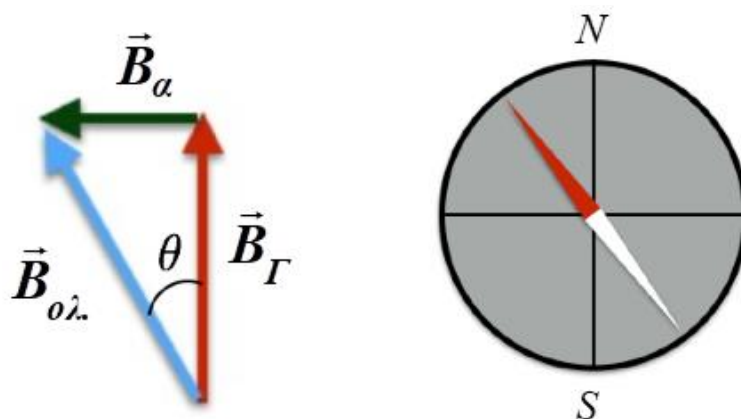


Το μαγνητικό πεδίο κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού

Σ' αυτή την εργαστηριακή άσκηση για τη μέτρηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιούμε μια εφαρμογή τύπου «πυξίδα», που διαθέτουν σήμερα τα περισσότερα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα. Η χρήση μιας τέτοιας εφαρμογής απαιτεί το κινητό τηλέφωνο να είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο αισθητήρα μέτρησης των τριών συνιστωσών του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή του κινητού. Με αυτές τις μετρήσεις η εφαρμογή προσδιορίζει το μέτρο και τον προσανατολισμό του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή του κινητού, και επιπλέον απεικονίζει στην οθόνη του τηλεφώνου τον προσανατολισμό που θα αποκτούσε μια μαγνητική βελόνη αν βρισκόταν μέσα σ' αυτό το πεδίο.

Στοιχεία θεωρίας

Μια μαγνητική βελόνη ισορροπεί μέσα στο γήινο μαγνητικό πεδίο, προσανατολισμένη στη διεύθυνση Βορράς-Νότος. Αν ένα επιπλέον οριζόντιο μαγνητικό πεδίο δημιουργηθεί στην περιοχή της μαγνητικής βελόνας, αυτή αποκλίνει από τον αρχικό της προσανατολισμό, και ισορροπεί στη διεύθυνση του συνολικού οριζόντιου μαγνητικού πεδίου.



Εικόνα 1 : Η μαγνητική βελόνη προσανατολίζεται στη διεύθυνση του συνολικού οριζόντιου μαγνητικού πεδίου

Το συνολικό οριζόντιο μαγνητικό πεδίο ισούται με το διανυσματικό άθροισμα του επιπλέον μαγνητικού πεδίου \vec{B}_α και της οριζόντιας συνιστώσας \vec{B}_Γ του γήινου μαγνητικού πεδίου (Εικόνα 1),

οπότε: $\varepsilon\varphi\theta = \frac{B_\alpha}{B_\Gamma} \Rightarrow B_\alpha = B_\Gamma \varepsilon\varphi\theta$. Αν το επιπλέον μαγνητικό πεδίο \vec{B}_α είναι το πεδίο στο κέντρο

ενός κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού, έντασης $B_\alpha = \frac{\mu_0 I}{2r}$, τελικά παίρνουμε:

$$I = \left(\frac{2r B_\Gamma}{\mu_0} \right) \varepsilon\varphi\theta \quad (1)$$

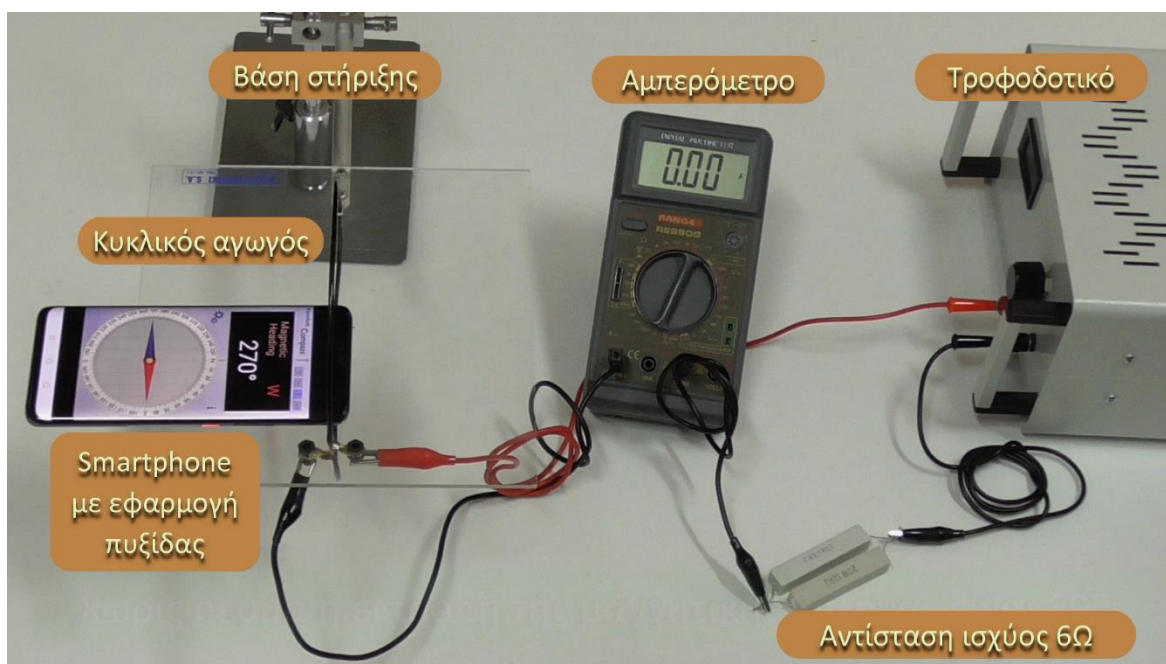
Δηλαδή με βάση το θεωρητικό μας μοντέλο, η γραφική παράσταση $I = f(\varepsilon\varphi\theta)$ θα είναι ευθεία

γραμμή με κλίση $\lambda = \frac{2r B_\Gamma}{\mu_0}$.

Πειραματική διάταξη

Για την εκτέλεση του πειράματος χρησιμοποιήσαμε:

- Κυκλικό αγωγό ακτίνας $r = 7,5 \text{ cm}$ τοποθετημένο σε κατάλληλη πλαστική βάση.
- Εργαστηριακό τροφοδοτικό χαμηλής τάσης.
- Ηλεκτρονικό πολύμετρο σε λειτουργία αμπερομέτρου (20A).
- Σύστημα δύο ωμικών αντιστατών συνολικής αντίστασης 6Ω και συνολικής ισχύος 30 W .
- «Έξυπνο» κινητό τηλέφωνο, που διαθέτει στο υλικό του αισθητήρα μαγνητικού πεδίου και είναι εφοδιασμένο με εφαρμογή Compass.
- Κατάλληλα καλώδια σύνδεσης.
- Μεταλλική βάση για τη στήριξη του ρευματοφόρου αγωγού.



Εικόνα 2 : Η πειραματική διάταξη

Προεργασία

Κατ' αρχάς η διάταξη πρέπει να τοποθετηθεί μακριά από σιδηρομαγνητικά υλικά που μπορεί να επηρεάσουν τις ενδείξεις της πυξίδας. Το κινητό πρέπει να τοποθετηθεί κάθετα στην οριζόντια διάμετρο του κυκλικού αγωγού και με τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού. Μετά με τη βοήθεια της πυξίδας του κινητού τηλεφώνου προσανατολίζουμε τη διάταξη (κυκλικός αγωγός - βάση στήριξης), ώστε η οριζόντια διάμετρος του κυκλικού αγωγού να έχει τη διεύθυνση Βορράς-Νότος.

Από τα παραπάνω είναι φανερό πως πρέπει να γνωρίζουμε τη θέση του αισθητήρα μαγνητικού πεδίου πάνω στην πλακέτα του κινητού τηλεφώνου. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα:

1. Από το σχέδιο της πλακέτας του τηλεφώνου μας, που πιθανόν έχουμε βρει στο διαδίκτυο.
2. Μετακινώντας κοντά στην οθόνη ένα μικρό μαγνήτη (π.χ. το βόρειο πόλο μιας μαγνητικής βελόνης) και ελέγχοντας με κατάλληλη εφαρμογή σε ποια θέση μεγιστοποιείται η ένταση του μαγνητικού πεδίου που μετράει.

Εργαστηριακή άσκηση

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι να επιβεβαιώσουμε πως το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που παράγεται στο κέντρο κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού είναι ανάλογο του ρεύματος που τον διαρρέει. Ως παράπλευρο αποτέλεσμα θα υπολογίσουμε την οριζόντια συστατική του γήινου μαγνητικού πεδίου.

Πειραματική διαδικασία

1. Σημειώστε την αρχική εκτροπή της μαγνητικής βελόνας όταν ο αγωγός δε διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα:

$$\theta_0 = \dots\dots\dots^\circ$$

2. Τροφοδοτούμε τον αγωγό με ηλεκτρικό ρεύμα και ρυθμίζουμε την τάση στο τροφοδοτικό, ώστε η ένταση του ρεύματος να πάρει την τιμή $I = 0,50 \text{ A}$.
3. Καταγράφουμε τη γωνία εκτροπής θ_1 της μαγνητικής βελόνης που απεικονίζεται στην οθόνη του κινητού, και η οποία όπως έχουμε ήδη πει συμπίπτει με τη διεύθυνση του συνολικού οριζόντιου μαγνητικού πεδίου στην περιοχή του αισθητήρα μαγνητικού πεδίου του κινητού μας.
4. Αντιστρέφουμε στη συνέχεια τη φορά του ρεύματος στον αγωγό (εναλλάσσοντας μεταξύ τους τα δύο καλώδια που συνδέονται στο τροφοδοτικό ή με κατάλληλο μεταγωγό διακόπτη). Αν χρειάζεται ξαναρυθμίζουμε την τάση, ώστε το ρεύμα να έχει σταθερή τιμή $I = 0,50 \text{ A}$. Η βελόνη αποκλίνει τώρα προς την αντίθετη κατεύθυνση και έστω θ_2 η νέα τιμή της γωνίας εκτροπής. Καταγράφουμε και αυτή την τιμή.

Αυξάνοντας την ένταση του ρεύματος επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία συνολικά πέντε φορές. Να μεταφέρετε τα πειραματικά δεδομένα από το βίντεο της άσκησης,

<https://youtu.be/6vTAykA2G5g>



<https://youtu.be/6vTAykA2G5g>

στον Πίνακα των πειραματικών δεδομένων.

Πίνακας : Πειραματικά δεδομένα

α/α	I (A)	Εκτροπή μαγνητικής βελόνας		Απόκλιση θ (°)	εφθ
		θ_1 (°)	θ_2 (°)		
1					
2					
3					
4					
5					

Εργασία

- α. Για κάθε μια από τις γωνίες εκτροπής η απόκλιση της μαγνητικής βελόνας υπολογίζεται ως $(\theta_1 - \theta_o)$, και $(\theta_o - \theta_2)$, υπό την προϋπόθεση πως $\theta_1 > \theta_o > \theta_2$. Η τελική τιμή της απόκλισης είναι η μέση τιμή των επιμέρους αποκλίσεων, δηλαδή:

$$\theta = \frac{(\theta_1 - \theta_o) + (\theta_o - \theta_2)}{2} \quad \text{ή} \quad \theta = \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{2}$$

- β. Να συμπληρώσετε στον πίνακα των πειραματικών δεδομένων την τιμή της γωνίας απόκλισης (θ) και την τιμή της εφαπτομένης της, και να σχεδιάσετε σε μιλιμετρέ χαρτί τη γραφική παράσταση $I = f(\varepsilon\varphi\theta)$.
- γ. Φανερώνει η γραφική παράσταση που μόλις σχεδιάσατε τη γραμμική εξάρτηση των πειραματικών σημείων ($I, \varepsilon\varphi\theta$); Διατυπώστε το συμπέρασμά σας για τη σχέση μεταξύ μαγνητικού πεδίου του κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού και της έντασης του ρεύματος που τον διαρρέει.
- δ. Σχεδιάστε την ευθεία που κατά τη γνώμη σας προσεγγίζει καλύτερα τα πειραματικά δεδομένα, υπολογίστε την κλίση της και από αυτή την τιμή της οριζόντιας συνιστώσας του γήινου μαγνητικού πεδίου στην περιοχή σας. Ελέγξτε την ακρίβεια του υπολογισμού σας με βάση την τιμή της οριζόντιας συνιστώσας του γήινου μαγνητικού πεδίου που θα βρείτε είτε από βιβλιογραφικές πηγές, είτε με τη χρήση άλλης κατάλληλης εφαρμογής για το κινητό τηλέφωνο (π.χ. Physics Toolbox).