \sigma\upsilon\nu(2{,}5\pi x)$$

Το τρίτο κατά σειρά σημείο με πλάτος ταλάντωσης A αντιστοιχίζεται στην τρίτη κατά αύξουσα σειρά γωνία με:

$$\pm\frac{1}{2} = \sigma\upsilon\nu(2{,}5\pi x) \Rightarrow \pi + \frac{\pi}{3} = 2{,}5\pi x \Rightarrow \frac{4\pi}{3} = 2{,}5\pi x \Rightarrow$$

$$x = \frac{8}{15}\ m \cong 0{,}534\ m$$

Επάνω στη χορδή, κατά τον θετικό ημιάξονα, δεσμοί έχουν δημιουργηθεί στα σημεία:

$x = 0{,}2$, $\quad x = 0{,}6$, $\quad x = 0{,}8$ ....

Ο κοντινότερος βρίσκεται στη θέση $x = 0{,}6m$ και απέχει απο το τρίτο σημείο με πλάτος A κατά το θετικό ημιάξονα, απόσταση:

$$d = 0{,}6 - \frac{8}{15} = \frac{9}{15} - \frac{8}{15} = \frac{1}{15}\ m.$$

Ευχόμαστε καλή δύναμη & επιτυχία!