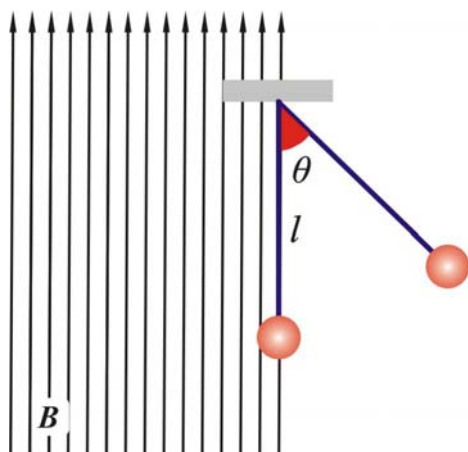


ΘΕΜΑ 1

A. Κυλινδρικός αγωγός ακτίνας $a = 2,5 \text{ cm}$ διαρρέεται κατά μήκος του από ρεύμα $I = 2,5 \text{ A}$. Το ρεύμα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένο καθ' όλη τη διατομή του αγωγού. α) Υπολογίστε το μαγνητικό πεδίο στο μέσο της ακτίνας του σύρματος (δηλαδή, στο $r = a/2$). β) Βρείτε την απόσταση πέρα από το κέντρο του αγωγού και στο χώρο έξω από τον αγωγό στην οποία το μέτρο του μαγνητικού πεδίου έχει την ίδια τιμή με το μέτρο του πεδίου για $r = a/2$.

(50% των μονάδων του θέματος)

B.



Φορτισμένο σωματίο μάζας m ισορροπεί στο κάτω άκρο αβαρούς νήματος μήκους l , όπως φαίνεται στο σχήμα. Το σωματίο έχει αρνητικό φορτίο q . Το σωματίο εκτρέπεται από την θέση ισορροπίας του, έτσι ώστε το νήμα να σχηματίζει με την κατακόρυφο γωνία θ και αφήνεται ελεύθερο. Την στιγμή που βρίσκεται στο κατώτατο σημείο της τροχιάς του, το νήμα κόβεται και το σωματίο εισέρχεται σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο B .

α) Ποιο είναι το είδος της τροχιάς του σωματίου κατά την κίνηση του εντός του μαγνητικού πεδίου; Δικαιολογήστε την απάντησή σας. Πώς θα μεταβληθεί η περίοδος της κίνησης αν αυξηθεί η γωνία εκτροπής;

β) Ποια πρέπει να είναι η διεύθυνση, φορά και το μέτρο της έντασης ηλεκτρικού πεδίου που πρέπει να συνυπάρχει με το μαγνητικό, ώστε το σωματίο να κινείται με σταθερή ταχύτητα εντός του μαγνητικού πεδίου;

Θεωρείστε ότι το βαρυτικό πεδίο δεν επηρεάζει την κίνηση του σωματίου μέσα στο μαγνητικό πεδίο αλλά επηρεάζει την κίνηση στο χώρο έξω του μαγνητικού πεδίου.

(50% των μονάδων του θέματος)

Λύση

A.

α) Εφαρμόζοντας το νόμο του Ampère για $r \leq a$ έχουμε $B = \mu_0 I' / 2\pi r$ όπου I' το ρεύμα που διαρρέει αγωγό ακτίνας r . Επειδή το ρεύμα είναι κατανεμημένο

ομοιόμορφα στη διατομή του αγωγού θα ισχύει: $\frac{I'}{I} = \frac{\pi r^2}{\pi a^2} \Rightarrow I' = I \frac{r^2}{a^2}$. Επομένως

$$B = \mu_0 I r / 2\pi a^2, \text{ για } r \leq a$$

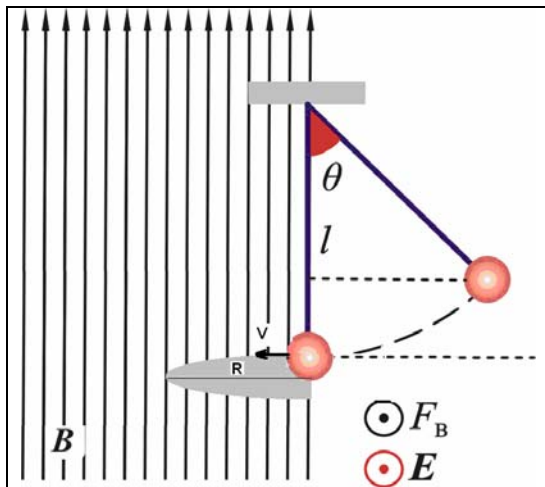
Με αριθμητική αντικατάσταση βρίσκουμε:

$$B = \mu_0 (2,5 \text{ A}) (0,0125 \text{ m}) / 2\pi (0,025 \text{ m})^2 = 10,0 \mu\text{T}$$

β) $B = \mu_0 I / 2\pi r$; για $r \geq a$

$$r = \mu_0 I / 2\pi B = \mu_0 (2,5 \text{ A}) (0,05 \text{ m}) / 2\pi (10 \times 10^{-6} \text{ T}) = 5,00 \text{ cm}$$

B.



α) Την στιγμή που κόβεται το νήμα και το σωματίο εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο, η ταχύτητα V του σωματίου είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές. Επομένως του ασκείται μαγνητική δύναμη F_B με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της κίνησης και φορά προς τα έξω, που δρα ως κεντρομόλος. Άρα θα εκτελέσει ομαλή κυκλική κίνηση με ακτίνα R και περίοδο T . Το σώμα θα διαγράψει ημικύκλιο και θα εξέλθει από το μαγνητικό πεδίο με ταχύτητα αντίθετη της αρχικής του.

Υπολογισμός ακτίνας R :

$R = \frac{mV}{Bq}$. Η ταχύτητα θα βρεθεί από την

αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας μεταξύ της αρχικής του θέσης και της θέσης όπου σπάει το σχοινί:

$mg l (1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} m V^2 \rightarrow V = \sqrt{2gl(1 - \cos \theta)}$. Άρα η ακτίνα R θα δίνεται από την σχέση

$$R = \frac{m \sqrt{2gl(1 - \cos \theta)}}{Bq}$$

Υπολογισμός περιόδου T :

$T = \frac{2\pi m}{Bq}$. Επειδή η περίοδος δεν εξαρτάται από την ταχύτητα εισόδου στο μαγνητικό πεδίο, δεν θα επηρεαστεί από την αύξηση της γωνίας εκτροπής.

β) Το ηλεκτρικό πεδίο θα πρέπει να ασκεί δύναμη αντίθετη της μαγνητικής. Για να συμβαίνει αυτό πρέπει το διάνυσμα της έντασης E του ηλεκτρικού πεδίου να είναι όπως φαίνεται στο σχήμα. Η φορά και η διεύθυνσή του συμπίπτουν με αυτές της μαγνητικής δύναμης F_B .

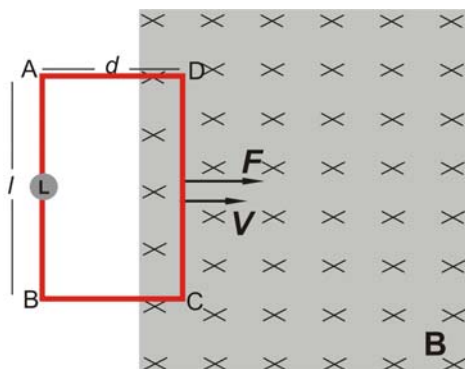
$$Eq = BVq \rightarrow E = BV$$

ΘΕΜΑ 2

A. Στις γωνίες ενός τετραγώνου με πλευρά $a = 5 \text{ cm}$ τοποθετούνται 4 ίδια θετικά φορτία $Q = 2 \text{ nC}$. Να βρεθεί η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου α) στο κέντρο του τετραγώνου, β) στο μέσο της μιας πλευράς.

(30% των μονάδων του θέματος)

B.



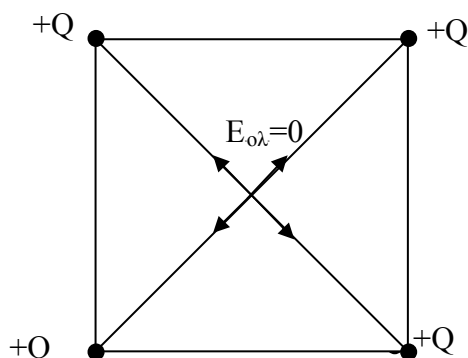
Το πλαίσιο του σχήματος με αμελητέα ωμική αντίσταση και διαστάσεις d, l συνδέεται με λαμπτήρα L αντίστασης R . Το πλαίσιο εισέρχεται σε μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} και κινείται μέσα σε αυτό με σταθερή ταχύτητα \vec{V} με την βοήθεια της δύναμης \vec{F} , όπως φαίνεται στο σχήμα.

- I. 1. Γιατί ανάβει ο λαμπτήρας για όσο χρόνο διαρκεί η είσοδος του πλαισίου στο μαγνητικό πεδίο;
 2. Να βρεθεί η φορά του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο. Δικαιολογήστε την απάντησή σας
 3. Να υπολογιστεί η ένταση του ρεύματος αυτού. Πόση είναι η δύναμη \vec{F} που ασκείται στο πλαίσιο;
 4. Να παρασταθεί γραφικά η συνάρτηση $I = f(t)$, έως την στιγμή που η πλευρά CD έχει μετατοπιστεί κατά $2d$ μέσα στο πεδίο. Θεωρήστε ότι η χρονική στιγμή $t = 0$ είναι η στιγμή που η πλευρά CD του πλαισίου εισέρχεται στο μαγνητικό πεδίο.
 - II. Όταν το πλαίσιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα στο πεδίο
 1. Τι θα παρατηρηθεί στην φωτοβολία του λαμπτήρα και γιατί;
 2. Πόση δύναμη χρειάζεται τώρα, ώστε το πλαίσιο να συνεχίσει να κινείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο με σταθερή ταχύτητα; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
- Δίνονται: $B = 1 \text{ T}$, $V = 3 \text{ m/s}$, $l = 2 \text{ m}$, $d = 1 \text{ m}$, $R = 120 \Omega$
- (70% των μονάδων του θέματος)

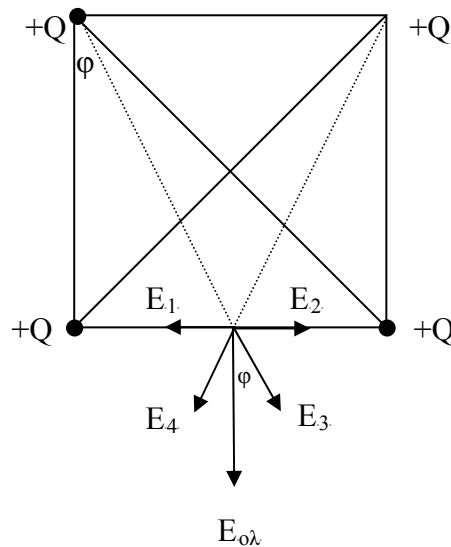
Λύση

A.

α) Στο κέντρο του τετραγώνου οι εντάσεις είναι ανά δύο αντίθετες οπότε η συνισταμένη ένταση είναι $E_{ολ} = 0$.



β) Οι εντάσεις στο μέσο της πλευράς είναι όπως φαίνεται στο σχήμα:



Ισχύει ότι $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 0$ και $E_3 = E_4 = E = Q / 4\pi\epsilon_0 (\alpha^2 + \alpha^2/4) = Q / 5\pi\epsilon_0\alpha^2$.

Η ολική ένταση είναι $E_{ολ} = 2E \cos\phi$ όπου

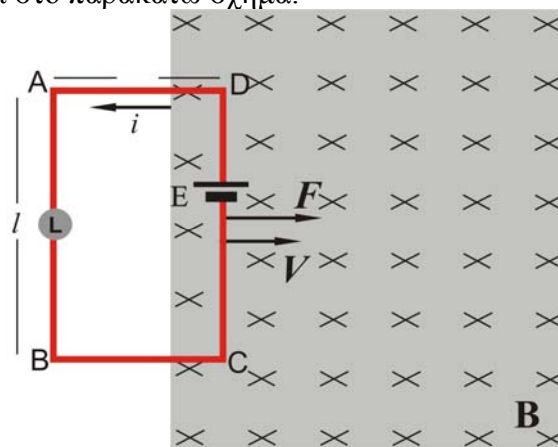
$$\cos\phi = \alpha / \sqrt{\alpha^2 + \alpha^2/4} = 2/\sqrt{5}$$

Οπότε $E_{ολ} = (2Q / 5\pi\epsilon_0\alpha^2) \cdot 2/\sqrt{5} = 4Q / 5\sqrt{5} \pi\epsilon_0\alpha^2$ σε διεύθυνση κάθετη ως προς την πλευρά.

B.

(I)

1. Στα άκρα του αγωγού CD αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή λόγω της κίνησής του στο μαγνητικό πεδίο. Τότε το πλαίσιο θα διαρρέεται από επαγωγικό ρεύμα, που προκαλεί την φωτοβολία του λαμπτήρα.
2. Η πολικότητα της επαγόμενης ΗΕΔ και κατά συνέπεια η φορά του επαγωγικού ρεύματος δίνονται στο παρακάτω σχήμα.



3. $E = Bvl = 6 \text{ V}$

$$i = \frac{E}{R} = \frac{Bvl}{R} = 0.05 \text{ A},$$

$$\sum \mathbf{F} = 0 \rightarrow F = F_L = Bil = 0.1 \text{ N}$$

4.



(II).

1. Όταν το πλαίσιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα στο μαγνητικό πεδίο, η συνολική επαγόμενη ΗΕΔ είναι μηδέν, αφού $\frac{d\Phi}{dt} = 0$. Κατά συνέπεια το πλαίσιο δεν διαρέεται από ηλ. Ρεύμα και έτσι ο λαμπτήρας παύει να φωτοβολεί.
2. Αφού $i = 0 \rightarrow F_L = Bil = 0$. Για να συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα πρέπει και $F = 0$.