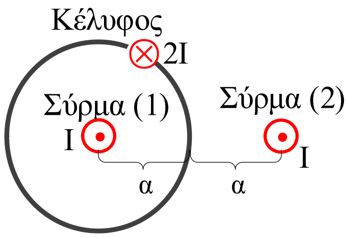
Μαγνητικές αλληλεπιδράσεις - Νόμος Ampere.

Λεπτό κυλινδρικό αγώγιμο κέλυφος ακτίνας α, διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_\kappa = 2I$ ομοιόμορφα κατανεμημένο και έχει μεγάλο μήκος L (L >> α). Ευθύγραμμο λεπτό σύρμα (1) που συμπίπτει με τον άξονα του κελύφους, έχει μήκος L και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_1 = I$, αντίθετης φοράς του ρεύματος του κελύφους. Δεύτερο λεπτό σύρμα (2) είναι παράλληλο με το σύρμα (1) έχει μήκος L και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_2 = I$ ίδιας φοράς με το I_1. Η απόσταση των συρμάτων είναι d = 2α. Στο σχήμα φαίνεται κάθετη τομή που δείχνει το κέλυφος και τα δύο σύρματα. Αν $\vec{F}_1$ είναι η συνολική μαγνητική δύναμη που δέχεται μήκος ℓ του σύρματος (1) και $\vec{F}_2$ είναι η συνολική μαγνητική δύναμη που δέχεται μήκος ℓ του σύρματος (2) τότε:

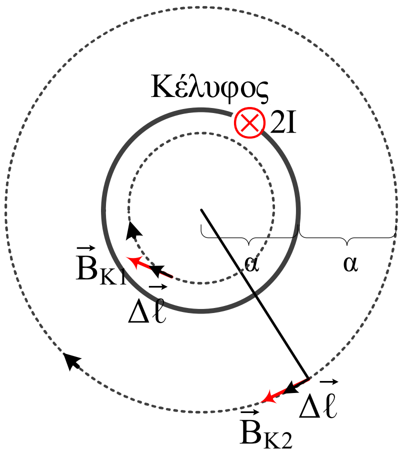


α. $\vec{F}_1 = \vec{F}_2$ **β.** $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ **γ.** $\vec{F}_1 = \dfrac{\vec{F}_2}{2}$ **δ.** Όλες οι σχέσεις α, β, γ. είναι λάθος.

Ποια η σωστή επιλογή;

Λύση

Το ρεύμα που διαρρέει το κέλυφος δημιουργεί στο χώρο μαγνητικό πεδίο $\vec{B}$. Η συμμετρία επιβάλλει το μέτρο του $\vec{B}$ να είναι ίδιο σε κάθε σημείο ενός κύκλου που έχει κέντρο του στον άξονα του κέλυφους και επίπεδο κάθετο στον άξονα του. Η διεύθυνση του $\vec{B}$ είναι εφαπτομένη σε κάθε σημείο της περιφέρειας του κύκλου.



Για r < α (Νόμος Ampere)

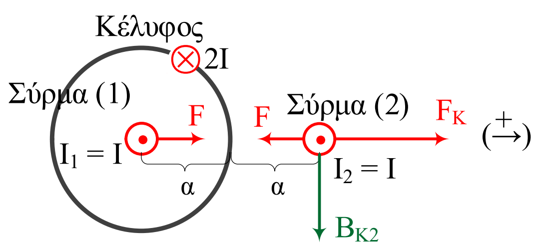
$$\Sigma\vec{B}\Delta\vec{\ell} = \mu_0 I_{\varepsilon\gamma\kappa} \Rightarrow B_{K,1}\Sigma\Delta\ell = 0 \Rightarrow B_{K,1} = 0$$

Για r = 2α (Νόμος Ampere)

$$\Sigma\vec{B}\Delta\vec{\ell} = \mu_0 I_{\varepsilon\gamma\kappa} \Rightarrow B_{K,2}\Sigma\Delta\ell = \mu_0 2I \Rightarrow B_{K,2}\cdot 2\pi\cdot 2\alpha = 2\mu_0 I \Rightarrow B_{\kappa,2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi\alpha}$$

Τα σύρματα έλκονται με δύναμη (σε μήκος ℓ):

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1I_2\ell}{2\alpha} \overset{I_1=I_2}{\Rightarrow} F = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I^2}{\alpha}\ell$$



Το κέλυφος δεν ασκεί δύναμη στο σύρμα (1), αφού $B_{K,1} = 0$

Το κέλυφος ασκεί δύναμη σε μήκος ℓ του σύρματος (2):

$$F_K = B_{K,2}I_2\ell = \frac{\mu_o I}{2\pi\alpha}I\ell = \frac{\mu_o I^2}{2\pi\alpha}\ell$$

Τελικά: $F_1 = F = \dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{I^2\ell}{\alpha}$ και $F_2 = F_{K,2} - F = \dfrac{\mu_o I^2\ell}{2\pi\alpha} - \dfrac{\mu_o I^2\ell}{4\pi\alpha} = \dfrac{\mu_o}{4\pi}\dfrac{I^2\ell}{\alpha}$

Δηλαδή: $\vec{F}_1 = \vec{F}_2$, άρα **α → Σ**