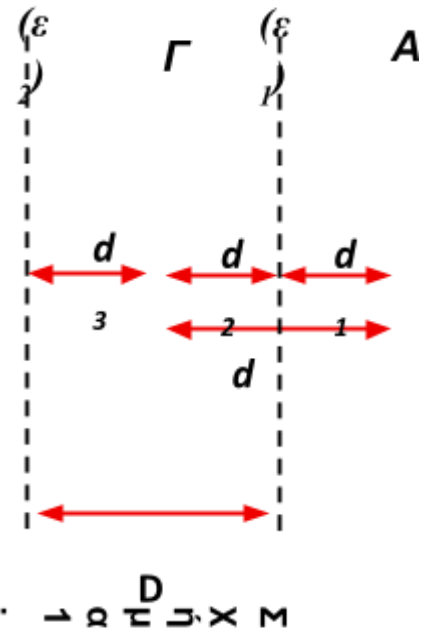


**Δύο παράλληλοι ρευματοφόροι αγωγοί**

Το **Σχήμα 1** απεικονίζει δύο κατακόρυφους και ακλόνητους ευθύγραμμους αγωγούς Α και Γ απείρου μήκους που απέχουν μεταξύ τους απόσταση d. Οι αγωγοί διαρρέονται από ρεύματα σταθερής έντασης  $I_1=12\text{A}$  και  $I_2=8\text{A}$  χωρίς να γνωρίζουμε ποιο ρεύμα διαρρέει τον κάθε αγωγό. Όταν οι δύο αγωγοί διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα, η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου μηδενίζεται στα σημεία μιας ευθείας ( $\epsilon_1$ ) που είναι παράλληλη στους δύο αγωγούς, ενώ όταν τα ρεύματα είναι αντίρροπα, η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου μηδενίζεται στα σημεία μιας ευθείας ( $\epsilon_2$ ) που είναι παράλληλη προς τους αγωγούς και απέχει από την ευθεία ( $\epsilon_1$ ) απόσταση  $D=2,4\text{ m}$ .



**i.** Να βρείτε ποιο ρεύμα διαρρέει τον κάθε αγωγό δικαιολογώντας πλήρως την απάντησή σας.

**ii.** Να βρείτε την απόσταση d που απέχουν οι δύο αγωγοί.

**iii.** Να βρείτε το μέτρο της δύναμης ανά μονάδα μήκους που δέχεται ο αγωγός (A) από τον αγωγό (Γ).

**iv.** Τοποθετούμε έναν κατακόρυφο ευθύγραμμο αγωγό (Δ) απείρου μήκους στο επίπεδο που σχηματίζουν οι αγωγοί (A) και (Γ). Οι αγωγοί (A) και (Γ) διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα χωρίς να αλλάξει η τιμή της έντασης που διαρρέει αυτούς, ενώ ο αγωγός (Δ) διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I_3=6\text{ A}$  που έχει την ίδια φορά, με αυτή του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό (A). Η συνολική δύναμη ανά μονάδα μήκους που δέχεται ο αγωγός (Δ) από τους άλλους δύο αγωγούς ισούται με μηδέν. Να υπολογίσετε:

**α.** την απόσταση των αγωγών (A) και (Δ),

**β.** το μέτρο της συνολικής δύναμης ανά μονάδα μήκους που δέχεται ο αγωγός (A) από τους άλλους δύο αγωγούς.

Δίνεται 
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$$

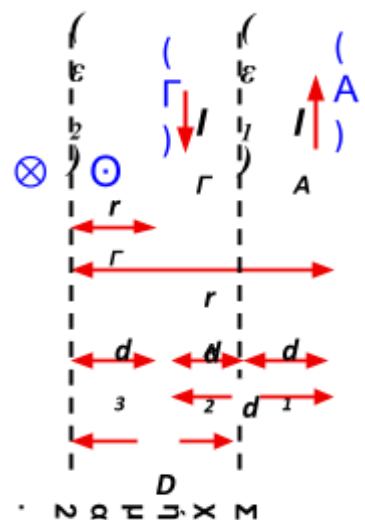
**Απάντηση**

**i)** Στην περίπτωση που οι αγωγοί διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα η ένταση μπορεί να μηδενιστεί σε σημείο ευθείας που είναι εκτός των αγωγών και πιο κοντά σε αυτόν που έχει μικρότερη ένταση ρεύματος. Αυτό συμβαίνει γιατί σε ένα σημείο κοντά στον αγωγό που διαρρέεται με τη μεγαλύτερη ένταση ρεύματος το μαγνητικό πεδίο έχει πάντα μεγαλύτερο μέτρο, έναντι του άλλου που έχει και μικρότερη ένταση ρεύματος και βρίσκεται πιο μακριά από το σημείο αυτό.

Αναλυτικά

$$\vec{B}_{\text{ολ}} = 0 \rightarrow B_A - B_\Gamma = 0 \rightarrow \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2 \cdot I_A}{r_A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2 \cdot I_\Gamma}{r_\Gamma} \rightarrow \frac{r_A}{r_\Gamma} = \frac{I_A}{I_\Gamma} \quad (1)$$

$r_A > r_\Gamma \rightarrow$



$$I_A > I_\Gamma \text{ \acute{e}τσι } I_A=I_1=12\text{A και } I_\Gamma=I_2=8\text{A}$$

ii)

$$\frac{r_A}{r_\Gamma} = \frac{12}{8} \rightarrow \frac{d+d_3}{d_3} = \frac{3}{2} \rightarrow 2d+2d_3=3d_3 \rightarrow d_3=2d$$

Από τη σχέση (1) προκύπτει (2)

Αν τα ρεύματα είναι ομόρροπα τότε:

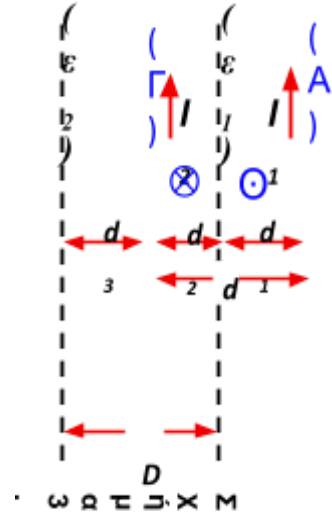
$$\vec{B}_{o\lambda} = 0 \rightarrow B'_A - B'_\Gamma = 0 \rightarrow \frac{\mu_0 2I_1}{4\pi d_1} = \frac{\mu_0 2I_2}{4\pi d_2} \rightarrow$$

$$\frac{I_1}{d_1} = \frac{I_2}{d_2} \rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{8}{12} \rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{2}{3} \rightarrow$$

$$\frac{d_2}{d-d_2} = \frac{2}{3} \rightarrow 3d_2 = 2d - 2d_2 \rightarrow 5d_2 = 2d \text{ (3)}$$

Από (2) και (3)  $d_3=5d_2 \rightarrow D - d_2=5d_2 \rightarrow 6d_2=D \rightarrow d_2=0,4\text{m}$

\acute{E}τσι  $d_3=2\text{m}$ ,  $d=1\text{m}$  και  $d_1=0,6\text{m}$



iii)

Είτε τα ρεύματα των αγωγών είναι ομόρροπα είτε αντίρροπα το μέτρο της δύναμης που ασκεί ο ένας στον άλλο θα είναι ίδιο.

$$|F_{\Gamma,\Delta}| = \frac{\mu_0 2I_1 I_2 l}{4\pi d} \rightarrow \frac{|F_{\Gamma,\Delta}|}{l} = \frac{\mu_0 2I_1 I_2}{4\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 12 \cdot 8}{4\pi \cdot 1} \rightarrow \frac{|F_{\Gamma,\Delta}|}{l} = 192 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$$

iv)

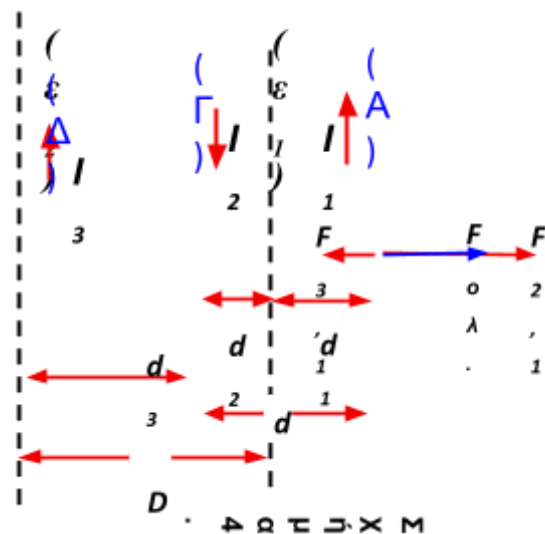
α) Εάν ο αγωγός Δ τοποθετηθεί σε μια θέση που η συνολική ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι μηδέν δεν θα δέχεται δύναμη. Οπότε με βάση τα προηγούμενα ερωτήματα ο αγωγός Δ θα πρέπει να τοποθετηθεί στην ευθεία (ε<sub>2</sub>) όπου η ένταση του μαγνητικού πεδίου μηδενίζεται. Η απόσταση των αγωγών Α και Δ θα είναι  $D+d_1=2,4+0,6=3\text{m}$ .

β) Οι δυνάμεις που δέχεται ο αγωγός Α από τους άλλους δύο είναι όπως φαίνονται στο σχήμα 4.

$$|F_{3,1}| = \frac{\mu_0 2I_1 I_3 l}{4\pi (D+d_1)} \rightarrow \frac{|F_{3,1}|}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 12 \cdot 6}{4\pi \cdot 3} \rightarrow$$

$$\frac{|F_{3,1}|}{l} = 48 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$$

$$\frac{|F_{\Gamma,\Delta}|}{l} = \frac{|F_{2,1}|}{l} = 192 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}$$



$$\frac{F_{ολ}}{l} = \frac{F_{2,1}}{l} - \frac{F_{3,1}}{l} = 192 \cdot 10^{-7} - 48 \cdot 10^{-7} \rightarrow \frac{F_{ολ}}{l} = 144 \cdot 10^{-7} \text{ N / m}$$