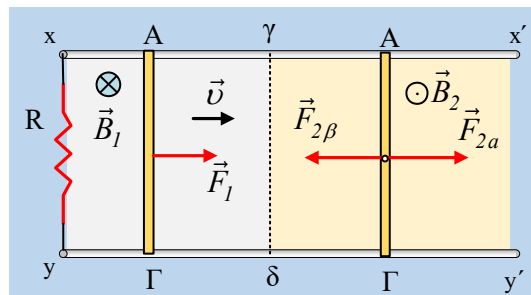


Η δύναμη σε αγωγό μέσα σε δύο μαγνητικά πεδία

Ο αγωγός ΑΓ με αντίσταση r , κινείται οριζόντια με σταθερή ταχύτητα v , χωρίς τριβές, σε επαφή με δύο παράλληλους οριζόντιους αγωγούς xx' και yy' , οι οποίοι δεν εμφανίζουν αντίσταση, μέσα και ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B_1 . Για την παραπάνω κίνηση απαιτείται η εξάσκηση μιας οριζόντιας δύναμης μέτρου F_1 , όπως στο σχήμα. Μόλις ο ΑΓ φτάσει στη θέση $\gamma\delta$, περνά σε ένα δεύτερο κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο, με ένταση μέτρου $B_2=2B_1$, αντίθετης φοράς από το προηγούμενο.



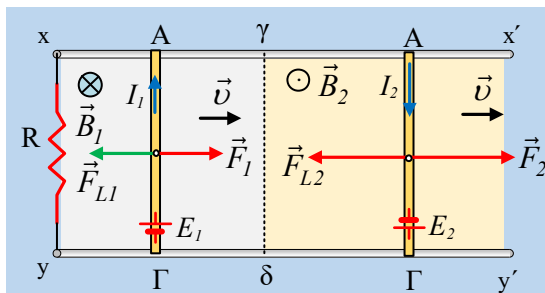
- i) Για να συνεχίσει η κίνηση του αγωγού με την ίδια ταχύτητα, μέσα στο πεδίο έντασης B_2 , απαιτείται η εξάσκηση δύναμης F_2 , με κατεύθυνσης όπως το διάνυσμα F_{2a} ή όπως το διάνυσμα F_{2b} ;
- ii) Τα μέτρα των δυνάμεων F_1 και F_2 συνδέονται με τη σχέση:

$$\alpha) F_2=F_1, \quad \beta) F_2= 2 F_1, \quad \gamma) F_2=3 F_1, \quad \delta) F_2= 4F_1.$$

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας

Απάντηση:

- i) Κατά την κίνηση του αγωγού ΑΓ εντός του πρώτου μαγνητικού πεδίου, αναπτύσσεται πάνω του μια ΗΕΔ E_1 λόγω επαγωγής, με πολικότητα όπως στο σχήμα, η οποία προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα με φορά από το Γ στο Α. Τότε ασκείται πάνω του η δύναμη Laplace η οποία αντισταθμίζεται στην κίνηση, σε συμφωνία με τον κανόνα του Lenz. Έτσι η δύναμη F_1 εξασφαλίζει την κίνηση του αγωγού με σταθερή ταχύτητα, αφού:



$$\Sigma F=0 \rightarrow F_1=F_L=B_1 \cdot I_1 \cdot \ell \quad (1)$$

Μόλις τώρα ο αγωγός περάσει στο δεύτερο μαγνητικό πεδίο, με αντίθετης κατεύθυνσης ένταση, θα αλλάξει η πολικότητα της ΗΕΔ E_2 , συνεπώς και η φορά του ρεύματος, αλλά και πάλι η δύναμη Laplace θα έχει φορά αντίθετης της ταχύτητας, οπότε θα απαιτείται να ασκούμε εξωτερική δύναμη προς τα δεξιά, ίδιας φοράς με την ταχύτητα με μέτρο:

$$F_2=F_{2a}=F_{L2}= B_2 \cdot I_2 \cdot \ell \quad (2)$$

- ii) Κατά την κίνηση ενός αγωγού μέσα σε μαγνητικό πεδίο αναπτύσσεται πάνω του μια ΗΕΔ με απόλυτο τιμή:

$$|E| = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right| = \left| \frac{d(BS)}{dt} \right| = \left| \frac{B \cdot l dx}{dt} \right| = Bvl$$

Οπότε στο μαγνητικό πεδίο B_1 αναπτύσσεται ΗΕΔ μέτρου $E_1=B_1 v l$, με αποτέλεσμα το κύκλωμα να διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, έντασης:

$$I_l = \frac{E_l}{R_{ολ}} = \frac{B_l v l}{R + r}$$

Οπότε για το μέτρο της δύναμης F_1 έχουμε:

$$F_l = B_l I_l l = B_l \frac{B_l v l}{R + r} l = \frac{B_l^2 v l^2}{R + r}$$

Με την ίδια πορεία για το μέτρο της F_2 θα έχουμε:

$$F_2 = \frac{B_2^2 v l^2}{R + r} = \frac{(2B_l)^2 v l^2}{R + r} = \frac{4B_l^2 v l^2}{R + r} = 4F_l$$

Σωστό το δ).

Σχόλια:

- 1) Ας εφαρμόσουμε με συνέπεια τον νόμο του Faraday (χωρίς εκπτώσεις...) θεωρώντας την κάθετη στην επιφάνεια να έχει την ίδια φορά με το διάνυσμα B_1 . Για το πρώτο πεδίο:

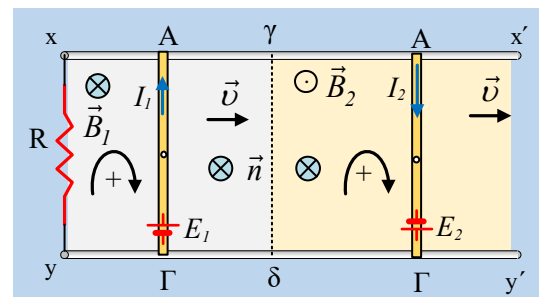
$$E_l = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(B_l S)}{dt} = -\frac{B_l \cdot l dx}{dt} = -B_l v l$$

Ενώ αντίστοιχα για το δεύτερο (χωρίς να αλλάξουμε την κάθετη):

$$E_2 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(B_2 S \sin 180^\circ)}{dt} = +\frac{B_2 \cdot l dx}{dt} = +B_2 v l$$

Πράγμα που σημαίνει ότι οι δύο ΗΕΔ έχουν αντίθετες πολικότητες όπως στο σχήμα.

- 2) Παίρνοντας παραπάνω την κάθετη στην επιφάνεια $\vec{n}$ να έχει την κατεύθυνση του σχήματος, με βάση τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλίου, έχουμε πάρει (έστω σιωπηλά...) την δεξιόστροφη διαγραφή περιμετρικά του κυκλώματος ως θετική. Αλλά τότε η E_1 είναι αρνητική, αφού τείνει να δώσει ηλεκτρικό ρεύμα με φορά αρνητική, ενώ η E_2 είναι θετική γιατί δίνει ηλεκτρικό ρεύμα με φορά από το Α στο Γ, άρα θετική ένταση.



Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

Διονύσης Μάργαρης