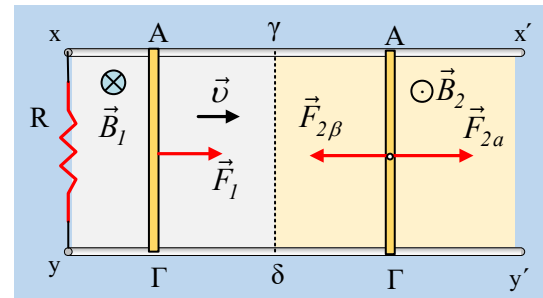


## Η δύναμη σε αγωγό μέσα σε δύο μαγνητικά πεδία

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.



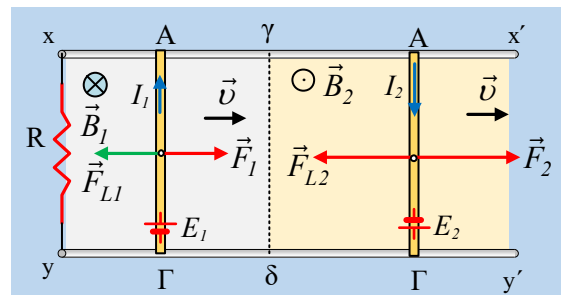
- i) Για να συνεχίσει η κίνηση του αγωγού με την ίδια ταχύτητα, μέσα στο πεδίο έντασης  $B_2$ , απαιτείται η εξάσκηση δύναμης  $F_2$ , με κατεύθυνσης όπως το διάνυσμα  $F_{2\alpha}$  ή όπως το διάνυσμα  $F_{2\beta}$ ;
- ii) Τα μέτρα των δυνάμεων  $F_1$  και  $F_2$  συνδέονται με τη σχέση:

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

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 αντιτίθεται 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:

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

- 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:

$$I_1 = \frac{E_1}{R_{ολ}} = \frac{B_1 v l}{R+r}$$

Οπότε για το μέτρο της δύναμης  $F_1$  έχουμε:

$$F_1 = B_1 I_1 l = B_1 \frac{B_1 v l}{R+r} l = \frac{B_1^2 v l^2}{R+r}$$

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

$$F_2 = \frac{B_2^2 v l^2}{R+r} = \frac{(2B_1)^2 v l^2}{R+r} = \frac{4B_1^2 v l^2}{R+r} = 4F_1$$

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:

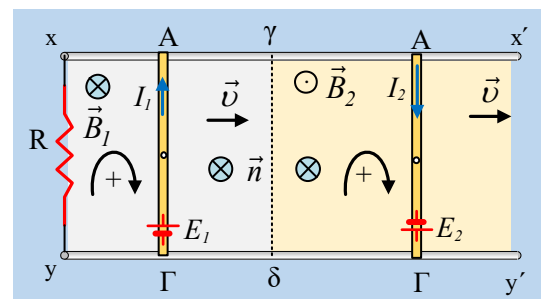
$$E_1 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(B_1 S)}{dt} = -\frac{B_1 \cdot l dx}{dt} = -B_1 v l$$

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

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

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.



[dmargaris@gmail.com](mailto:dmargaris@gmail.com)