Νέο Φροντιστήριο

Τράπεζα Θεμάτων Γ Λυκείου

Φυσική Προσανατολισμού

Κεφάλαιο: 4 Μαγνητικό Πεδίο

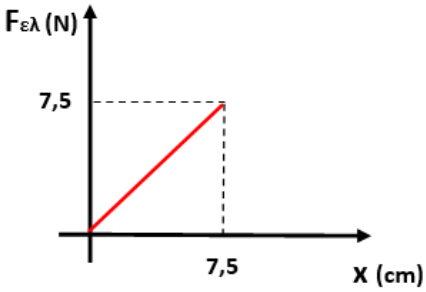
Θέμα 2

ΘΕΜΑ 2

2.1. Σε εργαστήριο Φ.Ε. διαθέτουμε δύο ελατήρια σταθεράς k_1 και k_2 και ένα σώμα μάζας m. Επίσης διαθέτουμε σειρά βαριδίων με μάζες των $20\,g$, $50\,g$, $80\,g$ και $0{,}1\,Kg$. Κρεμάμε το ελατήριο 1 σε βαθμολογημένο στάτορα έτσι ώστε ο αβαρής δίσκος που τοποθετείται στο κάτω άκρο του ελατηρίου να είναι στο σημείο μηδέν της κλίμακας. Κάποιος μαθητής τοποθετεί ποικιλία βαριδίων στο δίσκο του ελατηρίου 1 και συμπληρώνει τον παρακάτω πίνακα τιμών:

Μάζα (g)	Απόσταση Δl (cm) Φ.Μ. – Θ.Ι.
50	1
130	2,6
180	3,6
250	5

Άλλος μαθητής δουλεύοντας με το ελατήριο 2, παραδίδει το παρακάτω διάγραμμα:



Τοποθετούμε διαδοχικά στο δίσκο των δύο ελατηρίων το σώμα μάζας m και θέτουμε σε ταλάντωση ίδιου πλάτους Α τους δύο ταλαντωτές. Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10\ \frac{m}{s^2}$.

Για τις δύο ταλαντώσεις ισχύει:

(α) Η μέγιστη επιτάχυνση της ταλάντωσης 1 είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη επιτάχυνση της ταλάντωσης 2 και ο λόγος τους είναι: $\frac{\alpha_{max_1}}{\alpha_{max_2}} = \sqrt{2}$.

(β) Η μέγιστη επιτάχυνση της ταλάντωσης 1 είναι ίση με την μέγιστη επιτάχυνση της ταλάντωσης 2.

(γ) Η μέγιστη επιτάχυνση της ταλάντωσης 2 είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη επιτάχυνση της ταλάντωσης 1 και ο λόγος τους είναι: $\frac{\alpha_{max_1}}{\alpha_{max_2}} = \frac{1}{2}$.

2.1.Α.Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Μονάδες 4

2.1.Β.Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Φορτισμένο σωμάτιο φορτίου $q = +12\ mC$ και μάζας $m = 100\ g$ εκτοξεύεται με ταχύτητα $\upsilon_0 = 50\ \frac{m}{s}$ σε χώρο ανάμεσα στους οπλισμούς οριζόντιου πυκνωτή με φορά προς τα δεξιά. Η ένταση του Ομογενούς Ηλεκτρικού Πεδίου (Ο.Η.Π.) δίνεται $E = 100\ \frac{N}{C}$ με φορά των δυναμικών ηλεκτρικών γραμμών προς τα κάτω. Συγχρόνως, στον ίδιο χώρο επικρατεί Ομογενούς Μαγνητικού Πεδίου (Ο.Μ.Π.), έντασης $B = 2\ T$ με

φορά μαγνητικών γραμμών κάθετα στην σελίδα και προς τα μέσα. Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 10\ \frac{m}{s^2}$. Η κίνηση του σωματίου που παρατηρεί ένας εξωτερικός παρατηρητής θα είναι:

(α) ευθύγραμμη ομαλή

(β) παραβολική με φορά προς τα κάτω

(γ) ομαλή κυκλική

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

2.1.Α.Σωστή απάντηση η (γ)

Μονάδες 4

2.1.Β.

Από το πείραμα που εκτέλεσε ο πρώτος μαθητής και τον πίνακα τιμών που μας παρείχε προκύπτει γραμμική μεταβολή της δύναμης του βάρους των βαριδίων που χρησιμοποίησε, ανάλογη με την απόσταση. Επειδή στη θέση ισορροπίας οι δυνάμεις των βαρών των βαριδίων και οι δυνάμεις επαναφοράς του ελατηρίου είναι αντίθετες σε κάθε μέτρηση, ο συντελεστής κλίσης της ευθείας είναι:

$$k_1 = \frac{W_1}{x_1} = \frac{50 \cdot 10^{-3}\text{Kg} \cdot 10\text{m/s}^2}{1 \cdot 10^{-2}\text{m}} = 50\frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Από το διάγραμμα που μας παρείχε ο δεύτερος μαθητής, μπορούμε να υπολογίσουμε την σταθερά k_2:

$$k_2 = \frac{F_{\varepsilon\lambda}}{x} = \frac{7{,}5\ \text{N}}{7{,}5 \cdot 10^{-2}\text{m}} = 100\frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Θέτοντας σε ταλάντωση τους δύο ταλαντωτές με την ίδια μάζα m και το ίδιο πλάτος A, οι μέγιστες επιταχύνσεις που προκύπτουν έχουν λόγο:

$$\frac{\alpha_{max_1}}{\alpha_{max_2}} = \frac{\omega_1^2 A}{\omega_2^2 A} = \frac{\frac{k_1}{m}}{\frac{k_2}{m}} = \frac{k_1}{k_2} = \frac{50\frac{\text{N}}{\text{m}}}{100\frac{\text{N}}{\text{m}}} = \frac{1}{2}$$

Άρα η μέγιστη επιτάχυνση του δεύτερου ταλαντωτή είναι μεγαλύτερη και ο λόγος τους είναι $\frac{\alpha_{max_1}}{\alpha_{max_2}} = \frac{1}{2}$.

Μονάδες 8

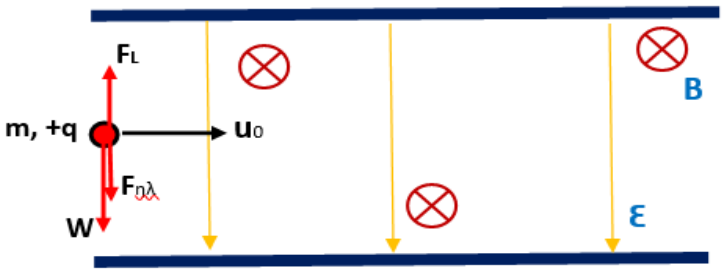
2.2.

2.2.Α. Σωστή απάντηση η (β)

Μονάδες 4

2.2.Β.

Οι δυνάμεις που ασκούνται στο σωματίδιο, όπως φαίνονται στο σχήμα, είναι:



Για τις δυνάμεις ισχύει :

$$F_{Lorentz} = Buq = 2T \cdot 50\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 12 \cdot 10^{-3}\text{C} \Leftrightarrow F_{Lorentz} = 1{,}2\ \text{N}$$

$$F_{\eta\lambda} = \varepsilon q = 100\frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot 12 \cdot 10^{-3}\text{C} \Leftrightarrow F_{\eta\lambda} = 1{,}2\ \text{N}$$

$$W = mg = 0{,}1\text{kg} \cdot 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \Leftrightarrow W = 1\ \text{N}$$

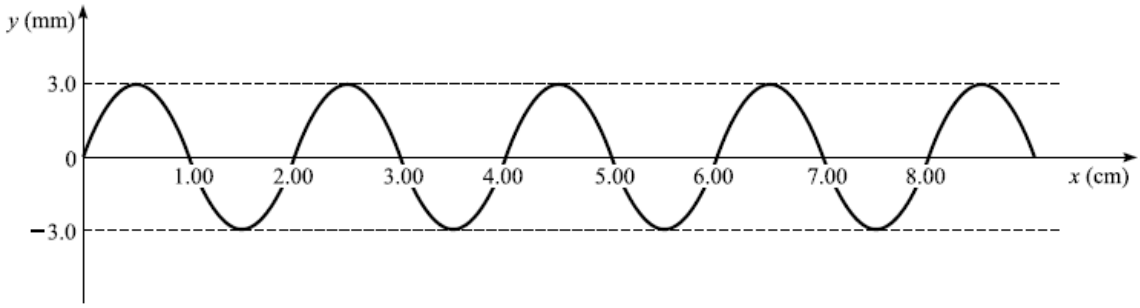
Επειδή η δύναμη Lorentz είναι αντίθετη της ηλεκτρικής δύναμης και άρα έχουν συνισταμένη μηδέν, η μόνη δύναμη που επιδρά στην κίνηση του σωματίου είναι το βάρος $W = 1N$ το οποίο δεν είναι αμελητέο. Άρα η κίνηση είναι οριζόντια βολή, δηλαδή παραβολική προς τα κάτω.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Μία πηγή αρμονικών κυμάτων βρίσκεται στην θέση $x_0 = 0$ και την χρονική στιγμή $t_0 = 0$ τίθεται σε ταλάντωση κάθετη στον οριζόντιο άξονα, κινούμενη αρχικά προς την θετική κατεύθυνση του άξονα y. Την χρονική στιγμή $t_1 = 4{,}5s$ το στιγμιότυπο του εγκάρσιου αρμονικού κύματος που προκαλεί η πηγή φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Η εξίσωση του αρμονικού κύματος που δημιουργεί η πηγή είναι

(α) $y = 0{,}003\eta\mu 2\pi(t - 50x)$ (S.I.)

(β) $y = 0{,}003\eta\mu 2\pi(2t - 50x)$ (S.I.)

(γ) $y = 0{,}003\eta\mu 2\pi(t - 100x)$ (S.I.)

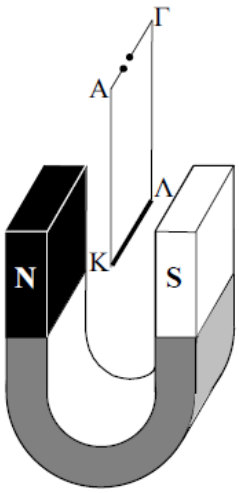
2.1.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Στο εργαστήριο φυσικών επιστημών έχουμε δημιουργήσει την παρακάτω διάταξη με στόχο να υπολογίσουμε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται μεταξύ των πόλων ενός πεταλοειδή μαγνήτη. Το πεδίο αυτό θεωρείται ομογενές. Ευθύγραμμος μεταλλικός αγωγός ΚΛ με μήκος $L = 5cm$, μάζα $m = 1g$ και αντίσταση $R = 3\Omega$ κρέμεται από δύο αγώγιμα σύρματα ΑΚ και ΛΓ αμελητέας μάζας. Οι δυνάμεις που ασκούν τα σύρματα ΑΚ και ΛΓ στον μεταλλικό αγωγό θεωρούνται αμελητέες. Τα σημεία Α και Γ συνδέονται με γεννήτρια του εργαστηρίου, στην οθόνη της οποίας μπορούμε να δούμε την τάση εξόδου.



Ο αγωγός ΚΛ τοποθετείται εξ ολοκλήρου στο εσωτερικό του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τον πεταλοειδή μαγνήτη. Ρυθμίζουμε την τάση (τιμή και πολικότητα) ώστε ο αγωγός να ισορροπήσει σε οριζόντια θέση, κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου και παρατηρούμε ότι η ένδειξη στην οθόνη της γεννήτριας είναι $V = 20V$. Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει μέτρο $g = 10\frac{m}{s^2}$ και το μαγνητικό πεδίο της Γης θεωρείται αμελητέο, τότε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι:

(α) $B = 0{,}02T$, **(β)** $B = 0{,}03T$, **(γ)** $B = 0{,}04T$

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

2.1.Α. Σωστή απάντηση η (α)

Μονάδες 4

2.1.Β.

Το κύμα διαδίδεται προς την θετική κατεύθυνση του οριζόντιου άξονα και η ταλάντωση που εκτελεί η πηγή έχει αρχική φάση $\varphi = 0$ γιατί αρχικά κινείται προς την θετική κατεύθυνση του κατακόρυφου άξονα. Με βάση αυτά τα δεδομένα η εξίσωση του αρμονικού κύματος θα έχει μορφή $y = A\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$.

Παρατηρώντας το στιγμιότυπο του κύματος βρίσκουμε ότι το πλάτος του είναι $A = 3mm$. Επίσης, βλέπουμε ότι η απόσταση $x_1 = 9cm$ στην οποία έχει διαδοθεί το κύμα την χρονική στιγμή t_1 αντιστοιχεί σε 4,5 μήκη κύματος, δηλαδή

$$x_1 = 4{,}5\lambda \Longrightarrow \lambda = \frac{x_1}{4{,}5} = \frac{9}{4{,}5}cm = 2\ cm$$

Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι

$$\upsilon = \frac{x_1}{t_1} = \frac{9}{4{,}5}\frac{cm}{s} = 2\frac{cm}{s}$$

Από την θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής, η περίοδος του αρμονικού κύματος είναι

$$\upsilon = \frac{\lambda}{T} \Longrightarrow T = \frac{\lambda}{\upsilon} = \frac{2}{2}s = 1s$$

Συνεπώς, το αρμονικό κύμα έχει εξίσωση

$$y = A\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \Longrightarrow y = 0{,}003\eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{1} - \frac{x}{0{,}02}\right) \Leftrightarrow y = 0{,}003\eta\mu 2\pi(t - 50x)\ \ (S.I.)$$

Μονάδες 8

2.2.

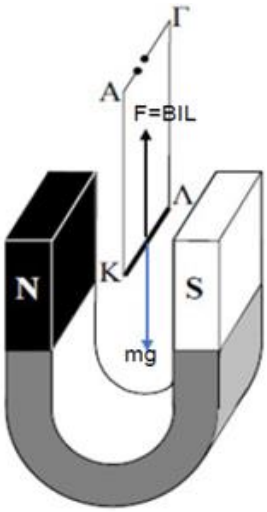
2.2.Α. Σωστή απάντηση η (β)

Μονάδες 4

2.2.Β.

Στο εσωτερικό του ομογενούς μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ο πεταλοειδής μαγνήτης, ο μεταλλικός αγωγός ΚΛ δέχεται δύο δυνάμεις. Η μία δύναμη είναι το βάρος του και έχει μέτρο mg. Η άλλη δύναμη που δέχεται είναι η δύναμη Laplace, γιατί διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης $I = \frac{V}{R}$, με φορά από το Λ προς το Κ και βρίσκεται στο εσωτερικό ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Η δύναμη αυτή έχει μέτρο $F_L = BIL$ γιατί ο αγωγός είναι κάθετος στην ένταση του μαγνητικού πεδίου.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ



Όταν ο αγωγός ΚΛ ισορροπήσει αυτές οι δύο δυνάμεις είναι αντίθετες, όπως φαίνεται στο σχήμα. Τότε ισχύει

$$F_L = mg \Leftrightarrow BIL = mg \Longrightarrow B\frac{V}{R}L = mg \Leftrightarrow B = \frac{mgR}{VL} = \frac{10^{-3}\cdot 10\cdot 3}{20\cdot 5\cdot 10^{-2}}T = 3\cdot 10^{-2}T = 0{,}03T$$

Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Σε στερεό ασκούνται αντίρροπες δυνάμεις F_1 και F_2 οι οποίες έχουν ίσα μέτρα και παράλληλους φορείς. Η συνολική ροπή αυτών των δυνάμεων που ασκούνται στο στερεό είναι:

(α) μεγαλύτερη ως προς σημείο Κ που βρίσκεται μεταξύ των φορέων τους.

(β) μεγαλύτερη ως προς σημείο Λ που βρίσκεται έξω από τους φορείς τους.

(γ) ανεξάρτητη από το σημείο υπολογισμού της.

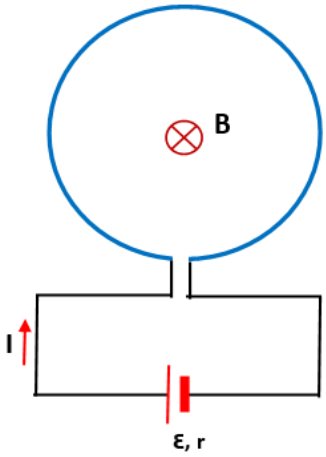
2.1.Α.Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

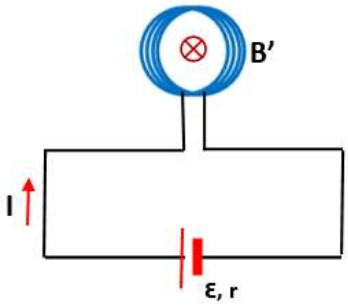
Μονάδες 4

2.1.Β.Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών του σχολείου εκτελούμε το ακόλουθο πείραμα: Έχουμε έναν κυκλικό αγωγό με περιφέρεια μήκους L. Σε κάποιο σημείο κόβουμε τον αγωγό και στα σημεία τομής εφαρμόζουμε σταθερή τάση V, με την βοήθεια γεννήτριας συνεχούς ρεύματος ηλεκτρεγερτικής δύναμης Ε και εσωτερικής αντίστασης r. Μετράμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού και την βρίσκουμε να έχει τιμή B.





Στη συνέχεια, το ίδιο σύρμα το τυλίγουμε έτσι ώστε να φτιάξουμε ένα κυκλικό πλαίσιο (όχι σωληνοειδές) με N όμοιες σπείρες και στα άκρα του συνδέουμε την ίδια πηγή (ε, r) όπως πριν και κάνουμε και πάλι μέτρηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του νέου πλαισίου. Η μετρούμενη νέα ένταση θα είναι B':

(α) $\frac{N}{B}$, **(β)** N^2B , **(γ)** $\frac{B}{N^2}$

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

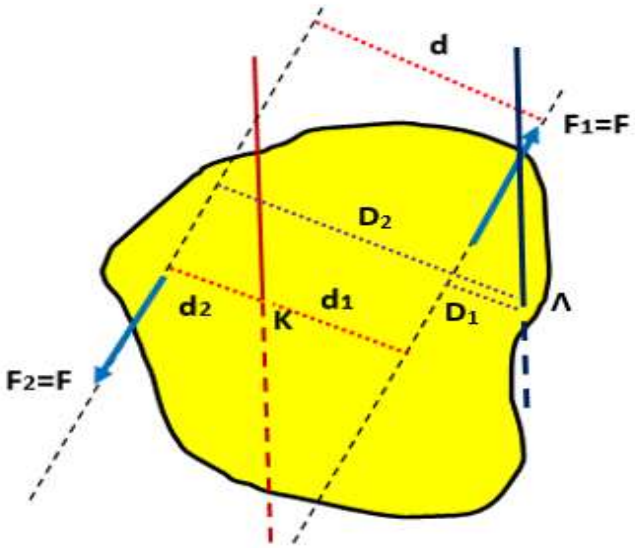
2.1.Α.Σωστή απάντηση η (γ)

Μονάδες 4

2.1.Β.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της εκφώνησης, έχουμε ζεύγος δυνάμεων σε στερεό σώμα. Η ροπή ζεύγους δυνάμεων είναι η ίδια ως προς κάθε άξονα περιστροφής ο οποίος είναι κάθετος στο επίπεδο που ορίζουν οι φορείς των δυνάμεων και ισούται με το γινόμενο του μέτρου της μίας εκ των δυνάμεων ($F_1 = F_2 = F$) επί την απόσταση των φορέων των δύο δυνάμεων, d:

$$\tau_{\zeta\varepsilon\upsilon\gamma o\upsilon\varsigma} = F \cdot d$$



Στο σχήμα φαίνεται στερεό σώμα, το οποίο μπορεί να περιστρέφεται γύρω από άξονα που διέρχεται από το τυχαίο σημείο Κ. Στο στερεό ασκούνται οι δυνάμεις $F_1 = F_2 = F$, οι φορείς των οποίων απέχουν αποστάσεις d_1 και d_2, αντίστοιχα, από τον άξονα περιστροφής που διέρχεται από το σημείο Κ. Για την συνολική ροπή των δυνάμεων στο στερεό, με θετική φορά την αντίθετη των δεικτών του ρολογιού (αριστερόστροφη), ισχύει:

$$\Sigma\vec{\tau}_K = \vec{\tau}_{F_1}^{(K)} + \vec{\tau}_{F_2}^{(K)}$$

$$\Sigma\tau_K = \tau_{F_1}^{(K)} + \tau_{F_2}^{(K)} = F_1 \cdot d_1 + F_2 \cdot d_2 = F \cdot (d_1 + d_2) \Leftrightarrow$$

$$\Sigma\tau_K = \tau_{\zeta\varepsilon\upsilon\gamma o\upsilon\varsigma} = F \cdot d$$

Για άξονα περιστροφής που διέρχεται από το σημείο Λ, με την ίδια θετική φορά περιστροφής, θα είναι:

$$\Sigma\vec{\tau}_\Lambda = \vec{\tau}_{F_1}^{(\Lambda)} + \vec{\tau}_{F_2}^{(\Lambda)}$$

$$\Sigma\tau_\Lambda = -\tau_{F_1}^{(\Lambda)} + \tau_{F_2}^{(\Lambda)} = -F_1 \cdot D_1 + F_2 \cdot D_2 = F \cdot (D_2 - D_1) \Leftrightarrow$$

$$\Sigma\tau_\Lambda = \tau_{\zeta\varepsilon\upsilon\gamma o\upsilon\varsigma} = F \cdot d$$

Άρα η συνολική ροπή ζεύγους δυνάμεων είναι η ίδια για κάθε άξονα περιστροφής.

Μονάδες 8

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

2.2.

2.2.Α.Σωστή απάντηση η (β)

Μονάδες 4

2.2.Β.

Για τον αρχικό κυκλικό αγωγό, η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του είναι:

$$B = k_\mu \frac{2\pi I_1}{\alpha} \qquad (1)$$

όπου:

α είναι η ακτίνα του κυκλικού αγωγού για την οποία ισχύει: $L = 2\pi\alpha \Leftrightarrow \alpha = \frac{L}{2\pi}$,

$I_1 = \frac{E}{(R+r)}$ η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα,

R η αντίσταση του κυκλικού αγωγού και

r η εσωτερική αντίσταση της πηγής.

Αντικαθιστούμε στην (1):

$$B = k_\mu \frac{2\pi I_1}{\alpha} = k_\mu \frac{2\pi \frac{E}{(R+r)}}{\frac{L}{2\pi}} \Leftrightarrow B = k_\mu \frac{(2\pi)^2 E}{L(R+r)} \qquad (2)$$

Στην περίπτωση του δεύτερου κυκλώματος με το πλαίσιο των N σπειρών, θα είναι:

$$B' = k_\mu \frac{2\pi I_2}{\beta} N \qquad (3)$$

όπου:

I_2 η ένταση του ρεύματος για την οποία ισχύει $I_2 = I_1 = \frac{E}{(R+r)}$, αφού η αντίσταση του αγωγού ίδιου μήκους L δεν αλλάζει,

και β είναι η ακτίνα των νέων κυκλικών πλαισίων, για την οποία ισχύει: $L = 2\pi\beta N \Leftrightarrow \beta = \frac{L}{2\pi N}$

Αντικαθιστούμε στην (3):

$$B' = k_\mu \frac{2\pi I_2}{\beta} N = k_\mu \frac{2\pi \frac{E}{(R+r)}}{\frac{L}{2\pi N}} N \Leftrightarrow B' = k_\mu \frac{(2\pi)^2 E}{L(R+r)} N^2 \qquad (4)$$

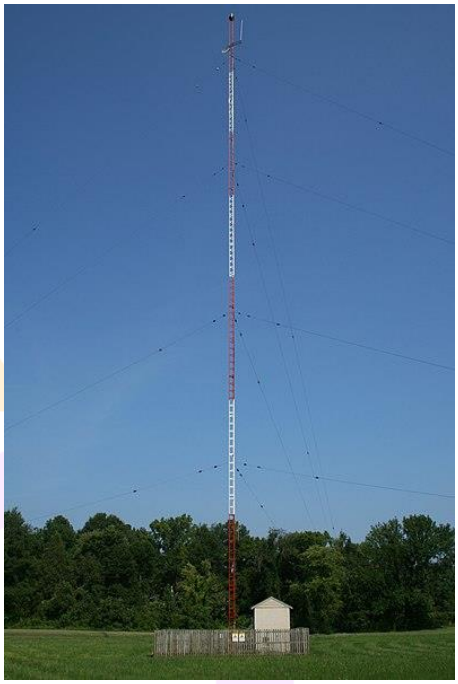
Διαιρούμε τις σχέσεις (2) και (4) κατά μέλη:

$$\frac{B}{B'} = \frac{k_\mu \frac{(2\pi)^2 E}{L(R+r)}}{k_\mu \frac{(2\pi)^2 E}{L(R+r)} N^2} \Leftrightarrow \frac{B}{B'} = \frac{1}{N^2} \Leftrightarrow B' = N^2 B$$

Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2



2.1. Η εικόνα[1] (Πηγή: Wikimedia) δείχνει κεραία που εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεσαίου μήκους κύματος (κεραία ΑΜ στο Chapel Hill της North Carolina, ΗΠΑ). Μία συνηθισμένη συχνότητα είναι τα $700\ kHz$. Τέτοιου είδους κεραίες είναι πιο αποδοτικές όταν το ύψος τους είναι ίσο με το 1/4 του μήκους κύματος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπουν. Μία κεραία με αυτά τα χαρακτηριστικά

(α) εκπέμπει στα μικροκύματα και το ύψος της θα είναι περίπου $0{,}01\ m$.

(β) εκπέμπει στα ραδιοκύματα και το ύψος της θα είναι περίπου $400\ m$.

(γ) εκπέμπει στα ραδιοκύματα και το ύψος της θα είναι περίπου $100\ m$.

2.1.Α. Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Μονάδες 4

2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Ένα σωματίδιο φορτίου q κινείται προς τα δεξιά, όπως φαίνεται στο σχήμα. Εισέρχεται σε περιοχή όπου συνυπάρχουν ομογενές ηλεκτρικό και ομογενές μαγνητικό πεδίο. Το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται από παράλληλες, αντίθετα φορτισμένες μεταλλικές πλάκες. Για να μπορέσει το σωματίδιο να περάσει μέσα από την περιοχή των δύο πεδίων χωρίς απόκλιση, θα πρέπει το μαγνητικό πεδίο να έχει κατεύθυνση

(α) προς το επάνω μέρος της σελίδας.

(β) προς τα έξω (φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη).

(γ) προς τα μέσα (φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα).

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

[1] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/72/2008-07-28_Mast_radiator.jpg/399px-2008-07-28_Mast_radiator.jpg

νεο φροντιστηριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

2.1.Α. Σωστή απάντηση η (γ)

Μονάδες 4

2.1.Β.

Με βάση τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής

$$c = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3{,}00 \times 10^8 \frac{m}{s}}{700 \times 10^3 Hz} =$$

$$\lambda = 429\, m$$

Η συγκεκριμένη τιμή του μήκους κύματος τοποθετεί τη συγκεκριμένη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στα ραδιοκύματα.

Δεδομένου πως η κεραία αποδίδει καλύτερα όταν το ύψος της είναι το ¼ του μήκους κύματος που εκπέμπει:

$$\text{Ύψος}=\frac{1}{4}\lambda = 107\, m \approx 100\, m$$

Μονάδες 8

2.2.

2.2.Α. Σωστή απάντηση η (γ)

Μονάδες 4

2.2.Β.

Υποθέτοντας πως το σωματίδιο έχει θετικό φορτίο (αν έχει αρνητικό φορτίο η σειρά των συλλογισμών είναι η ίδια, απλά οι φορές των δυνάμεων θα είναι αντίθετες), θα δέχεται δύναμη από το ηλεκτρικό πεδίο προς το κάτω μέρος της σελίδας. (3 μονάδες)

Για να καταφέρει να κινηθεί χωρίς απόκλιση, θα πρέπει να ασκείται στο σωματίδιο μαγνητική δύναμη (δύναμη Lorentz) μέτρου ίσου με της ηλεκτρικής δύναμης, αλλά αντίθετης φοράς. (3 μονάδες).

Το βάρος αγνοείται (είναι αμελητέο σε σχέση με τις ηλεκτρικές δυνάμεις για μικροσκοπικά σωματίδια).

Με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού, αν η μαγνητική δύναμη έχει φορά προς το επάνω μέρος της σελίδας, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου πρέπει να είναι προς τα μέσα (φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα, διεύθυνση κάθετη στη σελίδα). (3 μονάδες)

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Η εικόνα δεξιά[1] δείχνει μία φωτογραφία του ίχνους της σπειροειδούς κίνησης ηλεκτρονίου σε θάλαμο φυσαλίδων. Ο θάλαμος φυσαλίδων είναι μία μορφή ανιχνευτή σωματιδίων που περιέχει κάποιο πολύ αραιό υγρό. Μέσα σε αυτόν, τα σωματίδια εκτρέπονται από την ευθύγραμμη κίνηση με την βοήθεια μαγνητικού πεδίου. Στην περίπτωση της φωτογραφίας το μαγνητικό πεδίο έχει διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της σελίδας. Καθώς τα σωματίδια κινούνται στον θάλαμο φυσαλίδων, τους ασκείται τριβή, η οποία προκαλεί μείωση της ταχύτητάς τους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση:

(α) Το μαγνητικό πεδίο έχει φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα και η πορεία του ηλεκτρονίου είναι από το κέντρο της σπείρας προς τα έξω.

(β) Το μαγνητικό πεδίο έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη και η πορεία του ηλεκτρονίου είναι από το κέντρο της σπείρας προς τα έξω.

(γ) Το μαγνητικό πεδίο έχει φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη και η πορεία του ηλεκτρονίου είναι από τα έξω προς το κέντρο της σπείρας.

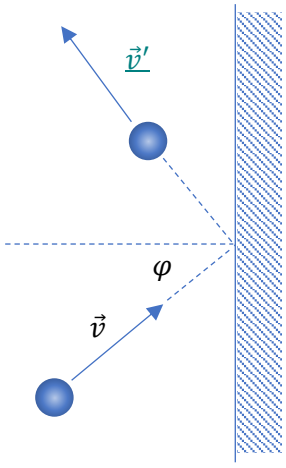
2.1.Α. Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Μονάδες 4

2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Μπάλα μάζας m κυλίεται σε οριζόντιο δάπεδο με ταχύτητα μέτρου v και χτυπάει σε τοίχο υπό γωνία φ. Η εικόνα δείχνει κάτοψη της κρούσης. Η κρούση είναι ελαστική. Λόγω της κρούσης, η μεταβολή του μέτρου της ορμής και το μέτρο της μεταβολής της ορμής είναι αντίστοιχα



(α) 0 και $2mv\sigma\upsilon\nu\varphi$

(β) 0 και $2mv\eta\mu\varphi$

(γ) $2mv\eta\mu\varphi$ και $2mv\sigma\upsilon\nu\varphi$

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

[1] https://media.cheggcdn.com/media%2F8e2%2F8e235a2a-2d3a-4380-9bda-e619cf6f2a4b%2Fimage

ΘΕΜΑ 2

2.1.

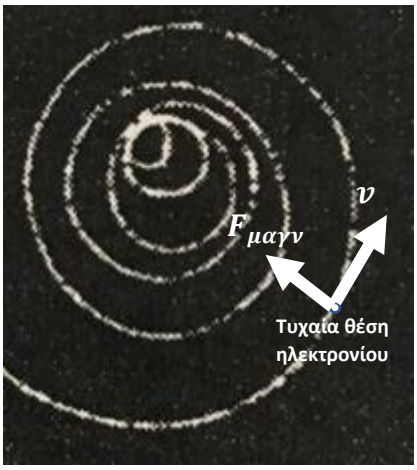
2.1.Α. Σωστή απάντηση η (γ)

Μονάδες 4

2.1.Β.

Όταν σωματίδιο κινείται σε μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα κάθετη στη διεύθυνσή του, εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση με ακτίνα ανάλογη της ταχύτητάς του. (Πιο αναλυτικά: Δέχεται μαγνητική δύναμη Lorentz $F_{\mu\alpha\gamma\nu} = Bvq$. Η δύναμη αυτή παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου δύναμης. Αυτό σημαίνει πως $F_{\mu\alpha\gamma\nu} = F_{\kappa} \Rightarrow Bvq = \frac{mv^2}{R} \Leftrightarrow R = \frac{mv}{Bq}$)

Εφόσον η ταχύτητα του ηλεκτρονίου μειώνεται λόγω τριβής, θα μειώνεται και η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς του. Αυτό σημαίνει πως το ηλεκτρόνιο εκτελεί τη σπειροειδή κίνηση από έξω προς το κέντρο της σπείρας.



Σε μία τυχαία θέση της τροχιάς η μαγνητική δύναμη θα έχει φορά προς το κέντρο της σπείρας και η ταχύτητα θα έχει κατεύθυνση εφαπτομενική στην τροχιά. Εφαρμόζοντας τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού (και λαμβάνοντας υπόψη πως το ηλεκτρόνιο έχει αρνητικό φορτίο) προκύπτει πως η ένταση του μαγνητικού πεδίου πρέπει να είναι κάθετη στο επίπεδο της τροχιάς και με φορά από τη σελίδα προς τον αναγνώστη.

Μονάδες 8

νέο φροντιστήριο

2.2.

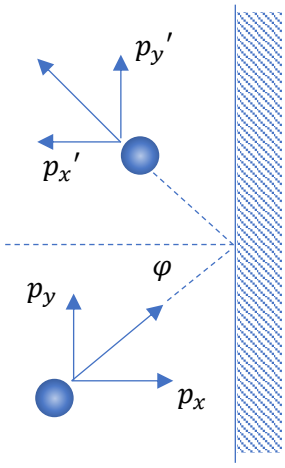
2.2.Α. Σωστή απάντηση η (α)

Μονάδες 4

2.2.Β.

Η κρούση είναι ελαστική, άρα η κινητική ενέργεια της μπάλας δεν αλλάζει. Αυτό σημαίνει πως

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



όπου p, p' είναι τα μέτρα της ορμής πριν και μετά την κρούση.

Συνεπώς, η μεταβολή του μέτρου της ορμής είναι ίση με μηδέν.

Σε σχέση με τις συνιστώσες, και επειδή η δύναμη από τον τοίχο ασκείται κατά μήκος του οριζόντιου άξονα:

$$p_y{}' = p_y$$

$$p_x{}' = -p_x = -p\sigma\upsilon\nu\varphi$$

Συνεπώς, δεν υπάρχει μεταβολή της ορμής στον κατακόρυφο άξονα και ισχύει:

$$|\Delta\vec{p}| = |\Delta\vec{p}_x| = |p_x{}' - p_x| = |-p\sigma\upsilon\nu\varphi - p\sigma\upsilon\nu\varphi| = 2p\sigma\upsilon\nu\varphi = 2m\upsilon\sigma\upsilon\nu\varphi$$

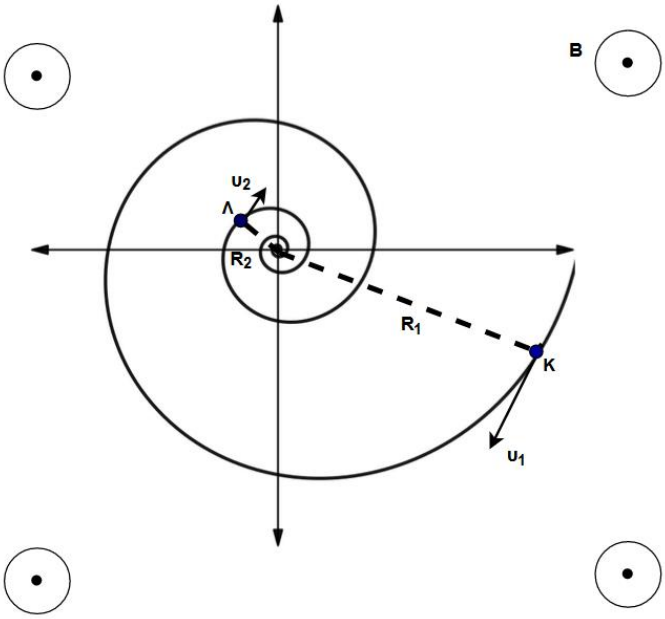
Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Ένα πρωτόνιο, μάζας m και φορτίου q, κινείται δια μέσου ενός αερίου εντός μαγνητικού πεδίου. Η ένταση $\vec{B}$ του μαγνητικού πεδίου έχει το μέτρο της σταθερό και είναι κάθετη στο επίπεδο της κίνησης του πρωτονίου. Η ακτίνα καμπυλότητας της τροχιάς του μειώνεται, όπως απεικονίζεται στο σχήμα. Στη φωτογραφία της τροχιάς που ακολουθεί το κινούμενο σωματίδιο έχουν σημειωθεί τα σημεία Κ και Λ, με ακτίνες R_1 και R_2 αντίστοιχα. Αυτό συμβαίνει γιατί εκτός από τη δύναμη Lorentz ασκείται πάνω στο πρωτόνιο και μια δύναμη αντίστασης, αναγκάζοντάς το να χάνει ενέργεια (και ταχύτητα). Η μεταβολή της κινητικής ενέργειας του πρωτονίου καθώς αυτό κινείται από το σημείο Κ προς το σημείο Λ είναι:

(α) $\frac{B^2q^2(R_2^2-R_1^2)}{2m}$, **(β)** $\frac{B^2q^2(R_2^2-R_1^2)}{m}$, **(γ)** $\frac{Bq^2(R_2^2-R_1^2)}{2m}$



2.1.Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

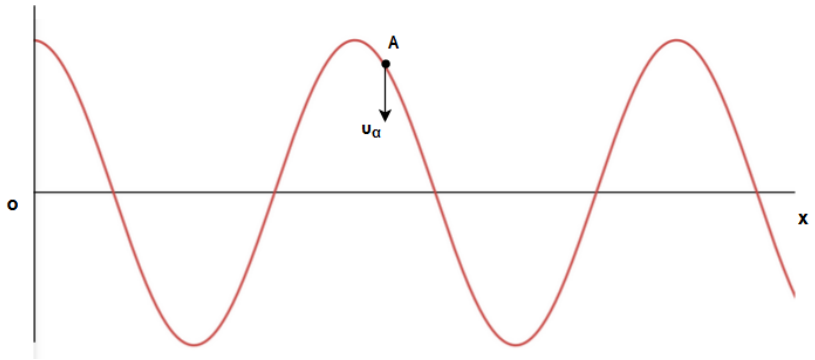
Μονάδες 4

2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Κατά μήκος του άξονα Ox εκτείνεται ομογενής ελαστική χορδή μεγάλου μήκους. Στη χορδή διαδίδεται εγκάρσιο αρμονικό κύμα. Στο σχήμα που ακολουθεί, απεικονίζεται ένα στιγμιότυπο κύματος για συγκεκριμένη χρονική στιγμή t_1. Εκείνη τη στιγμή η φορά της ταχύτητας $\vec{\upsilon}_\alpha$ του σημείου Α είναι, όπως έχει σχεδιαστεί στο σχήμα, προς τα κάτω.

νέο φροντιστήριο



Ποια είναι η φορά διάδοσης του κύματος;

(α) Προς τα αριστερά.

(β) Προς τα δεξιά.

(γ) Δεν επαρκούν τα δεδομένα για να δοθεί απάντηση.

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

2.1.

2.1.Α. Σωστή απάντηση η (α)

Μονάδες 4

2.1.Β.

Η δύναμη Lorentz που ασκείται στο κινούμενο πρωτόνιο είναι πάντοτε κάθετη στο επίπεδο που ορίζεται από την ταχύτητα και τη διεύθυνση του πεδίου και παίζει τον ρόλο της κεντρομόλου δύναμης, θέτοντάς το σε κυκλική τροχιά.

Εκτός όμως από την δύναμη Lorentz στο πρωτόνιο ασκείται και μια δύναμη αντίστασης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το πρωτόνιο να χάνει κινητική ενέργεια, γεγονός που οδηγεί σε μείωση της ακτίνας καμπυλότητάς του σύμφωνα με την εξίσωση:

$$R = \frac{m \cdot \upsilon}{B \cdot q}$$

Έτσι η ταχύτητα του θα είναι:

$$\upsilon = \frac{R \cdot B \cdot q}{m}$$

Η μεταβολή της κινητικής του ενέργειας δίνεται από την σχέση:

$$\Delta K = K_2 - K_1 \text{ ή } \Delta K = \frac{1}{2}m\upsilon_2^2 - \frac{1}{2}m\upsilon_1^2 \text{ ή } \Delta K = \frac{1}{2}m\left(\frac{R_2 Bq}{m}\right)^2 - \frac{1}{2}m\left(\frac{R_1 Bq}{m}\right)^2 \text{ ή}$$

$$\Delta K = \frac{1}{2}m\left(\frac{{R_2}^2 B^2 q^2}{m^2}\right) - \frac{1}{2}m\left(\frac{{R_1}^2 B^2 q^2}{m^2}\right) \text{ ή}$$

$$\Delta K = \frac{B^2 q^2 (R_2^2 - R_1^2)}{2m}$$

Μονάδες 8

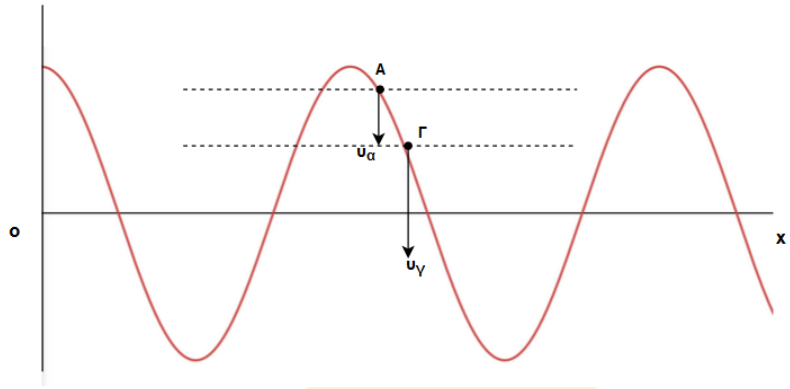
2.2.

2.2.Α. Σωστή απάντηση η (α)

Μονάδες 4

νέο φροντιστήριο

2.2.Β.



Έστω σημείο Γ δεξιότερα του A. Ας υποθέσουμε ότι το Γ κινείται προς τα πάνω. Αυτό σημαίνει ότι το τμήμα της χορδής μεταξύ των A και Γ θα έπρεπε να τεντωθεί (αν όχι να σπάσει), πράγμα άτοπο. Συνεπώς το Γ κινείται προς τα κάτω.

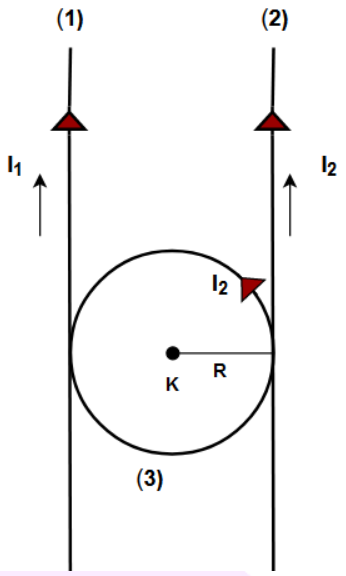
Σχεδιάζοντας δύο οριζόντιες γραμμές, όπως στο σχήμα, βλέπουμε ότι το Γ βρίσκεται πιο κοντά στην Θέση ισορροπίας του συγκριτικά με το A. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι κινείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, άρα ξεκίνησε την ταλάντωσή του νωρίτερα από το A. Άρα το κύμα διαδίδεται από τα δεξιά προς τα αριστερά.

Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Δύο παράλληλοι και ευθύγραμμοι αγωγοί (1) και (2) πολύ μεγάλου μήκους διαρρέονται από ρεύματα εντάσεως I_1 και I_2 αντίστοιχα. Ένας ανεξάρτητος κυκλικός αγωγός (3) ακτίνας R που βρίσκεται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα εντάσεως I_2 και τοποθετείται εφαπτόμενος στους δύο αγωγούς όπως φαίνεται στο σχήμα. Ποιος πρέπει να είναι ο λόγος $\frac{I_1}{I_2}$ των τιμών της έντασης των ηλεκτρικών ρευμάτων έτσι ώστε η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο K του κυκλικού αγωγού να είναι μηδέν.



(α) $\frac{I_1}{I_2} = 1$, **(β)** $\frac{I_1}{I_2} = 1 + \pi$, **(γ)** $\frac{I_1}{I_2} = 2 - \pi$

2.1.Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 4

2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Με κατάλληλη μηχανική διαδικασία δύο κύματα διαδίδονται προς αντίθετες κατευθύνσεις σε τεντωμένη χορδή, η οποία συμπίπτει με τον άξονα $x'x$. Προκύπτει στάσιμο κύμα με περισσότερους από 200 δεσμούς. Στο σημείο $x = 0$ εμφανίζεται κοιλία. Το συγκεκριμένο σημείο απέχει κατά $0{,}01\ m$ από τον πλησιέστερο δεσμό. Η απόσταση του σημείου αυτού από τον 200° δεσμό είναι:

(α) $3{,}99\ m$, **(β)** $3{,}10\ m$, **(γ)** $4\ m$

2.2.Α. Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

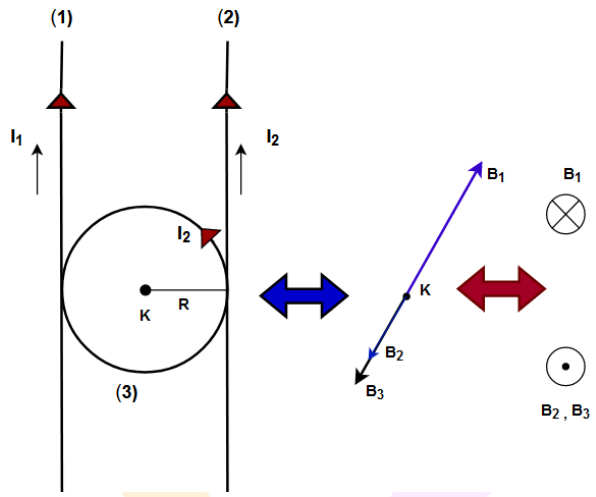
νέο φροντιστήριο

2.1.

2.1.Α. Σωστή απάντηση η (β)

Μονάδες 4

2.1.Β.



Στη θέση K, που είναι το κέντρο του κυκλικού αγωγού, σχεδιάζουμε τα διανύσματα της έντασης των μαγνητικών πεδίων B_1 και B_2 που οφείλονται στους δύο ευθύγραμμους αγωγούς καθώς και την ένταση B_3 που οφείλεται στον κυκλικό αγωγό. Παρατηρούμε ότι βρίσκονται στην ίδια ευθεία και οι φορές τους έχουν σχεδιαστεί όπως στο παραπάνω σχήμα. Υπολογίζουμε την συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου και την εξισώνουμε με το μηδέν.

$$\vec{B}_{o\lambda} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 \quad \text{ή} \quad B_{o\lambda} = B_1 - B_2 - B_3 \quad \text{ή}$$

$$0 = B_1 - B_2 - B_3 \quad \text{ή} \quad 0 = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1}{R} - \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_2}{R} - \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi I_2}{R}$$

$$0 = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2(I_1 - I_2)}{R} - \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi I_2}{R} \quad \text{ή} \quad 0 = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2}{R}(I_1 - I_2 - \pi I_2) \quad \text{ή}$$

$$0 = I_1 - I_2 - \pi I_2 \quad \text{ή} \quad I_1 = I_2 + \pi I_2 \quad \text{ή} \quad I_1 = I_2(1+\pi) \quad \text{ή} \quad \frac{I_1}{I_2} = 1 + \pi$$

Μονάδες 8

2.2.

2.2.Α. Σωστή απάντηση η (α)

Μονάδες 4

2.2.Β.

Σε ένα στάσιμο κύμα γνωρίζουμε ότι η απόσταση μιας κοιλίας και του επόμενου δεσμού είναι $\frac{\lambda}{4}$.

Έτσι από την εκφώνηση του προβλήματος: $\frac{\lambda}{4} = 0{,}01m = 10^{-2}\ m$

Επίσης η απόσταση ενός δεσμού με τον επόμενο δεσμό είναι $\frac{\lambda}{2} = 0{,}02m = 2 \cdot 10^{-2}\ m$.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι αποστάσεις που βρίσκονται οι θέσεις των δεσμών από την θέση $x = 0$ η οποία είναι κοιλία να είναι:

Ο $1ος$ δεσμός βρίσκεται σε απόσταση: $\frac{\lambda}{4}$

Ο $2ος$ δεσμός βρίσκεται σε απόσταση: $\frac{\lambda}{4} + 1 \cdot \frac{\lambda}{2}$

Ο $3ος$ δεσμός βρίσκεται σε απόσταση: $\frac{\lambda}{4} + 2 \cdot \frac{\lambda}{2}$

Ο $4ος$ δεσμός βρίσκεται σε απόσταση: $\frac{\lambda}{4} + 3 \cdot \frac{\lambda}{2}$

$\vdots$

Συμπεραίνουμε ότι ο νιοστός δεσμός βρίσκεται σε απόσταση: $\frac{\lambda}{4} + (\nu - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

Έτσι για $\nu = 200$ η απόσταση της θέσης του δεσμού είναι:

$$x_{200} = \frac{\lambda}{4} + (200 - 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ ή } x_{200} = \frac{\lambda}{4} + 199 \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ ή } x_{200} = (10^{-2} + 199 \cdot 2 \cdot 10^{-2})\ m$$

$$\text{ή } x_{200} = (10^{-2} + 398 \cdot 10^{-2})\ m \text{ ή } x_{200} = 399 \cdot 10^{-2}\ m$$

$$\text{ή } x_{200} = 3{,}99\ m$$

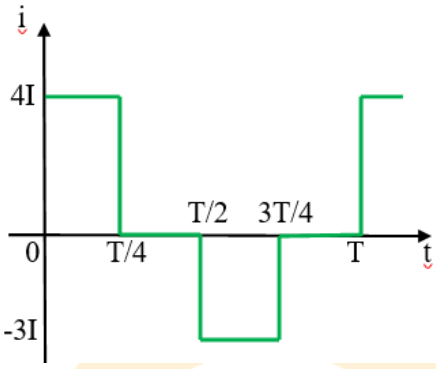
Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Αντιστάτης διαρρέεται από περιοδικά μεταβαλλόμενο ρεύμα περιόδου Τ, του οποίου η ένταση μεταβάλλεται με το χρόνο, όπως στο διάγραμμα:



Η ενεργός ένταση του ρεύματος ισούται με:

(α) $\frac{5}{2}I$ **(β)** $\frac{\sqrt{2}}{2}I$ **(γ)** $\frac{5\sqrt{2}}{2}I$

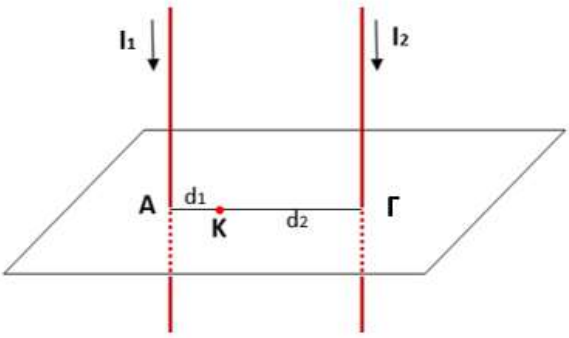
2.1.Α.Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.1.Β.Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Δύο ευθύγραμμοι αγωγοί (1) και (2) απείρου μήκους διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα έντασης I_1 και I_2 όπως φαίνονται στο σχήμα, με λόγο $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{3}$. Οι αγωγοί είναι κάθετοι σε οριζόντιο επίπεδο και διέρχονται από τα σημεία Α και Γ αντίστοιχα, τα οποία απέχουν απόσταση d:



Η ένταση του μαγνητικού πεδίου των δύο αγωγών σε ένα σημείο Κ του ευθύγραμμου τμήματος ΑΓ, είναι ίση με μηδέν. Τα μήκη (ΑΚ) και (ΓΚ) αντίστοιχα είναι ίσα με:

(α) $(AK) = \frac{d}{4}$ & $(ΓK) = \frac{3d}{4}$, **(β)** $(AK) = \frac{d}{3}$ & $(ΓK) = \frac{2d}{3}$, **(γ)** $(AK) = \frac{3d}{4}$ & $(ΓK) = \frac{d}{4}$

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

ΘΕΜΑ 2

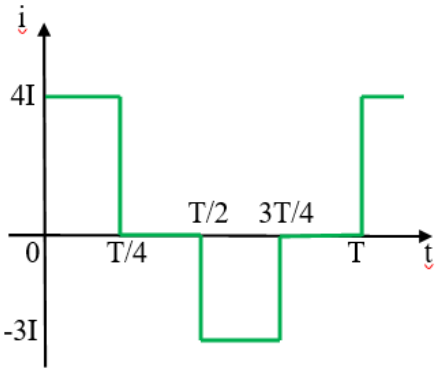
2.1.

2.1.Α.Σωστή απάντηση η (α)

Μονάδες 4

2.1.Β.

Η ενεργός ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος θα προσδιοριστεί με την βοήθεια των θερμικών αποτελεσμάτων του ρεύματος αυτού όταν εφαρμόζεται στον αντιστάτη με αντίσταση R, σύμφωνα με τον νόμο του Joule, που έχει γενική μορφή: $Q = I^2Rt$.



Για το πρώτο χρονικό διάστημα $[0 - T/4)$, η θερμότητα που εκλύεται είναι:

$$Q_1 = (4I)^2R\frac{T}{4} = 4I^2RT$$

Για το δεύτερο και το τέταρτο χρονικό διάστημα $[T/4 - T/2)$ και $[3T/4 - T)$, η θερμότητα που εκλύεται είναι μηδενική, αφού η ένταση του ρεύματος τότε, είναι μηδέν.

Για το τρίτο χρονικό διάστημα [T/2 – 3T/4), η θερμότητα που εκλύεται είναι:

$$Q_3 = (3I)^2R\left(\frac{3T}{4} - \frac{T}{2}\right) = \frac{9}{4}I^2RT$$

Η συνολική θερμότητα που εκλύεται είναι:

$$Q_{ολ_{εναλ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 4I^2RT + 0 + \frac{9}{4}I^2RT + 0 \Leftrightarrow Q_{ολ_{εναλ}} = \frac{25}{4}I^2RT$$

Η αντίστοιχη θερμότητα που θα εκλύονταν αν ο αντιστάτης διαρρέονταν από συνεχές ρεύμα I_σ στο ίδιο χρονικό διάστημα T, είναι:

$$Q_\sigma = I_\sigma^2RT$$

Η ένταση του συνεχούς ρεύματος που έχει τα ίδια θερμικά αποτελέσματα πάνω στην ίδια αντίσταση και στο ίδιο χρονικό διάστημα ισούται με την ενεργό ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος, οπότε:

$$Q_{ολ_{εναλ}} = Q_\sigma \Leftrightarrow \frac{25}{4}I^2RT = I_\sigma^2RT \Leftrightarrow \frac{25}{4}I^2 = I_{εν}^2 \Leftrightarrow I_{εν} = \sqrt{\frac{25}{4}I^2} = \frac{5}{2}I$$

Μονάδες 8

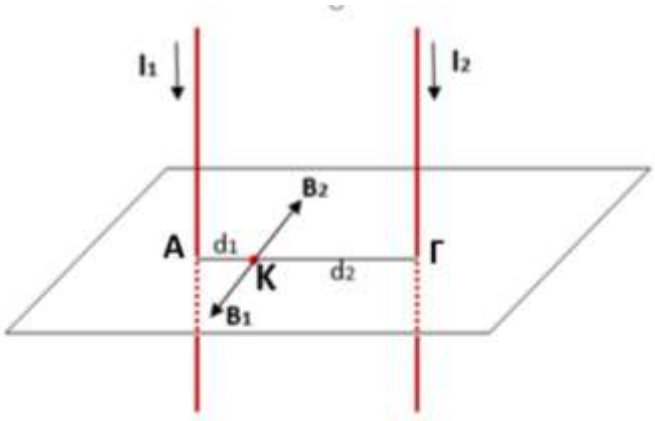
2.2.

2.2.Α.Σωστή απάντηση η (α)

Μονάδες 4

2.2.Β.

Οι εντάσεις των μαγνητικών πεδίων των δύο αγωγών φαίνονται στο σχήμα:



Για το μέτρο της έντασης B_1 ισχύει:

$$B_1 = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I_1}{d_1}$$

και αντίστοιχα για την B_2:

$$B_2 = \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I_2}{d_2}$$

Για το σημείο Κ, ισχύει:

$$\Sigma\vec{B} = \vec{0} \Leftrightarrow B_1 - B_2 = 0 \Leftrightarrow \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I_1}{d_1} - \frac{\mu_o}{4\pi}\frac{2I_2}{d_2} = 0 \Leftrightarrow \frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_1}{d_2} \Leftrightarrow \frac{(AK)}{(\Gamma K)} = \frac{1}{3} \qquad (1)$$

Αλλά για τα (ΑΚ) και (ΓΚ) ισχύει:

$$(AK) + (\Gamma K) = d \qquad (2)$$

Αντικαθιστούμε την (1) στην (2):

$$\frac{1}{3}(\Gamma K) + (\Gamma K) = d \Leftrightarrow (\Gamma K) = \frac{3d}{4}$$

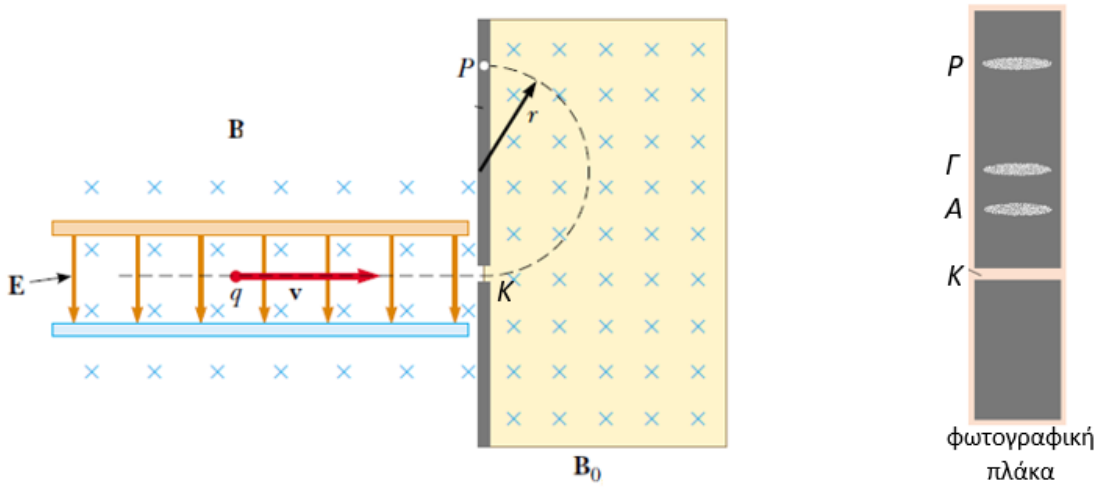
$$(AK) + (\Gamma K) = d \Leftrightarrow (AK) + \frac{3}{4}d = d \Leftrightarrow (AK) = \frac{d}{4}$$

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Δέσμη σωματιδίων που περιέχει τρία είδη φορτισμένων σωματιδίων εισέρχεται σε έναν φασματογράφο μάζας όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Τα σωματίδια έχουν την ίδια ταχύτητα (στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η τροχιά ενός από τα τρία είδη σωματιδίων). Η ταινία που υπάρχει στο δεξιό μέρος του σχήματος αποτελεί τμήμα της φωτογραφικής πλάκας του φασματογράφου και δείχνει τα σημεία Α, Γ, Ρ στα οποία χτυπούν τα σωματίδια στον ανιχνευτή (γκρι περιοχές). Το σωματίδιο που έχει την μεγαλύτερη τιμή στο πηλίκο μάζας προς φορτίο $\frac{m}{q}$ είναι αυτό που χτυπάει στο σημείο



(α) Α **(β)** Γ **(γ)** Ρ

2.1.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

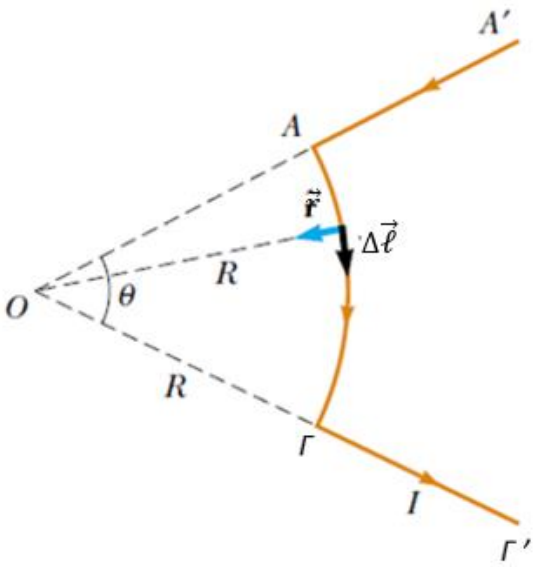
2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2 Το σύρμα Α΄ΑΓΓ΄ του παρακάτω σχήματος διαρρέεται από ρεύμα έντασης I και αποτελείται από δύο ευθύγραμμα τμήματα ΑΑ΄, ΓΓ΄ και ένα κυκλικό τόξο ΑΓ ακτίνας R. Το τόξο ΑΓ αντιστοιχεί σε επίκεντρη γωνία θ ακτινίων, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Τα βέλη στο σύρμα δείχνουν την φορά του ρεύματος. Θεωρώντας ως δεδομένο την μαγνητική διαπερατότητα του κενού μ_0, το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί το σύρμα στο σημείο Ο έχει μέτρο

(α) $B_O = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}\theta$ **(β)** $B_O = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\theta$ **(γ)** $B_O = \frac{\mu_0 I}{\pi R}\theta$

νέο φροντιστήριο



2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

2.1.Α. Σωστή απάντηση η (γ).

Μονάδες 4

2.1.Β.

Τα σωματίδια κινούνται ευθύγραμμα και ομαλά στον χώρο που υπάρχει ομογενές ηλεκτρικό πεδίο $\vec{E}$ και ομογενές μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$, οπότε οι δυνάμεις που δέχονται είναι αντίθετες. Συνεπώς

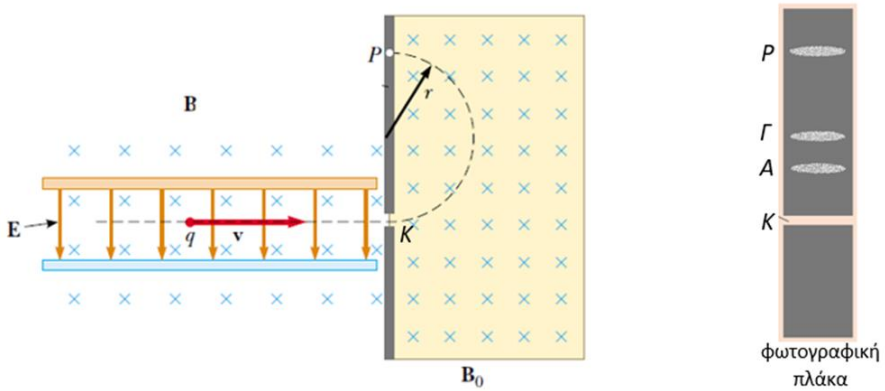
$$Eq = Bvq \Rightarrow v = \frac{E}{B} \qquad (1)$$

Στην συνέχεια εισέρχονται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου $\vec{B}_0$ και διαγράφουν ημικυκλική τροχιά πριν χτυπήσουν στην φωτογραφική πλάκα. Η δύναμη Lorentz που δέχονται δρα ως κεντρομόλος, οπότε

$$B_0vq = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow B_0qR = mv \qquad (2)$$

Αντικαθιστώντας την σχέση (1) στην σχέση (2) προκύπτει ότι ο λόγος $\frac{m}{q}$ είναι ανάλογος με την ακτίνα της τροχιάς, δηλαδή

$$B_0qR = \frac{mE}{B} \Rightarrow \frac{m}{q} = \frac{BB_0}{E}R$$



Το ίχνος που αφήνουν τα σωματίδια στην φωτογραφική πλάκα απέχει από το σημείο εισόδου Κ απόσταση ίση με την διάμετρο της ημικυκλικής τροχιάς. Από το σχήμα βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη διάμετρος, άρα και η μεγαλύτερη ακτίνα αντιστοιχεί στα σωματίδια που χτυπάνε στο σημείο Ρ γιατί $(KP) > (K\Gamma) > (KA)$. Κατά συνέπεια, τα σωματίδια αυτά έχουν τον μεγαλύτερο λόγο μάζας προς φορτίο.

Μονάδες 8

2.2.

2.2.Α. Σωστή απάντηση η (β).

Μονάδες 4

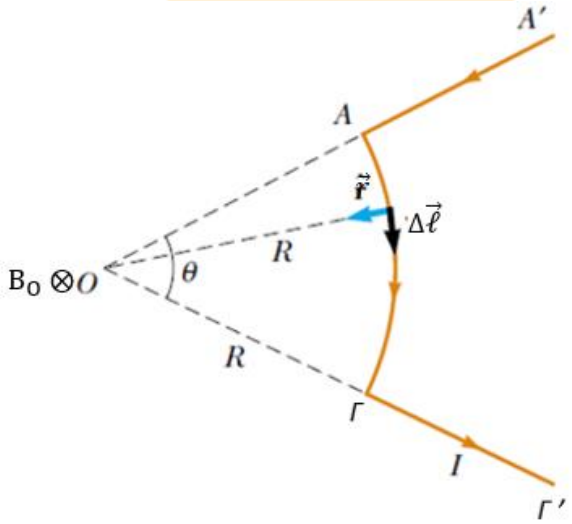
2.2.Β.

Το μαγνητικό πεδίο στο σημείο Ο που οφείλεται στο ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το σύρμα Α'ΑΓΓ' υπολογίζεται με χρήση του νόμου των Biot-Savart, δηλαδή από την σχέση

$$B = \sum \Delta B = \sum \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\Delta\ell}{R^2}\eta\mu\varphi$$

Η γωνία φ είναι η γωνία που σχηματίζουν τα διανύσματα $\Delta\vec{\ell}$ και $\vec{r}$. Τα ευθύγραμμα τμήματα Α'Α και ΓΓ' δεν συνεισφέρουν στο μαγνητικό πεδίο στο σημείο Ο γιατί τα διανύσματα $\Delta\vec{\ell}$ και $\vec{r}$ είναι παράλληλα, οπότε η γωνία φ είναι $\varphi = 0$. Κάθε στοιχειώδες μήκος $\Delta\ell$ κατά μήκος του σύρματος ΑΓ βρίσκεται στην ίδια απόσταση R από το Ο. Το ρεύμα σε καθένα από αυτά τα τμήματα συνεισφέρει ένα στοιχειώδες μαγνητικό πεδίο ΔΒ που είναι κάθετο στην σελίδα και με κατεύθυνση προς αυτή. Επιπλέον, σε κάθε σημείο στο τόξο ΑΓ, τα διανύσματα $\Delta\vec{\ell}$ και $\vec{r}$ είναι κάθετα, οπότε $\eta\mu\varphi = 1$. Συνεπώς

$$B_O = \sum \Delta B = \sum \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\Delta\ell}{R^2}\eta\mu\varphi = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{R^2}\sum \Delta\ell = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{R^2}\ell_{A\Gamma}$$



Το μήκος του τόξου ΑΓ συνδέεται με την επίκεντρη γωνία θ μέσω της σχέσης $\ell_{A\Gamma} = R \cdot \theta$. Αντικαθιστώντας στην παραπάνω σχέση έχουμε

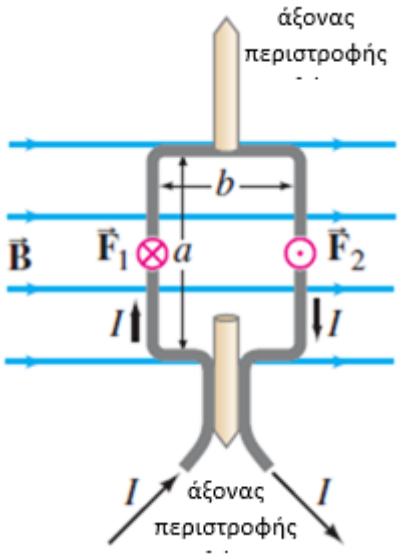
$$B_O = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I}{R^2}R\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}\theta$$

Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα ρέει σε έναν κλειστό συρμάτινο βρόχο που τοποθετείται σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο, η μαγνητική δύναμη στα φορτία μπορεί να παράγει μια ροπή. Αυτή είναι η αρχή πίσω από μια σειρά από σημαντικές συσκευές μετρήσεων, συμπεριλαμβανομένων των αναλογικών βολτόμετρων και αμπερομέτρων. Το ορθογώνιο πλαίσιο του παρακάτω σχήματος αποτελείται από N σπείρες και διαρρέεται από ρεύμα έντασης I. Κάθε σπείρα έχει διαστάσεις α, b. Το πλαίσιο βρίσκεται στο εσωτερικό ομογενούς μαγνητικού πεδίου έντασης $\vec{B}$, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και μπορεί να περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα. Το μέτρο της ροπής που δέχεται το ορθογώνιο πλαίσιο όταν το επίπεδό του είναι παράλληλο με τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές είναι



(α) $\tau = NBI\alpha b$ **(β)** $\tau = NBI\alpha^2$ **(γ)** $\tau = NBIb^2$

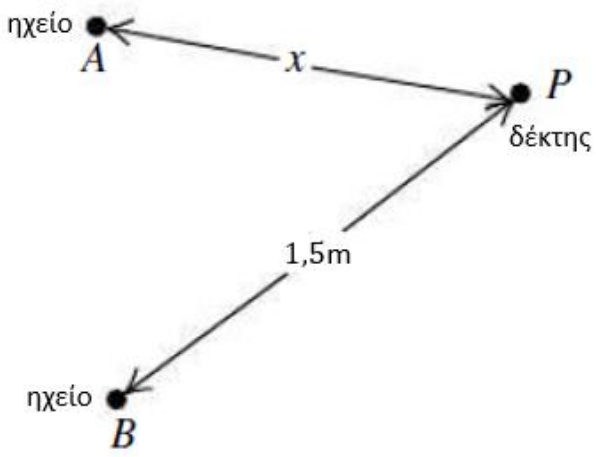
2.1.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2 Δύο μικρά στερεοφωνικά ηχεία Α και Β που απέχουν μεταξύ τους κατά $(AB) < 1{,}5m$ εκπέμπουν ηχητικά κύματα με μήκος κύματος $\lambda = 0{,}4m$ προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα ηχητικά κύματα που εκπέμπουν τα ηχεία βρίσκονται σε φάση. Ένας μικρός δέκτης βρίσκεται στο σημείο Ρ και απέχει απόσταση x από το ηχείο Α και απόσταση 1,5m από το ηχείο Β, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αρχίζει να κινείται με ειδικό μηχανισμό με τέτοιον τρόπο έτσι ώστε να βρίσκεται πάντα σε απόσταση $BP = 1{,}5m$ από το ηχείο Β.



Για ποια από τις επόμενες τιμές της απόστασης $x < 1{,}5\text{m}$ ο δέκτης δεν ανιχνεύει ήχο;

(α) $x = 1{,}1\text{m}$ **(β)** $x = 0{,}9\text{m}$ **(γ)** $x = 0{,}3\text{m}$

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

2.1.Α. Σωστή απάντηση η (α).

Μονάδες 4

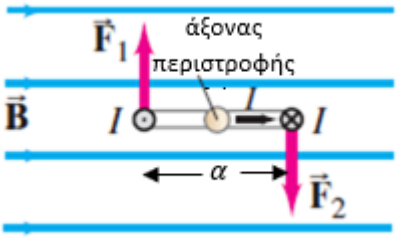
2.1.Β.

Το ρεύμα που διαρρέει το ορθογώνιο πλαίσιο του οποίου το επίπεδο είναι παράλληλο στις μαγνητικές δυναμικές γραμμές δεν ασκεί δύναμη και ροπή στα οριζόντια τμήματα του σύρματος επειδή είναι παράλληλα στο πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο ασκεί μια δύναμη Laplace σε κάθε ένα από τα κατακόρυφα τμήματα του σύρματος όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού η κατεύθυνση της δύναμης στο ανοδικό ρεύμα στα αριστερά είναι στην αντίθετη κατεύθυνση από την δύναμη ίσου μέτρου στο προς τα κάτω ρεύμα στα δεξιά. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κάτοψη του πλαισίου. Κάθε μία δύναμη έχει μέτρο

$$F_1 = F_2 = BI\alpha$$

Αυτές οι δυνάμεις αποτελούν ένα ζεύγος δυνάμεων, οι φορείς τους απέχουν απόσταση b και η ροπή που προκαλούν στο πλαίσιο τείνει να το περιστρέφει γύρω από τον κατακόρυφο άξονά του. Συνεπώς η ροπή σε μία σπείρα είναι

$$\tau_1 = Fd = BI\alpha b$$



Η συνολική ροπή που εφαρμόζεται στο ορθογώνιο πλαίσιο N σπειρών είναι

$$\tau = N\tau_1 = NBI\alpha b$$

Σημείωση: Η ποσότητα $NI\alpha b$ λέγεται μαγνητική διπολική ροπή του πλαισίου και είναι διανυσματικό μέγεθος με μονάδα μέτρησης το $1A \cdot m^2$.

Μονάδες 8

2.2.

2.2.Α. Σωστή απάντηση η (β).

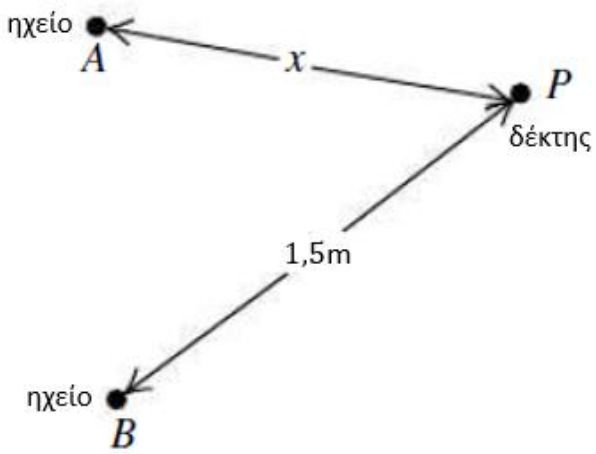
Μονάδες 4

2.2.Β.

Τα ηχεία Α και Β παράγουν ηχητικά κύματα τα οποία συμβάλουν στον χώρο. Ο δέκτης ανιχνεύει το αποτέλεσμα αυτής της συμβολής. Στα σημεία που ο δέκτης δεν καταγράφει ήχο τα ηχητικά κύματα συμβάλουν αποσβεστικά (αναιρετικά). Σε αυτά τα σημεία η διαφορά των αποστάσεων του δέκτη από τα δύο ηχεία είναι περιττό πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος. Επειδή $(BP) > (AP)$, θα έχουμε

$$(BP) - (AP) = \frac{(2k+1)\lambda}{2} \Rightarrow 1{,}5 - x = (2k+1)0{,}2 \Rightarrow x = 1{,}3 - 0{,}4k \text{ με } k \in Z \quad (1)$$

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο



Θα κάνουμε διερεύνηση της σχέσης (1) για να βρούμε τις θέσεις αναιρετικής συμβολής. Πρέπει

$$0 < x < 1{,}5 \Rightarrow 0 < 1{,}3 - 0{,}4k < 1{,}5 \Rightarrow -1{,}3 < -0{,}4k < 0{,}2 \Rightarrow \frac{-1{,}3}{-0{,}4} > k > \frac{0{,}2}{-0{,}4} \Rightarrow -\frac{1}{2} < k < \frac{13}{4}$$

Άρα $k = 0,1,2,3$.

- Για $k = 0$ προκύπτει $x = 1{,}3m$
- Για $k = 1$ προκύπτει $x = 0{,}9m$
- Για $k = 2$ προκύπτει $x = 0{,}5m$
- Για $k = 3$ προκύπτει $x = 0{,}1m$

Από τις παραπάνω τιμές για την απόσταση x μόνο η τιμή $x = 0{,}9m$ υπάρχει στις πιθανές απαντήσεις.

Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Κυκλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα I_1 και δημιουργεί μαγνητικό πεδίο έντασης B_1 στο κέντρο του Κ. Θετικό φορτίο q περιστρέφεται στο ίδιο επίπεδο με τον κυκλικό αγωγό, γύρω από το ίδιο κέντρο Κ, σε κυκλική τροχιά διπλάσιας ακτίνας από εκείνη του κυκλικού αγωγού με συχνότητα περιστροφής $f = 50Hz$. Μετράμε την συνολική ένταση των μαγνητικών πεδίων στο Κ και την βρίσκουμε μηδενική.

(α) Η φορά κίνησης του φορτίου είναι ίδια με την φορά κίνησης του ρεύματος I_1 και το φορτίο έχει τιμή $q = 4 \cdot 10^{-3}\, C$.

(β) Η φορά κίνησης του φορτίου είναι αντίθετη με την φορά κίνησης του ρεύματος I_1 και το φορτίο έχει τιμή $q = 2 \cdot 10^{-3}\, C$.

(γ) Η φορά κίνησης του φορτίου είναι αντίθετη με την φορά κίνησης του ρεύματος I_1 και το φορτίο έχει τιμή $q = 4 \cdot 10^{-3}\, C$.

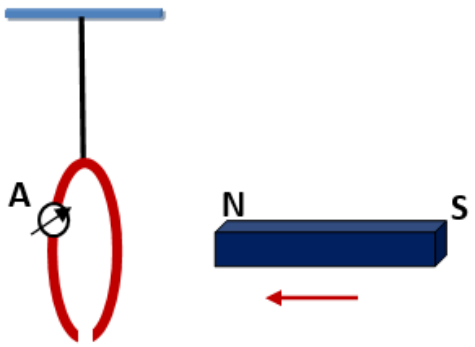
2.1.Α.Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Μονάδες 4

2.1.Β.Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Ένας λεπτός χάλκινος δακτύλιος με εγκοπή στο κατώτερο σημείο του, κρέμεται από μονωτικό νήμα και ισορροπεί ακίνητος με το επίπεδό του κατακόρυφο. Πλησιάζουμε απότομα ένα μαγνήτη προς το δακτύλιο έχοντας τον άξονά του οριζόντιο και κάθετο στο επίπεδο του δακτυλίου. Η κατεύθυνση κίνησης του μαγνήτη διέρχεται από το κέντρο του δακτυλίου, όπως φαίνεται στο σχήμα:



Κατά την προσέγγιση του μαγνήτη ο δακτύλιος:

(α) θα κινηθεί έτσι ώστε να απομακρυνθεί από τον μαγνήτη και το αμπερόμετρο θα δείξει ρεύμα I

(β) θα παραμείνει ακίνητος και το αμπερόμετρο δεν θα δείξει κανένα ρεύμα

(γ) θα κινηθεί έτσι ώστε να πλησιάσει τον μαγνήτη και το αμπερόμετρο θα δείξει ρεύμα I

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή πρόταση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

2.1.Α.Σωστή απάντηση η (γ)

Μονάδες 4

2.1.Β.

Η περιστροφή του φορτίου σε κυκλική τροχιά αντιστοιχεί σε ηλεκτρικό ρεύμα έντασης:

$$I_2 = \frac{Q}{t} = \frac{N \cdot q}{t} = f \cdot q$$

Τα δύο μαγνητικά πεδία πρέπει να έχουν αντίθετες εντάσεις, άρα η φορά περιστροφής των δύο ρευμάτων πρέπει να είναι αντίθετη. Για την συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου στο Κ, ισχύει:

$$\Sigma\vec{B} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \vec{0}$$

$$B_1 - B_2 = 0 \Leftrightarrow \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi I_1}{r} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\pi I_2}{2r} \Leftrightarrow I_1 = \frac{I_2}{2} \Leftrightarrow 0{,}1A = \frac{50Hz \cdot q}{2} \Leftrightarrow$$

$$q = 4 \cdot 10^{-3}C$$

Μονάδες 8

2.2.

2.2.Α.Σωστή απάντηση η (β)

Μονάδες 4

2.2.Β.

Κατά την προσέγγιση του μαγνήτη προς τον δακτύλιο μεταβάλλεται (αυξάνεται) η μαγνητική ροή και άρα σύμφωνα με τον νόμο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής του Faraday $[E_{\varepsilon\pi} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}N]$, θα δημιουργηθεί ΗΕΔ από επαγωγή.

Όμως, επειδή στο κάτω μέρος του δακτυλίου υπάρχει εγκοπή, δεν δημιουργείται επαγωγικό ρεύμα, αφού δεν έχουμε κλειστό κύκλωμα, και άρα δεν δημιουργείται μαγνητικό πεδίο ώστε να αντιδράσει στην μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή λόγω της κίνησης του μαγνήτη (κανόνας του Lenz).

Τελικά, ο δακτύλιος δεν θα κινηθεί και το αμπερόμετρο δεν θα δείξει κάποιο ρεύμα.

Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Σώμα Β, μάζας M, είναι ακίνητο πάνω σε λείο οριζόντιο δάπεδο και δεμένο στην άκρη ιδανικού οριζόντιου ελατηρίου, σταθεράς k. Το ελατήριο έχει το φυσικό του μήκος και η άλλη άκρη του είναι ακλόνητα στερεωμένη. Σώμα Α μάζας m κινούμενο οριζόντια με ταχύτητα $\vec{\upsilon}$, κτυπά κεντρικά στο ακίνητο σώμα Β. Για να έχουμε την ίδια μέγιστη συσπείρωση του ελατηρίου ανεξάρτητα από το αν η κρούση είναι ελαστική ή πλαστική, θα πρέπει η σχέση μεταξύ των μαζών των δύο σωμάτων Α και Β να είναι

(α) $M = 3m$

(β) $M = \frac{m}{3}$

(γ) $M = \frac{m}{2}$

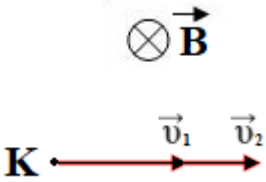
2.1.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

2.2. Από ένα σημείο Κ μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $\vec{B}$, εκτοξεύεται ένα θετικό ιόν Α με μάζα m_A και ηλεκτρικό φορτίο q_A και ένα αρνητικό ιόν Β με μάζα $m_B = 2m_A$ και ηλεκτρικό φορτίο q_B, όπου $|q_B| = 2|q_A|$. Το ιόν Α εκτοξεύεται με ταχύτητα $\vec{\upsilon}_1$, ενώ το ιόν Β με ταχύτητα $\vec{\upsilon}_2$, των οποίων τα μέτρα συνδέονται με τη σχέση $\upsilon_2 = 1{,}5\upsilon_1$. Αν οι ακτίνες και οι περίοδοι της κυκλικής κίνησης των δύο ιόντων Α και Β είναι R_1, T_1 και R_2, T_2 αντίστοιχα, τότε σε χρόνο $t = \frac{T_1}{2}$, η απόσταση d, των δύο ιόντων μεταξύ τους είναι:



(α) $d = 0{,}5R_1$, **(β)** $d = 2R_1$, **(γ)** $d = 5R_1$

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

2.1.Α. Σωστή απάντηση η (β).

Μονάδες 4

2.1.Β. Αν η κρούση είναι κεντρική και ελαστική αφού το σώμα Β είναι αρχικά ακίνητο, η ταχύτητά του υ_2 θα είναι μετά την κρούση:

$$\upsilon_2 = \frac{2m}{m+M}\upsilon \quad (1)$$

Αν η κρούση είναι κεντρική και πλαστική, εφαρμόζουμε αρχή διατήρησης της ορμής, οπότε έχουμε:

$$\vec{p}_{\alpha\rho\chi} = \vec{p}_{\tau\varepsilon\lambda} \Rightarrow m\upsilon + 0 = (m+M)V \Rightarrow V = \frac{m}{m+M}\upsilon \quad (2)$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις (1) και (2) παίρνουμε:

$$\frac{\upsilon_2}{V} = 2 \quad (3)$$

Εφαρμόζουμε ΘΜΚΕ για το σώμα Β από τη θέση ακριβώς μετά την ελαστική κρούση μέχρι τη θέση της μέγιστης συσπείρωσης x_{max} του ελατηρίου:

$$\Sigma W = K_{\tau\varepsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} \Rightarrow W_{F\varepsilon\lambda} = 0 - \frac{1}{2}M\upsilon_2^2 \Rightarrow -\frac{1}{2}kx_{max}^2 = -\frac{1}{2}M\upsilon_2^2 \Rightarrow \upsilon_2 = \sqrt{\frac{k}{M}}x_{max} \quad (4)$$

Εφαρμόζουμε ΘΜΚΕ για το συσσωμάτωμα από τη θέση ακριβώς μετά την πλαστική κρούση μέχρι τη θέση της μέγιστης συσπείρωσης x_{max} του ελατηρίου:

$$\Sigma W = K_{\tau\varepsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} \Rightarrow W_{F\varepsilon\lambda} = 0 - \frac{1}{2}(M+m)V^2 \Rightarrow -\frac{1}{2}kx_{max}^2 = -\frac{1}{2}(M+m)V^2 \Rightarrow$$

$$V = \sqrt{\frac{k}{M+m}}x_{max} \quad (5)$$

Διαιρώντας κατά μέλη τις σχέσεις (4) και (5) παίρνουμε:

$$\frac{\upsilon_2}{V} = \sqrt{\frac{M+m}{M}} \overset{(3)}{\Rightarrow} M + m = 4M \Rightarrow M = \frac{m}{3}$$

Μονάδες 8

2.2.

2.2.Α. Σωστή απάντηση η (γ).

Μονάδες 4

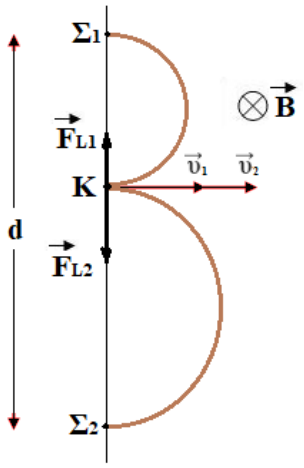
2.2.Β. Το θετικό ιόν Α μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο δέχεται δύναμη *Lorentz* F_{L1}, η οποία παραμένει μονίμως κάθετη στην ταχύτητά του παίζοντας ρόλο κεντρομόλου δύναμης. Έτσι το ιόν Α εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση, της οποίας η ακτίνα και η περίοδος δίνονται από τις σχέσεις:

$$R_1 = \frac{m_A\upsilon_1}{B|q_A|} \quad (1) \qquad T_1 = \frac{2\pi m_A}{B|q_A|} \quad (2)$$

Αντίστοιχα, για το αρνητικό ιόν Β δεχόμενο τη δύναμη $Lorentz\ F_{L2}$, έχουμε:

$$R_2 = \frac{m_B \upsilon_2}{B|q_B|} = \frac{2m_A \cdot 1{,}5\upsilon_1}{B \cdot 2|q_A|} = 1{,}5R_1 \qquad (3)$$

$$T_2 = \frac{2\pi m_B}{B|q_B|} = \frac{2\pi \cdot 2m_A}{B \cdot 2|q_A|} = T_1 \qquad (4)$$



Σε χρόνο $t = \frac{T_1}{2}$, το ιόν Α διαγράφει ημικύκλιο φτάνοντας στο σημείο Σ_1, όπως φαίνεται στο σχήμα. Επειδή από τη σχέση (4) $T_1 = T_2$, ομοίως και το αρνητικό ιόν Β διαγράφει ημικύκλιο φτάνοντας στο σημείο Σ_2. Συνεπώς η απόσταση d των σημείων Σ_1 και Σ_2 είναι:

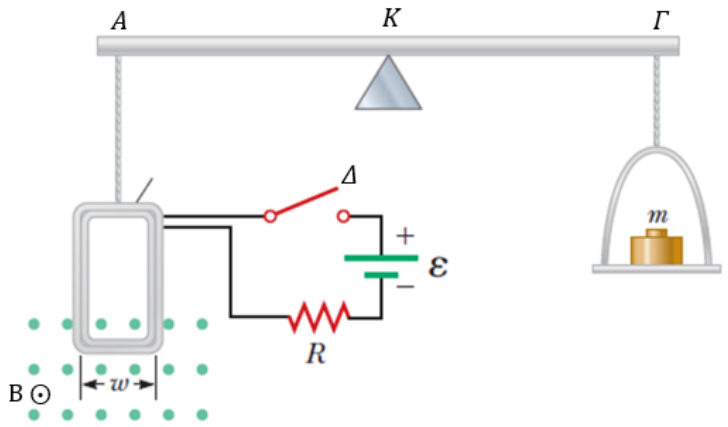
$$d = 2R_2 + 2R_1 \Rightarrow d = 5R_1$$

Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1. Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη σχηματική αναπαράσταση μιας συσκευής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση μαγνητικών πεδίων. Ένα ορθογώνιο συρμάτινο πλαίσιο αμελητέας αντίστασης αποτελείται από $N = 50$ σπείρες και έχει πλάτος $w = 5cm$. Το πλαίσιο είναι αναρτημένο στον ένα βραχίονα ενός ζυγού στο σημείο Α και αιωρείται μεταξύ των πόλων ενός μαγνήτη. Ο βραχίονας έχει αμελητέα μάζα. Στο σημείο Γ είναι αναρτημένος ο δίσκος του ζυγού. Το μαγνητικό πεδίο είναι ομογενές και κάθετο στο κατακόρυφο επίπεδο του πλαισίου. Η ηλεκτρική πηγή είναι ιδανική με ΗΕΔ $\mathcal{E} = 3V$ και ο αντιστάτης έχει ωμική αντίσταση $R = 10\Omega$. Όταν το ρεύμα στο πλαίσιο είναι μηδέν, το σύστημα ισορροπεί και το στήριγμα στο σημείο Κ βρίσκεται στο μέσο της απόστασης ΑΓ. Όταν ο διακόπτης Δ είναι κλειστός και το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα, πρέπει να προστεθεί μια μάζα $m = 20g$ στον δίσκο στη δεξιά πλευρά για να ισορροπήσει και πάλι το σύστημα χωρίς να μετακινηθεί ο βραχίονας. Αν δίνεται ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει μέτρο $g = 10\frac{m}{s^2}$, τότε το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου Β είναι



(α) $B = \frac{4}{15}T$ **(β)** $B = \frac{2}{5}T$ **(γ)** $B = \frac{1}{4}T$

2.1.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

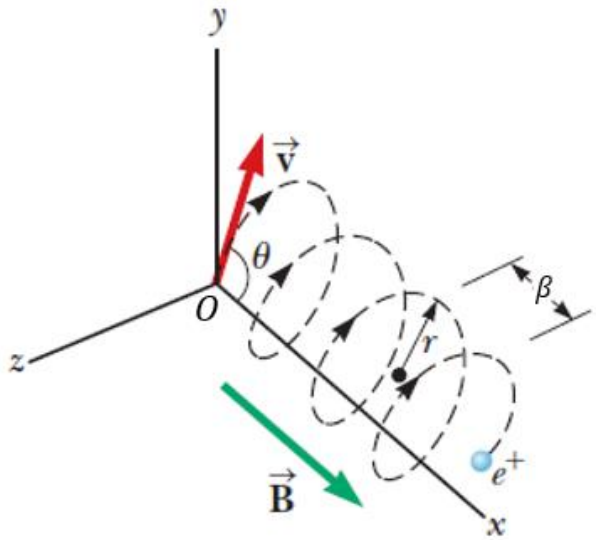
Μονάδες 4

2.1.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 8

νέο φροντιστήριο

2.2 Ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης Β έχει κατεύθυνση κατά μήκος του θετικού ημιάξονα Ox. Ένα ποζιτρόνιο e^+ (σωματίδιο που έχει ίδια μάζα με το ηλεκτρόνιο και αντίθετο φορτίο) κινείται με ταχύτητα $\vec{v}$ και εισέρχεται στο πεδίο κατά μήκος μιας κατεύθυνσης που σχηματίζει γωνία θ με τον ημιάξονα Ox. Για την γωνία θ ισχύει ότι $\varepsilon\varphi\theta = 2$. Η κίνηση του σωματιδίου είναι ελικοειδής όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αν η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς είναι $r = 2cm$, τότε το βήμα β της έλικας είναι



(α) π cm **(β)** 2π cm **(γ)** $\frac{\pi}{2}$ cm

2.2.Α. Να επιλέξετε την ορθή απάντηση.

Μονάδες 4

2.2.Β. Να αιτιολογήσετε την επιλογή σας.

Μονάδες 9

νέο φροντιστήριο

ΘΕΜΑ 2

2.1.

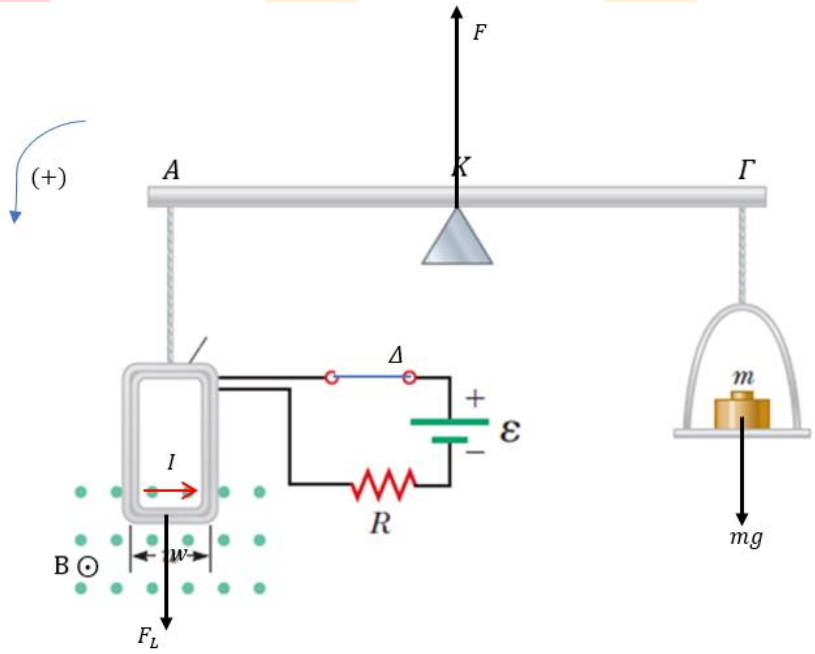
2.1.Α. Σωστή απάντηση η (α).

Μονάδες 4

2.1.Β.

Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, επιτυγχάνουμε ισορροπία του βραχίονα στο σημείο Κ. Όταν ο διακόπτης Δ κλείσει, οι επιπλέον δυνάμεις που ασκούνται στον βραχίονα και ασκούν ροπή ως προς το Κ είναι η δύναμη Laplace F_L και το βάρος mg που τοποθετούμε στον δίσκο στα δεξιά. Η επιπλέον δύναμη F που ασκείται στο στήριγμα, δεν ασκεί ροπή ως προς αυτό. Το ρεύμα που διαρρέει το πλαίσιο είναι

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{3V}{10\Omega} = 0{,}3A$$



Συνεπώς, αφού ο βραχίονας ισορροπεί εκ νέου, οι επιπλέον δυνάμεις που δέχεται έχουν ως προς το Κ

$$\Sigma\vec{\tau} = 0 \Rightarrow \vec{\tau}_{F_L} + \vec{\tau}_{mg} + \vec{\tau}_F = 0 \Rightarrow F_L(AK) - mg(K\Gamma) + 0 = 0 \Rightarrow F_L = mg \Rightarrow NBIw = mg \Rightarrow$$

$$B = \frac{mg}{NIw} = \frac{0{,}02 \cdot 10}{50 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}05}T = \frac{0{,}2}{0{,}75}T = \frac{4}{15}T$$

Μονάδες 8

2.2.

2.2.Α. Σωστή απάντηση η (β).

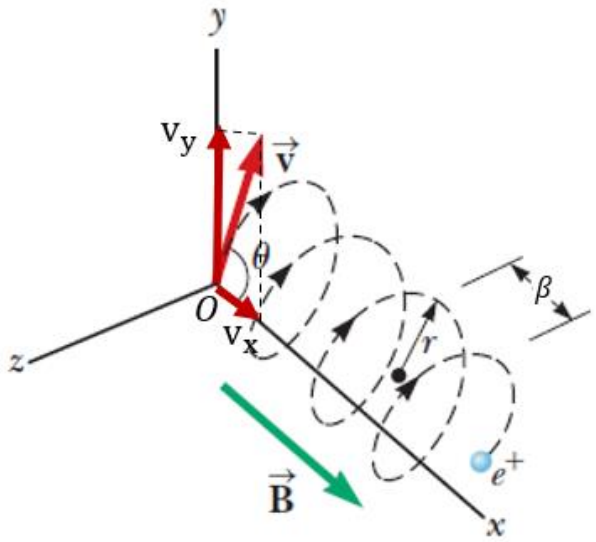
Μονάδες 4

2.2.Β.

Η συνιστώσα της ταχύτητας του ποζιτρονίου στον ημιάξονα Ox έχει μέτρο $v_x = v\sigma\upsilon\nu\theta$ και η συνιστώσα στον ημιάξονα Oy έχει μέτρο $v_y = v\eta\mu\theta$. Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς είναι

$$r = \frac{mv_y}{Bq} \Rightarrow r = \frac{mv\eta\mu\theta}{Bq} \qquad (1)$$

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο



Το βήμα της έλικας είναι το μέτρο της μετατόπισης του ποζιτρονίου σε χρόνο μίας περιόδου $T = \frac{2\pi m}{Bq}$, δηλαδή

$$\beta = v_x T \Rightarrow \beta = \frac{2\pi m v \sigma\upsilon\nu\theta}{Bq} \qquad (2)$$

Διαιρούμε κατά μέλη τις σχέσεις (1) και (2), οπότε

$$\frac{r}{\beta} = \frac{\frac{mv\eta\mu\theta}{Bq}}{\frac{2\pi m v \sigma\upsilon\nu\theta}{Bq}} \Rightarrow \frac{r}{\beta} = \frac{\eta\mu\theta}{2\pi\sigma\upsilon\nu\theta} \Rightarrow \frac{r}{\beta} = \frac{\varepsilon\varphi\theta}{2\pi} \Rightarrow \beta = \frac{2\pi r}{\varepsilon\varphi\theta} = \frac{2\pi \cdot 2}{2}\,cm = 2\pi cm$$

Μονάδες 9

ΑΠΑΝΤΗΣΗ
νέο φροντιστήριο