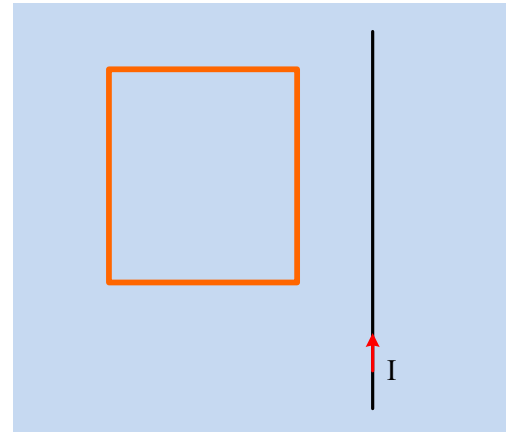


Η πτώση δύο πλαισίων

1) Ένας κατακόρυφος αγωγός, πολύ μεγάλου μήκους, διαρρέεται από συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης I , με φορά προς τα πάνω. Δίπλα στον αγωγό, σε μικρή απόσταση, κρατάμε ένα χάλκινο πλαίσιο, έτσι ώστε ο αγωγός να βρίσκεται στο επίπεδο που ορίζει το πλαίσιο. Σε μια στιγμή αφήνουμε το πλαίσιο να πέσει.



i) Το πλαίσιο θα αρχίσει να διαρρέεται από ρεύμα λόγω επαγωγής.

ii) Το πλαίσιο θα πλησιάσει τον αγωγό εξαιτίας της δύναμης Laplace που θα δεχτεί από το μαγνητικό πεδίο του αγωγού.

iii) Το πλαίσιο θα απομακρυνθεί από τον αγωγό εξαιτίας της δύναμης Laplace, που θα δεχτεί από το μαγνητικό πεδίο του αγωγού.

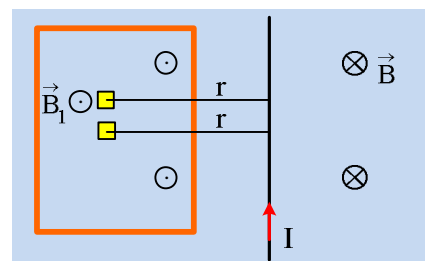
iv) Η κίνηση του πλαισίου θα είναι ελεύθερη πτώση.

Ποιες από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστές; Να δώσετε σύντομες δικαιολογήσεις.

Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

Απάντηση:

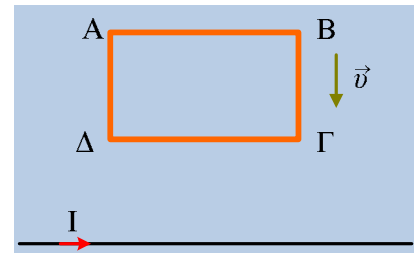
Ο ευθύγραμμος κατακόρυφος ρευματοφόρος αγωγός, δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο με δυναμικές γραμμές ομόκεντρους **οριζώντιους** κύκλους, με αποτέλεσμα στο επίπεδο της σελίδας, δεξιά του αγωγού η ένταση να έχει φορά προς τα μέσα, ενώ αριστερά του, στην περιοχή που θα κινηθεί το πλαίσιο, έχει φορά προς τον αναγνώστη. Αλλά αν πάρουμε μια στοιχειώδη επιφάνεια (με κίτρινο χρώμα στο σχήμα) σε απόσταση r από τον αγωγό, τότε η ένταση του πεδίου, στην απόσταση αυτή, έχει μέτρο:



$$B_1 = k_\mu \frac{2I}{r}$$

Καθώς θα κινηθεί προς τα κάτω το πλαίσιο, η επιφάνεια αυτή, θα συνεχίσει να απέχει την ίδια απόσταση από τον αγωγό με αποτέλεσμα και στη νέα θέση που θα βρεθεί, η ένταση του πεδίου να έχει το ίδιο μέτρο και η μαγνητική ροή που θα διέρχεται από αυτήν να έχει τιμή $\Phi_1 = B_1 \cdot dS$ (δεχόμενοι ότι η κάθετος στο πλαίσιο έχει την ίδια φορά με την ένταση). Αυτό όμως ισχύει για κάθε στοιχειώδη επιφάνεια του πλαισίου, πράγμα που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι και η συνολική μαγνητική ροή που περνά από το πλαίσιο παραμένει σταθερή. Αλλά τότε δεν έχουμε φαινόμενα επαγωγής, ούτε ρεύματα να διαρρέουν το πλαίσιο, ούτε δυνάμεις Laplace, ούτε τίποτα! Η μόνη δύναμη που ασκείται στο πλαίσιο είναι το βάρος με αποτέλεσμα αυτό να εκτελέσει ελεύθερη πτώση. Έτσι η μόνη σωστή πρόταση είναι η δ).

2) Ένας οριζόντιος αγωγός, πολύ μεγάλου μήκους, διαρρέεται από συνεχές ρεύμα σταθερής έντασης I , με φορά προς τα δεξιά. Πάνω από τον αγωγό, αφήνουμε ένα χάλκινο ορθογώνιο πλαίσιο να πέσει, ενώ ο αγωγός βρίσκεται στο επίπεδο που ορίζει το πλαίσιο. Σε μια στιγμή που το πλαίσιο έχει ταχύτητα v , όπως στο σχήμα:

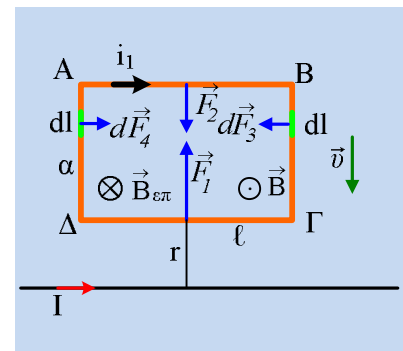


- i) Το πλαίσιο διαρρέεται από ρεύμα λόγω επαγωγής.
 - ii) Η φορά του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο είναι από την κορυφή A προς την κορυφή B.
 - iii) Δύναμη Laplace, θα ασκηθεί μόνο στην πλευρά ΓΔ.
 - iv) Η επιτάχυνση του πλαισίου είναι κατακόρυφη και μικρότερη από την επιτάχυνση της βαρύτητας g .
- Ποιες από τις παραπάνω προτάσεις είναι σωστές; Να δώσετε σύντομες δικαιολογήσεις.
- Η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα.

Απάντηση:

Ο οριζόντιος ρευματοφόρος αγωγός, δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο, όπου οι δυναμικές γραμμές του είναι ομόκεντροι κύκλοι, κάθετοι στον αγωγό, σε κατακόρυφο επίπεδο. Έτσι στην περιοχή πάνω από τον αγωγό το μαγνητικό πεδίο, στο επίπεδο της σελίδας έχει φορά προς τα έξω, όπως στο σχήμα. Το μέτρο δε της έντασης, για ένα σημείο που απέχει κατά y από τον αγωγό, είναι ίσο:

$$B = k_{\mu} \frac{2I}{y}$$



Βλέπουμε ότι καθώς το πλαίσιο πλησιάζει τον αγωγό, η ένταση του πεδίου αυξάνεται, συνεπώς αυξάνεται και η μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο (ας θεωρήσουμε την κάθετο προς τα έξω, οπότε έχουμε θετική ροή). Αλλά τότε θα αναπτυχθεί στο πλαίσιο μια ηλεκτρεγερτική δύναμη λόγω επαγωγής και το πλαίσιο θα διαρρέεται από ρεύμα. Σωστή η πρόταση i).

Η φορά του επαγωγικού αυτού ρεύματος i_1 θα είναι τέτοια, ώστε να δημιουργήσει ένα μαγνητικό πεδίο, με φορά προς τα μέσα, τείνοντας έτσι να αντισταθεί στην αύξηση του B . Για να συμβεί δε αυτό το πλαίσιο θα πρέπει να διαρρέεται από ρεύμα με φορά από το A στο B. Σωστή η ii) πρόταση.

Το αποτέλεσμα της διέλευσης ρεύματος, θα είναι σε κάθε πλευρά του πλαισίου να ασκηθεί δύναμη Laplace, με φορά όπως στο σχήμα. Η πρόταση iii) είναι λανθασμένη.

Ας έρθουμε τώρα σε ένα στοιχειώδες τμήμα dl της πλευράς ΒΓ. Αυτό θα δεχθεί μια στοιχειώδη δύναμη Laplace με φορά προς τα αριστερά (κανόνας των τριών δακτύλων) με μέτρο $dF_3 = B_3 i_1 \cdot dl$, όπου B_3 η ένταση του πεδίου στο μέσον του. Όμως μπορούμε να βρούμε και ένα άλλο τμήμα μήκους dl στην πλευρά ΑΔ, ίσου μήκους που απέχει εξίσου από τον αγωγό (τα δυο στοιχειώδη τμήματα έχουν σημειωθεί στο σχήμα με πράσινο

χρώμα) και το οποίο δέχεται δύναμη $dF_4 = B_3 i_1 \cdot dl$ με αποτέλεσμα η συνισταμένη των dF_3 και dF_4 να είναι μηδενική. Αλλά αυτό μπορούμε να το κάνουμε για κάθε στοιχειώδες τμήμα που μπορούμε να χωρίσουμε την ΒΓ (και κατά προέκταση και την ΑΔ), συνεπώς και για τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στις πλευρές ΒΓ και ΔΑ θα ισχύει ότι $\Sigma F_x = F_4 - F_3 = 0$.

Ερχόμαστε τώρα στις δύο άλλες πλευρές.

Στην ΓΔ ασκείται κατακόρυφη δύναμη με φορά προς πάνω και μέτρο:

$$F_1 = B_1 i_1 \ell = k_\mu \frac{2I}{r} i_1 \ell = k_\mu \frac{2I i_1}{r} \ell$$

Αντίστοιχα στην πλευρά ΑΒ η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και μέτρο:

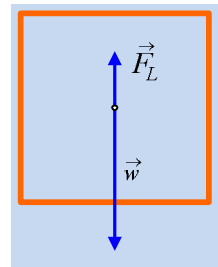
$$F_2 = B_2 i_1 \ell = k_\mu \frac{2I}{r + \alpha} i_1 \ell = k_\mu \frac{2I i_1}{r + \alpha} \ell$$

Όπου α το μήκος της πλευράς ΑΔ.

Παρατηρούμε ότι $F_1 > F_2$ (πράγμα αναμενόμενο με βάση τον κανόνα του Lenz), οπότε η συνισταμένη δύναμη Laplace που ασκείται στο πλαίσιο είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω και ο 2^{ος} νόμος του Νεύτωνα, μας δίνει:

$$\Sigma F = ma \rightarrow mg - F_L = ma \rightarrow$$

$$a = g - \frac{F_L}{m} < g$$



Σωστή και η iv) πρόταση.

dmargaris@gmail.com