ΣΑΒΒΑΤΟ 13 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 2024

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΑΤΟΣ
ΦΥΣΙΚΗΣ Γ΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

Επιμέλεια διαγωνίσματος: ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΑΡΗΣ

ΘΕΜΑ Α

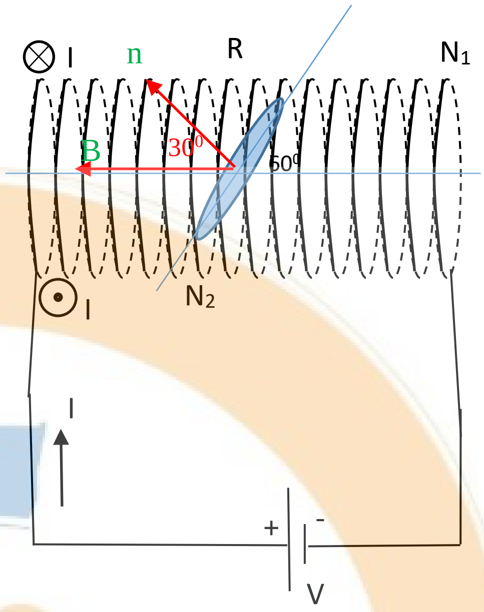
I. Α1. Γ ενισχυτική συμβολή
Α2. Β εφαρμογή του κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού
Α3. Α γιατί μεταβάλλεται η ροή
Α4. Δ το σημείο αυτό έχει εκτελέσει μισή ταλάντωση αυτή τη χρονική στιγμή.
II. 1) Σ **2)** Λ και ημικυκλικές τροχιές **3)** Σ **4)** Σ **5)** Σ

ΘΕΜΑ Β

Β1. Ι. Σωστή η (α).
Το ρεύμα που δίνει η πηγή διακλαδίζεται στον αγωγό ΚΛ και στον αγωγό ΜΝ.
Η ολική αντίσταση του κλειστού κυκλώματος είναι:
$R_{ολ} = \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} + r = \frac{2R}{3} + \frac{R}{3} = R$ και το ολικό ρεύμα $I = \frac{E}{R}$
Η τάση τα άκρα του αγωγού ΚΛ είναι ίση με την πολική τάση της πηγής :
$$V_{Π} = E - I \cdot r = E - \frac{E}{R} \cdot \frac{R}{3} = \frac{2E}{3}$$
Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ είναι :
$$I_{ΚΛ} = \frac{V_{Π}}{R_{ΚΛ}} = \frac{\frac{2E}{3}}{2R} = \frac{E}{3R} \quad (1)$$
Ισορροπία αγωγού ΚΛ : Ο αγωγός δέχεται δύναμη Laplace αντίθετη του βάρους.
$$\Sigma F = 0 \Leftrightarrow (\downarrow +) mg - F_L = 0 \Leftrightarrow mg = B \cdot I_{ΚΛ} \cdot L \Leftrightarrow mg = B \cdot \frac{E}{3R} \cdot L \Leftrightarrow \boxed{B = \frac{mg \cdot 3R}{E \cdot L}}$$
ΙΙ. Σωστή η (γ) .
Όταν ανοίξουμε τον διακόπτη κλειστό κύκλωμα αποτελούν μόνο η πηγή και ο αγωγός ΚΛ που συνδέονται τώρα σε σειρά. Το νέο ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό ΚΛ είναι :
$$I' = \frac{E}{R_{ολ}'} = \frac{E}{2R + r} = \frac{E}{2R + \frac{R}{3}} \quad (2)$$
Από τις σχέσεις (1), (2) επειδή $3R > 2R + \frac{R}{3}$ ο αγωγός ΚΛ διαρρέεται από μεγαλύτερο ρεύμα σε σχέση με πριν , $I' > I_{ΚΛ}$ οπότε δέχεται μεγαλύτερη δύναμη Laplace. Η δύναμη από το πεδίο είναι μεγαλύτερη από την βαρύτητα οπότε ο αγωγός κινείται προς τα πάνω.

B2. Σωστή η (α) .

Στον κυκλικό αγωγό αναπτύσσεται τάση από επαγωγή γιατί μεταβάλλεται η ροή που διέρχεται από την επιφάνειά του σε χρόνο Δt. Αρχικά υπάρχει ροή μέσα από τον κυκλικό αγωγό γιατί βρίσκεται εντός του ομογενούς μαγνητικού πεδίου του ρευματοφόρου πηνίου, ενώ η τελική ροή είναι ίση με το μηδέν γιατί σε χρόνο Δt μηδενίζεται το ρεύμα στο κύκλωμα οπότε και η ένταση $\vec{B}$ του πεδίου στο πηνίο. Στο σχήμα φαίνεται η φορά των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου στο πηνίο και το μοναδιαίο διάνυσμα $\vec{n}$ κάθετο στην επιφάνεια. Η γωνία μεταξύ τους είναι ίση με 30^0 οπότε η μαγνητική ροή είναι αρχικά :



$$\Phi_{\alpha\rho\chi} = B \cdot S \cdot \sigma\upsilon\nu 30^0 = \left(\mu_0 \cdot \frac{N_1}{L} \cdot I\right) \cdot \left(\pi r^2\right) \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot I \cdot \pi r^2 \sqrt{3}}{2L}$$

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι αρχικά $I = \frac{V}{R}$ και τελικά ίση με το μηδέν.

Για την τάση από επαγωγή:

$$E_{\varepsilon\pi} = N_2 \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = N_2 \frac{|\Phi_{\tau\varepsilon\lambda} - \Phi_{\alpha\rho\chi}|}{\Delta t} = N_2 \frac{|-\Phi_{\alpha\rho\chi}|}{\Delta t} = N_2 \frac{\frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot I \cdot \pi r^2 \sqrt{3}}{2L}}{\Delta t}$$

Με αντικατάσταση της ένταση του ρεύματος I:

$$E_{\varepsilon\pi} = \frac{\sqrt{3} \cdot \mu_0 \cdot N_1 N_2 \pi r^2 \cdot V}{2R \cdot L \cdot \Delta t}$$

B3. Σωστή η (γ).

Ο αγωγός (1) προκαλεί στο κέντρο Κ ένταση μαγνητικού πεδίου με φορά από τον αναγνώστη προς τη σελίδα και με μέτρο : $B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2\pi I_1}{a} = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2a}$ (1)

Για τον αγωγό (2) από τον νομό Biot-Savart η φορά του μαγνητικού πεδίου που προκαλεί στο κέντρο Κ είναι από τη σελίδα προς τον αναγνώστη και για το μέτρο :

$$B_2 = dB_1 + dB_2 + \ldots = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_2 \cdot dl_1}{(2a)^2} \eta\mu 90^0 + \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_2 \cdot dl_2}{(2a)^2} \eta\mu 90^0 + \ldots$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_2 \cdot (dl_1 + dl_2 + \ldots)}{(2a)^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_2 \cdot (\pi \cdot 2\alpha)}{(2a)^2} \Leftrightarrow B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I_2}{8a} (2)$$

Σύμφωνα με την εκφώνηση η συνολική ένταση στο κέντρο Κ έχει μέτρο $2B_1$ και φορά από την σελίδα προς των αναγνώστη οπότε από τα δυο αντίρροπα διανύσματα επικρατεί το διάνυσμα έντασης μέτρου B_2 και ισχύει με <u>θετική φορά αυτής του B_2</u> η ισότητα :

$$B_2 - B_1 = 2B_1 \Leftrightarrow B_2 = 3B_1 \xrightarrow{(1),(2)} \frac{\mu_0 \cdot I_2}{8a} = 3\frac{\mu_0 \cdot I_1}{2a} \Leftrightarrow 2I_2 = 24I_1 \Leftrightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{12} \ .$$

<u>ΘΕΜΑ Γ</u>

Γ1. Μια κοιλία του στάσιμου κύματος εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση πλάτους 2Α και περιόδου Τ. Εκφώνηση:

$$d = 4A \Leftrightarrow 0,4m = 4A \Leftrightarrow A = 0,1m$$

$$\Delta t = \frac{T}{2} \Rightarrow \frac{\pi}{10}s = \frac{T}{2} \Leftrightarrow T = \frac{\pi}{5}s$$

Η θέση της δεύτερης κοιλίας δεξιά της αρχής Ο είναι : $x_{k2} = 2 \cdot \frac{\lambda}{2} = \lambda$

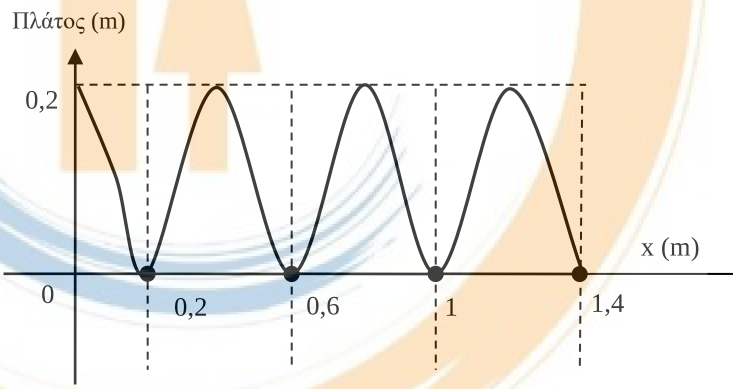
Η θέση του τέταρτου δεσμού δεξιά της αρχής Ο είναι : $x_{\Delta 4} = (2N+1) \cdot \frac{\lambda}{4} = (2 \cdot 3 + 1) \cdot \frac{\lambda}{4} = \frac{7\lambda}{4}$

Είναι : $\Delta x = 0,6m = \frac{7\lambda}{4} - \lambda = \frac{3\lambda}{4} \Leftrightarrow \lambda = 0,8m$

Εξίσωση στάσιμου κύματος : $y = 2A\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda} \cdot \eta\mu\frac{2\pi t}{T} \Leftrightarrow y = 0,2\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{0,8} \cdot \eta\mu\frac{2\pi t}{\pi/5} \Leftrightarrow$

$\boxed{y = 0,2\sigma\upsilon\nu 2,5\pi x \cdot \eta\mu 10\pi t}$ (SI).

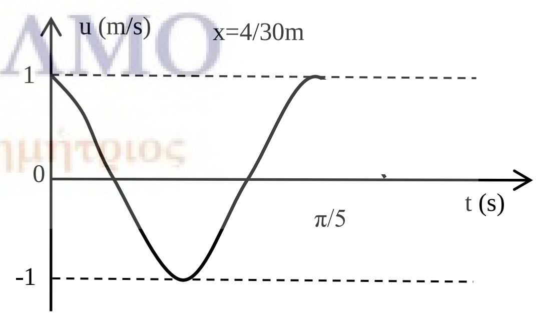
Γ2. Η εξίσωση της γραφικής είναι $\mathrm{A}' = \left|2A\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda}\right| = \left|0,2\sigma\upsilon\nu(2,5\pi x)\right|$ μεταξύ των ορίων x=0 και x=1,4m. Το πλάτος παίρνει θετικές τιμές από την τιμή μηδέν μέχρι την τιμή 2Α=0,2m. Τα έντονα σημεία της γραφικής είναι οι θέσεις των δεσμών του στάσιμου κύματος : $x_\Delta = (2N+1)\frac{\lambda}{4}$.



Γ3. Η γενική μορφή της ταχύτητας ενός σημείου του ελαστικού μέσου είναι

$$u = \omega \cdot (2\mathrm{A}\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi x}{\lambda}) \cdot \sigma\upsilon\nu\frac{2\pi t}{T} \ .$$

Για το σημείο Ν με θέση $x_N = \frac{4}{30}m$:



$$u=10\cdot(0,2\sigma\upsilon\nu\frac{2\pi(\frac{4}{30})}{\frac{8}{10}})\cdot\sigma\upsilon\nu 10\pi t=2\cdot\sigma\upsilon\nu\frac{\pi}{3}\cdot\sigma\upsilon\nu 10\pi t\Leftrightarrow u=1\cdot\sigma\upsilon\nu 10\pi t$$ στο SI.

Η γραφική παράσταση φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Γ4. Το αρχικό πλάτος του σημείου Ν είναι:

$$\mathrm{A}'=\left|2A\sigma\upsilon\nu 2\pi\frac{x_{\mathrm{N}}}{\lambda}\right|=\left|2A\sigma\upsilon\nu 2\pi\frac{4/30}{8/10}\right|=\left|2A\sigma\upsilon\nu\frac{\pi}{3}\right|=A=0,1m$$

Για την νέα συχνότητα των κυμάτων από την εκφώνηση :

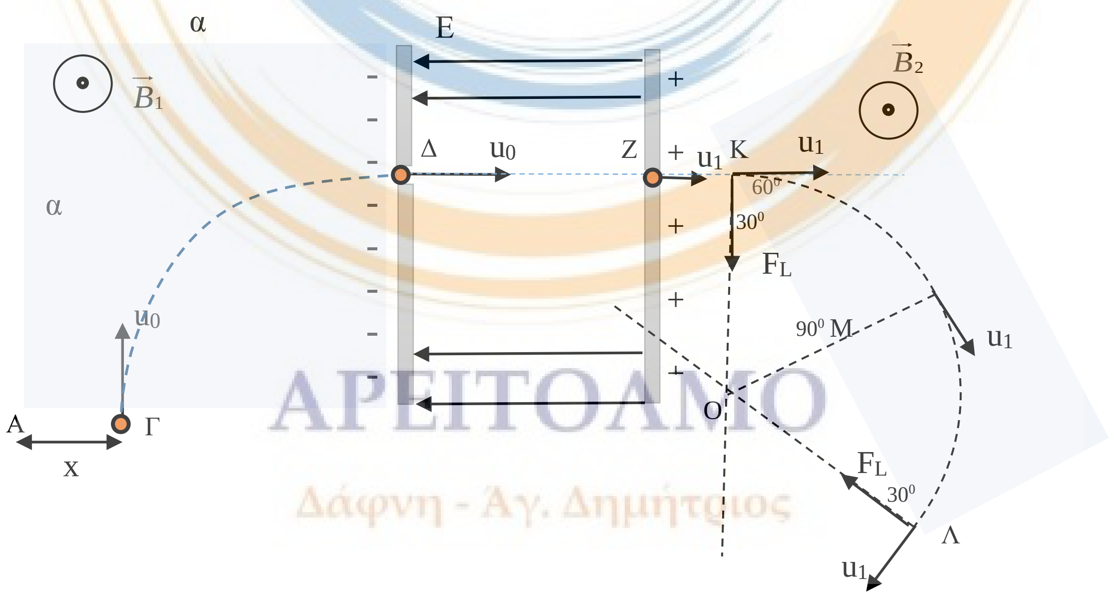
$f'=f+50\%\cdot f=1,5f$ και αυτή αντιστοιχεί σε ένα νέο μήκος κύματος για το οποίο ισχύει η σχέση $u=\lambda' f'\Leftrightarrow\lambda f=\lambda' f'\Leftrightarrow\lambda f=\lambda'\cdot 1,5f\Leftrightarrow\lambda'=\frac{2\lambda}{3}=\frac{1,6}{3}m$.

Τελικά για το νέο πλάτος του συγκεκριμένου σημείου :

$$\mathrm{A}'=\left|2A\sigma\upsilon\nu 2\pi\frac{x_{\mathrm{N}}}{\lambda'}\right|=\left|2A\sigma\upsilon\nu 2\pi\frac{4/30}{1,6/3}\right|=\left|2A\sigma\upsilon\nu\frac{\pi}{2}\right|=0$$

Το σημείο Ν τώρα είναι δεσμός του νέου στάσιμου κύματος που αναπτύσσεται στο ελαστικό μέσο.

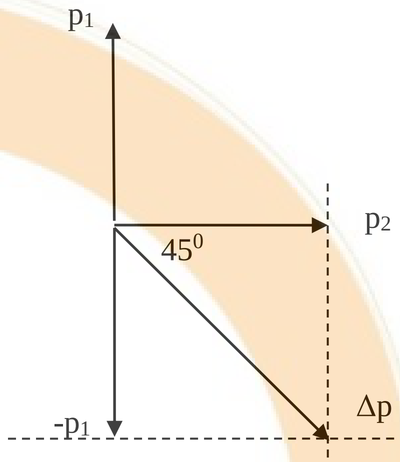
<u>ΘΕΜΑ Δ</u>



Δ1. Επειδή το πρωτόνιο εισέρχεται κάθετα στην κατανομή του πεδίου έντασης μέτρου B_1 στο σημείο Γ και εξέρχεται πάλι κάθετα από αυτή στο σημείο Δ τότε η ακτίνα του τεταρτοκυκλίου που διαγράφει στο πεδίο είναι :

$$R_1 = a - x = 2cm = \frac{m \cdot u_0}{B \cdot |q|} \Leftrightarrow u_0 = \frac{(a-x)B \cdot |q|}{m} \Leftrightarrow u_0 = 4 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$$

Δ2. Έστω p_1 και p_2 η αρχική και η τελική ορμή του πρωτονίου κατά την κίνηση του στο πεδίο έντασης μέτρου B_1



Κατά μέτρο : $p_1 = p_2 = m \cdot u_0$

Διανυσματικά : $\Delta \vec{p} = \vec{p_2} + (-\vec{p_1})$

Από το σχήμα

Για το μέτρο της μεταβολής της ορμής :

$$\Delta p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} = \sqrt{2p_1^2} = \sqrt{2}p_1 = \sqrt{2} \cdot mu_0$$

Η γωνία που σχηματίζει η μεταβολή της ορμής με την οριζόντια διεύθυνση είναι 45^0

Δ3. Το πρωτόνιο στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο εκτελεί ευθύγραμμη ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση δεχόμενο σταθερή δύναμη αντίθετης φοράς που είναι ηλεκτρική.
ΘΜΚΕ για το πρωτόνιο από τη θέση Δ στη θέση Ζ:

$$W_{F\eta\lambda} = K_{\tau\varepsilon\lambda} - K_{\alpha\rho\chi} \Leftrightarrow q \cdot V_{\Delta Z} = \frac{1}{2} m \cdot u_1^2 - \frac{1}{2} m \cdot u_0^2 \Rightarrow \frac{2q \cdot V_{\Delta Z}}{m} = u_1^2 - u_0^2 \Leftrightarrow$$

$$u_1 = \sqrt{u_0^2 + \frac{2q \cdot V_{\Delta Z}}{m}} \Leftrightarrow u_1 = \sqrt{16 \cdot 10^{12} + 2 \cdot 10^8 \cdot (-7,5 \cdot 10^4)} \Leftrightarrow u_1 = 10^6 \frac{m}{s}$$

Δ4. Το πρωτόνιο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο έντασης μέτρου B_2 κάθετα στις δυναμικές γραμμές του πεδίου ,αλλά υπό γωνία 60^0 ως προς την κατανομή του πεδίου και από την συμμετρία της κυκλικής του κίνησης εξέρχεται από την κατανομή του πεδίου σχηματίζοντας την ίδια γωνία 60^0 με την ευθεία στην οποία ανήκει το ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ.
Από το σχήμα ΚΛ=ΚΜ+ΜΛ =2ΚΜ

Η ακτίνα της κυκλικής κίνησης είναι $R_2 = O\mathrm{K} = O\Lambda = \dfrac{m \cdot u_1}{B_2 \cdot q} = 2cm = R_1$

Από την γεωμετρία του σχήματος : $\sigma\upsilon\nu 30^0 = \dfrac{\mathrm{KM}}{R_2} \Leftrightarrow \mathrm{KM} = R_2 \cdot \sigma\upsilon\nu 30^0$

Τελικά : $\mathrm{K\Lambda} = 2\mathrm{KM} = 2R_2 \cdot \sigma\upsilon\nu 30^0 = 2R_2 \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Leftrightarrow \boxed{\mathrm{K\Lambda} = 2\sqrt{3}cm}$

Δ5. Έστω Π_1 η περίμετρος της κυκλικής κίνησης του πρωτονίου στο πρώτο μαγνητικό πεδίο.
Είναι Π_1=Π_2 οπού Π_2 η περίμετρος κίνησης στο δεύτερο πεδίο γιατί ισχύει $R_2 = R_1 = 2cm$
Ονομάζουμε επίσης L την απόσταση ΔΖ.
Η γωνία ΚΟΛ είναι ίση με 120^0=2π/3 όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε βλέποντας το σχήμα οπότε το πρωτόνιο διαγράφει στο πεδίο έντασης μέτρου B_2 το ένα τρίτο μιας ολόκληρης κυκλικής τροχιάς

Από τα παραπάνω : $S_{o\lambda} = \frac{\Pi_1}{4} + L + \frac{\Pi_2}{3} = \frac{7}{12}\Pi_1 + L = \frac{7}{12}(2\pi R_1) + L$ (1)

Για το μήκος L: $E = \frac{|V_{\Delta Z}|}{L} \Leftrightarrow L = \frac{|V_{\Delta Z}|}{E} = \frac{7,5\cdot 10^4}{15\cdot 10^5} = 5cm$

Τελικά με αντικατάσταση στη σχέση (1) έχουμε: $\boxed{S_{o\lambda} = (\frac{7\pi}{3} + 5)\,\mathrm{cm}}$

Όμοια για τον συνολικό χρόνο κίνησης:

$$t_{o\lambda} = \frac{T_1}{4} + t_{\Delta Z} + \frac{T_2}{3} = \frac{\frac{2\pi\cdot m}{B_1\cdot q}}{4} + t_{\Delta Z} + \frac{\frac{2\pi\cdot m}{B_2\cdot q}}{3} = \frac{\pi\cdot m}{2B_1\cdot q} + t_{\Delta Z} + \frac{2\pi\cdot m}{3B_2\cdot q} \quad (3)$$

Για τον χρόνο κίνησης στο ηλεκτρικό πεδίο η επιτάχυνση είναι $\alpha = \frac{E\cdot q}{m} = 15\cdot 10^{13}\,\frac{m}{s^2}$

και τελικά $u_1 = u_0 - at_{\Delta Z} \Leftrightarrow t_{\Delta Z} = \frac{u_0 - u_1}{a} = \frac{10}{6}\cdot 10^{-8}s$

Από την σχέση (3) με αντικατάσταση : $t_{o\lambda} = \left(\frac{\pi}{4} + \frac{10}{6} + \frac{4\pi}{3}\right)\cdot 10^{-8}s$