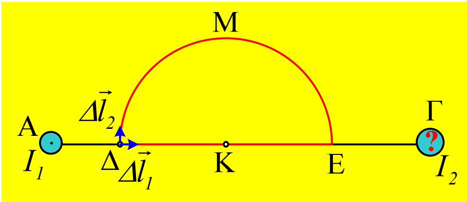
Δύο αγωγοί και ο νόμος του Ampère



Κάθετα στο επίπεδο της σελίδας έχουμε δυο ευθύγραμμους αγωγούς, που τέμνουν το επίπεδο στα σημεία Α και Γ, οι οποίοι διαρρέονται από ρεύματα με εντάσεις I_1 και I_2, αντίστοιχα. Σε ένα σημείο Δ, πάνω στο τμήμα ΑΓ, ο πρώτος αγωγός δημιουργεί μαγνητικό πεδίο έντασης $B_1=2\cdot 10^{-5}$T, ενώ η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου, εξαιτίας και των δύο αγωγών έχει μέτρο $B=10^{-5}$T.

i) Ποια η φορά της έντασης I_2 που διαρρέει τον δεύτερο αγωγό στο Γ;

ii) Στο σχήμα δίνονται δύο στοιχειώδη τμήματα με αρχή το σημείο Δ, το $\Delta\vec{l}_1$, με κατεύθυνση προς το Γ και το $\Delta\vec{l}_2$ κάθετο στην ΑΓ, όπως στο σχήμα, όπου $\Delta l_1=\Delta l_2=0{,}2$cm. Να υπολογίσετε για τα τμήματα αυτά το γινόμενο $B_i\cdot\Delta l_i\cdot συνθ_i$, όπου $θ_i$ η εκάστοτε γωνία μεταξύ της έντασης του πεδίου B_i και του Δl_i.

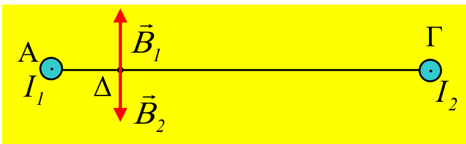
iii) Με κέντρο το μέσον Κ του τμήματος ΑΓ, σχεδιάζουμε το ημικύκλιο ΔΜΕ. Κατά μήκος του ημικυκλίου αυτού, κινούμενοι από το Δ προς το Ε, ισχύει για το άθροισμα:

$$\sum=\sum_{\Delta ME} B_i\cdot\Delta l_i\cdot συνθ_i\,,$$

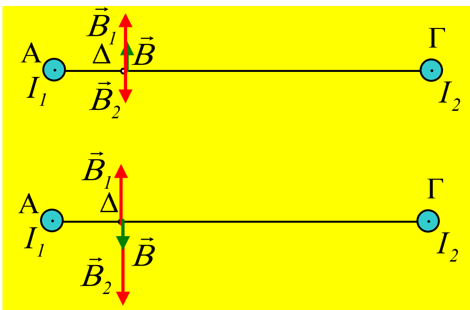
α) $\Sigma<0$, β) $\Sigma=0$, γ) $\Sigma>0$.

Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

Απάντηση:



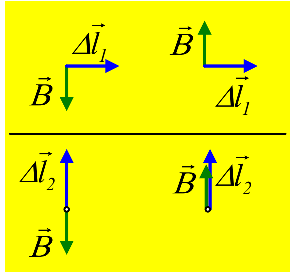
i) Με βάση τον κανόνα του δεξιού χεριού ο αγωγός στο Α, δημιουργεί στο σημείο Δ μαγνητικό πεδίο έντασης B_1, κάθετη στην ακτίνα ΑΔ, όπως στο σχήμα. Αν ο δεύτερος αγωγός στο Γ, διαρρέεται από ρεύμα της αντίθετης φοράς, τότε θα δημιουργούσε στο Δ, μαγνητικό πεδίο έντασης B_2 ομόρροπης με την B_1. Αλλά τότε η συνολική ένταση στο Δ, θα είχε μέτρο μεγαλύτερο από $2\cdot 10^{-5}$T, πράγμα άτοπο. Συνεπώς ο δεύτερος αγωγός στο Γ διαρρέεται από ρεύμα με φορά, όπως στο σχήμα, δημιουργώντας στο σημείο Δ μαγνητικό πεδίο με ένταση κάθετη στην ΔΓ και φορά προς τα κάτω.



ii) Για την ένταση του (συνολικού) πεδίου στο σημείο Δ, διακρίνουμε δυο περιπτώσεις.

α) Αν $B_2 < B_1$ (στην ουσία αν $B_2=10^{-5}$T, γιατί;;;), τότε θα είχαμε το πρώτο από τα διπλανά σχήματα και η ένταση $\vec{B}$ στο Δ, θα είχε φορά προς τα πάνω.

β) Αν $B_2 > B_1$ (στην ουσία αν $B_2=3\cdot 10^{-5}$T), τότε θα είχαμε την εικόνα του δεύτερου σχήματος, με ένταση προς τα κάτω.



Για το στοιχειώδες τμήμα Δl_1, το ζητούμενο γινόμενο (το γινόμενο αυτό, με βάση τα μαθηματικά ονομάζεται **εσωτερικό γινόμενο** των δύο διανυσμάτων $\vec{B}$ *και* $\vec{\Delta l_1}$), είναι ίσο:

$$B \cdot \Delta l_1 \cdot \sigma\upsilon\nu\theta = B \cdot \Delta l_1 \cdot \sigma\upsilon\nu 90^o = 0$$

Αφού με βάση το πρώτο από τα διπλανά σχήματα η ένταση είναι κάθετη στο τμήμα Δl_1 και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις.

Για το στοιχειώδες τμήμα Δl_2, έχουμε τις δυο περιπτώσεις που δείχνει το δεύτερο σχήμα. Αλλά τότε για το γινόμενο έχουμε δύο περιπτώσεις.

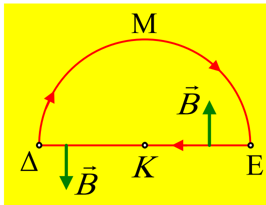
- Τα δυο διανύσματα είναι αντίθετης κατεύθυνσης, άρα θ=180°, τότε:

$$B \cdot \Delta l_2 \cdot \sigma\upsilon\nu 180^o = -B \cdot \Delta l_2 = -10^{-5} T \cdot 0,2 \cdot 10^{-2} m = -2 \cdot 10^{-8} Tm$$

- Τα δυο διανύσματα είναι ίδιας κατεύθυνσης, άρα θ=0°, τότε:

$$B \cdot \Delta l_2 \cdot \sigma\upsilon\nu 0^o = B \cdot \Delta l_2 = 2 \cdot 10^{-8} Tm$$

iii) Εφαρμόζουμε για την κλειστή διαδρομή ΔΜΕΚΔ τον νόμο του Ampère:



$$\sum_{\Delta MEK\Delta} B_i \cdot \Delta l_i \cdot \sigma\upsilon\nu\theta_i = \mu_o I_{\varepsilon\gamma\kappa} = 0 \quad (1)$$

Αφού από την επιφάνεια που περικλείει η καμπύλη δεν διέρχονται ρευματοφόροι αγωγοί. Αλλά η εξίσωση (1) γράφεται:

$$\sum_{\Delta ME} B_i \cdot \Delta l_i \cdot \sigma\upsilon\nu\theta_i + \sum_{EK\Delta} B_i \cdot \Delta l_i \cdot \sigma\upsilon\nu\theta_i = 0$$

Όμως με βάση τα παραπάνω, σε όλα τα σημεία του ευθυγράμμου τμήματος ΔΕ, η ένταση του πεδίου είναι κάθετη στα αντίστοιχα τμήματα Δl (είτε έχει φορά προς τα πάνω, είτε προς τα κάτω), οπότε το 2^o άθροισμα παραπάνω είναι μηδενικό, οπότε:

$$\sum_{\Delta ME} B_i \cdot \Delta l_i \cdot \sigma\upsilon\nu\theta_i + 0 = 0 \rightarrow \sum_{\Delta ME} B_i \cdot \Delta l_i \cdot \sigma\upsilon\nu\theta_i = 0$$

Σωστό το β)

dmargaris@gmail.com