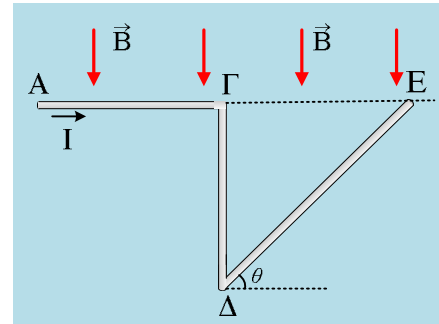
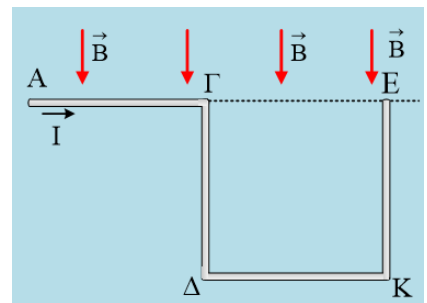


Δύναμη Laplace σε τμήματα αγωγού

Ένας αγωγός ΑΓΔΕ ορίζει ένα κατακόρυφο επίπεδο, με το τμήμα ΑΓ μήκους $\ell=0,5\text{m}$ οριζόντιο και το ΓΔ, επίσης μήκους ℓ κατακόρυφο, ενώ το τρίτο τμήμα σχηματίζει με την οριζόντια διεύθυνση γωνία $\theta=45^\circ$. Στο χώρο υπάρχει ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=2\text{T}$. Αν ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=5\text{A}$, ζητούνται:



- i) Η δύναμη (μέτρο και κατεύθυνση) που ασκείται σε κάθε τμήμα του αγωγού.
- ii) Το μέτρο της συνολικής δύναμης που δέχεται ο αγωγός ΑΓΔΕ.
- ii) Αν αντικαταστήσουμε το τμήμα ΔΕ με το τμήμα ΔΚΕ, όπου το ΔΚ είναι οριζόντιο και το ΚΕ κατακόρυφο, με μήκη ℓ , πόσο θα είναι τώρα το μέτρο της συνολικής δύναμης που θα δέχεται ο αγωγός από το μαγνητικό πεδίο;

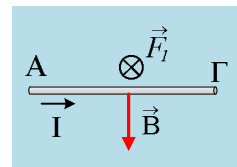


Απάντηση:

- i) Το τμήμα ΑΓ είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, οπότε δέχεται δύναμη μέτρου:

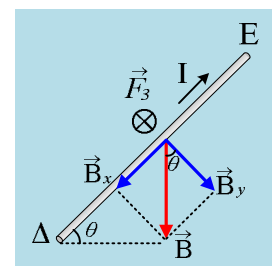
$$F_1 = BI\ell = 2 \cdot 5 \cdot 0,5\text{N} = 5\text{N}$$

Όπου με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων, η δύναμη προκύπτει να είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν ο αγωγός και η ένταση B , άρα οριζόντια με φορά προς τα μέσα, όπως στο σχήμα.



Το τμήμα ΓΔ είναι παράλληλο στις δυναμικές γραμμές, αλλά τότε δεν ασκείται πάνω του καμιά δύναμη Laplace...

Ερχόμαστε τώρα στο τρίτο τμήμα ΔΕ. Αναλύουμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου σε δύο συνιστώσες, όπως στο διπλανό σχήμα, όπου δύναμη Laplace εμφανίζεται εξαιτίας της συνιστώσας B_y η οποία είναι κάθετη στον αγωγό. Αλλά και πάλι με τον κανόνα των τριών δακτύλων βρίσκουμε ότι και πάλι η δύναμη F_3 είναι κάθετη στο επίπεδο της σελίδας με φορά προς τα μέσα, ενώ για το μέτρο της έχουμε:



$$F_3 = B_y \cdot I \cdot \ell_1 = (B \cdot \sin\theta) \cdot I \cdot \ell_1 = B \cdot I \cdot \ell_1 \cdot \sin\theta = B \cdot I \cdot \ell \quad (1)$$

$$F_3 = BI \ell = 2 \cdot 5 \cdot 0,5\text{N} = 5\text{N}$$

- ii) Η συνολική δύναμη που δέχεται ο αγωγός ΑΓΔΕ θα προκύψει ως το διανυσματικό άθροισμα των δυνάμεων που ασκούνται στα διάφορα τμήματά του. Έτσι θα έχουμε:

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \rightarrow$$

$$\Sigma F = F_1 + F_3 = 5N + 5N = 10N$$

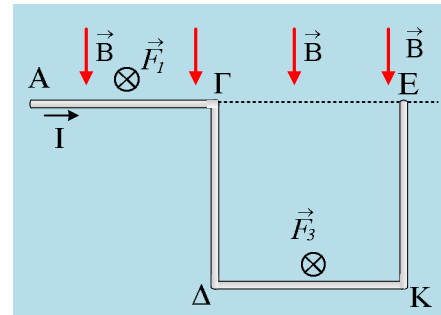
Οριζόντια, κάθετη στο επίπεδο της σελίδας με φορά προς τα μέσα, όπως και οι δυο συνιστώσες της.

- iii) Και στον νέο αγωγό, στα τμήματα ΓΔ και ΚΕ δεν ασκείται κάποια δύναμη, αφού είναι παράλληλα προς την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Αλλά τότε δυνάμεις ασκούνται (με φορά όπως στο σχήμα) στα τμήματα ΑΓ και ΔΚ, με ίσα μέτρα:

$$F_1 = F_3 = BI\ell = 2 \cdot 5 \cdot 0,5N = 5N$$

Ενώ η συνισταμένη τους έχει μέτρο:

$$\Sigma F = F_1 + F_3 = 5N + 5N = 10N.$$



Σχόλια:

- 1) Για να βρούμε τη δύναμη που ασκείται στο τμήμα ΔΕ αναλύσαμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου σε δύο συνιστώσες. Θα μπορούσαμε να υπολογίσουμε απευθείας το μέτρο της από την εξίσωση:

$$F_3 = B \cdot I \cdot \ell_1 \cdot \eta_{μα}$$

Όπου α η γωνία μεταξύ του αγωγού και του B (συμπληρωματική της θ, άσχετα αν εδώ α=θ...)

- 2) Παραπάνω συζητήσαμε για το μέτρο της συνισταμένης, αφού η εύρεση της συνισταμένης προϋποθέτει εύρεση συνισταμένης δύο παραλλήλων δυνάμεων και γνώση ροπών (οι οποίες θα διδαχτούν αργότερα).
- 3) Αν προσέξουμε την εξίσωση (1) (και το πώς προέκυψε) θα παρατηρήσουμε ότι η δύναμη Laplace που ασκήθηκε στο τμήμα ΔΕ, είναι ίση με την δύναμη που θα ασκήτο στην προβολή του αγωγού, σε διεύθυνση κάθετη στην ένταση του μαγνητικού πεδίου. Η δύναμη δηλαδή είναι ίση με αυτή που θα είχαμε αν ο αγωγός ΔΕ αντικατασταθεί με έναν άλλο ευθύγραμμο αγωγό που συνδέει το Γ με το Ε!
- 4) Το ίδιο συμπέρασμα θα καταλήξουμε αν συγκρίνουμε το αποτέλεσμα, με αυτό που βρήκαμε στο iii) ερώτημα, όπου ουσιαστικά ο ευθύγραμμος αγωγός ΔΕ, έχει αντικατασταθεί από τον αγωγό ΔΚ.

dmargaris@gmail.com