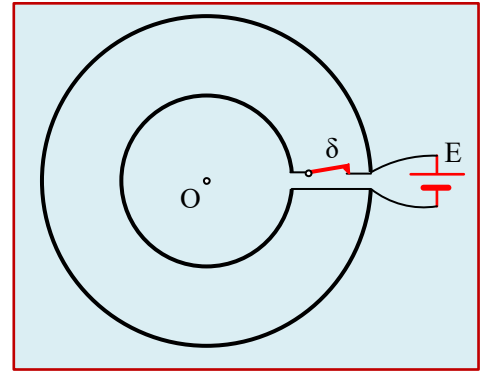


Δύο ομόκεντροι κυκλικοί αγωγοί

Στο σχήμα βλέπετε δύο ομόκεντρος οριζόντιους κυκλικούς αγωγούς με ακτίνες r_1 και $r_2=2r_1$, οι οποίοι έχουν δύο εγκοπές στις οποίες συνδέεται πηγή ΗΕΔ E , με το διακόπτη δ κλειστό. Οι κυκλικοί αγωγοί είναι κατασκευασμένοι από το ίδιο υλικό και έχουν ίδιο πάχος, ενώ τα σύρματα σύνδεσης με την πηγή, έχουν αμελητέα αντίσταση.

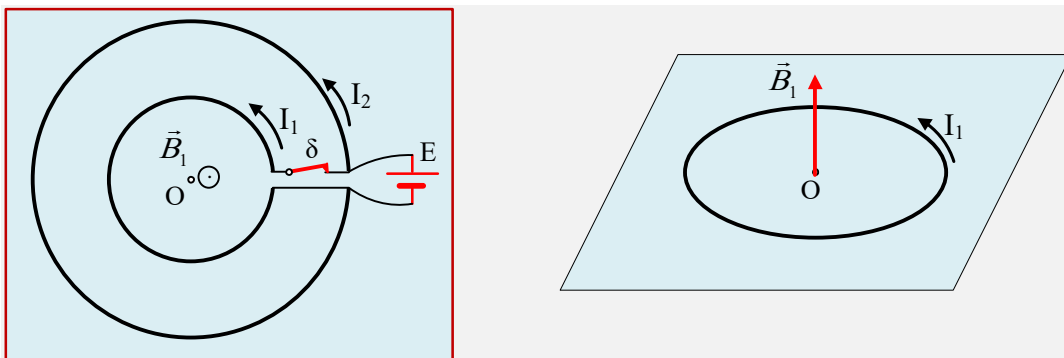


Η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κοινό κέντρο O των δύο αγωγών, η οποία οφείλεται στον μικρό κυκλικό αγωγό, έχει μέτρο $B_1=8 \cdot 10^{-4} \text{T}$

- i) Να σχεδιάσετε την ένταση B_1 στο σχήμα. Η ένταση αυτή είναι οριζόντια, κατακόρυφη ή κάποιας άλλης διεύθυνσης;
- ii) Να συγκρίνετε τις αντιστάσεις που παρουσιάζουν οι δυο κυκλικοί αγωγοί.
- iii) Να υπολογίσετε την ένταση του σύνθετου μαγνητικού πεδίου στο σημείο O , που οφείλεται και στους δύο κυκλικούς αγωγούς.
- iv) Ανοίγουμε τον διακόπτη δ και μετράμε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο O , βρίσκοντάς την ίση με $2,2 \cdot 10^{-4} \text{T}$. Να εξετάσετε αν η πηγή έχει ή όχι εσωτερική αντίσταση.

Απάντηση.

- i) Στο πρώτο σχήμα έχουν σημειωθεί οι εντάσεις των ρευμάτων I_1 και I_2 οι οποίες διαρρέουν τους δύο κυκλικούς αγωγούς. Με βάση τον κανόνα του δεξιού χεριού, βρίσκουμε ότι στο κέντρο O του κυκλικού αγωγού με ακτίνα r_1 , δημιουργείται μαγνητικό πεδίο έντασης B_1 , κάθετης στο επίπεδο του κύκλου, άρα κατακόρυφη, με φορά προς τον αναγνώστη, όπως στο σχήμα.



Θεωρώντας δε, ότι βλέπουμε τον οριζόντιο κυκλικό αγωγό από πάνω, τότε η ένταση B_1 είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω, όπως διακρίνεται στο δεύτερο σχήμα.

- ii) Η αντίσταση των δύο κυκλικών αγωγών, με ακτίνες r_1 και r_2 , δίνεται από τις σχέσεις:

$$R_1 = \rho \frac{\ell_1}{S} = \rho \frac{2\pi r_1}{S} \quad \text{και} \quad R_2 = \rho \frac{\ell_2}{S} = \rho \frac{2\pi r_2}{S} \rightarrow$$

$$R_2 = \rho \frac{2\pi r_2}{S} = \rho \frac{2\pi \cdot 2r_1}{S} = 2\rho \frac{2\pi r_1}{S} = 2R_1.$$

iii) Για τις εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο κυκλικούς αγωγούς, αν V_π η πολική τάση της πηγής, θα ισχύει:

$$I_1 = \frac{V_\pi}{R_1} \quad \text{και} \quad I_2 = \frac{V_\pi}{R_2} = \frac{V_\pi}{2R_1} = \frac{I_1}{2}$$

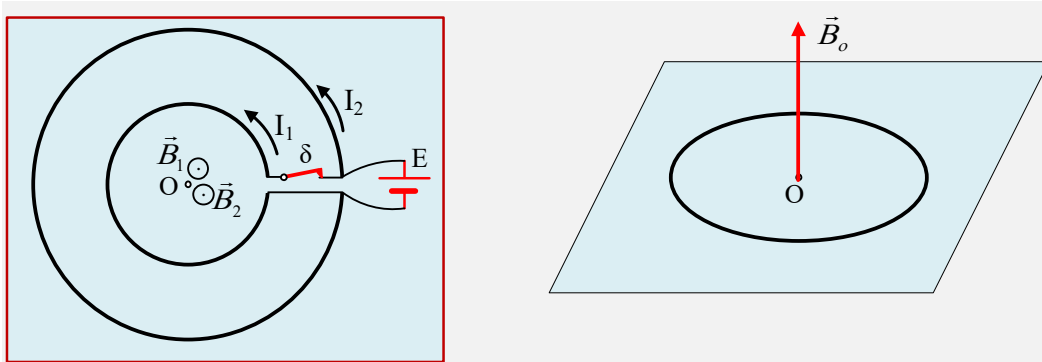
Αλλά τότε για τις εντάσεις B_1 και B_2 των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν οι δύο αγωγοί, θα έχουμε:

$$B_1 = k \frac{2\pi I_1}{r_1} \quad \text{και} \quad B_2 = k \frac{2\pi I_2}{r_2} \xrightarrow{\text{με διαίρεση κατά μέλη}}$$

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{k \frac{2\pi I_2}{r_2}}{k \frac{2\pi I_1}{r_1}} = \frac{I_2 r_1}{I_1 r_2} = \frac{I_2 r_1}{2I_2 \cdot 2r_1} = \frac{1}{4} \rightarrow$$

$$B_2 = \frac{1}{4} B_1 = \frac{1}{4} \cdot 8 \cdot 10^{-4} T = 2 \cdot 10^{-4} T$$

Ίδια κατεύθυνσης με την ένταση B_1 , όπως στο σχήμα.



Οπότε η ένταση του σύνθετου μαγνητικού πεδίου στο O , είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω (όπως στο δεύτερο σχήμα) και μέτρο:

$$B_o = B_1 + B_2 = 8 \cdot 10^{-4} T + 2 \cdot 10^{-4} T = 10 \cdot 10^{-4} T$$

iv) Ανοίγοντας το διακόπτη, το κύκλωμά μας περιλαμβάνει μόνο τον αγωγό ακτίνας r_2 . Αν η πηγή **δεν είχε** εσωτερική αντίσταση, τότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό θα ήταν:

$$I_2 = \frac{E}{R_2}$$

Ίδια με πριν. Αλλά τότε με βάση την εξίσωση $B_2 = k \frac{2\pi I_2}{r_2}$ θα είχαμε ξανά ένταση στο O μέτρου ίσου με $2 \cdot 10^{-4} T$. Με δεδομένο ότι έχουμε αύξηση της έντασης συμπεραίνουμε ότι η πηγή έχει εσωτερική αντίσταση.

Ας το δούμε από άλλη οπτική γωνία, θεωρώντας τώρα ότι η πηγή έχει κάποια εσωτερική αντίσταση r .

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον μεγάλο κυκλικό αγωγό, εξαρτάται από την πολική τάση της πηγής, αφού

$$I_2 = \frac{V_\pi}{R_2}$$

Όμως η πολική τάση είναι ίση με $V_\pi = E - Ir$, πράγμα που σημαίνει ότι με κλειστό το διακόπτη η πηγή διαρρέεται από μεγαλύτερη ένταση (ας μην ξεχνάμε ότι όταν δύο αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα η ισοδύναμη αντίσταση είναι μικρότερη και από την μικρότερη εκ των δύο...), οπότε έχουμε μεγαλύτερη πτώση τάσης στην εσωτερική της αντίσταση και μικρότερη πολική τάση.

Ανοίγοντας τον διακόπτη, αυξάνεται η πολική τάση, αυξάνεται η ένταση του ρεύματος I_2 και έτσι αυξάνεται και η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο O , από την τιμή $2 \cdot 10^{-4} T$, στην τιμή $2,2 \cdot 10^{-4} T$.

dmargaris@gmail.com