

Άσκηση H32

Μέτρηση της έντασης μαγνητικού πεδίου ενός ζεύγους πηνίων (πηνία HOLMKOLTZ) κατά μήκος του άξονα

Θεωρητική μελέτη

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου $\vec{H}$ και η πυκνότητα της μαγνητικής ροής B συνδέονται μεταξύ τους δια της σχέσης:

$$\vec{B} = \mu \vec{H}, \text{ με } [H] = \frac{A}{m} \text{ και } B = \frac{V_s}{m^2} = T$$

Το μέγεθος μ ονομάζεται διαπερατότητα. Για αυτό το μέγεθος, ισχύει:

$\mu = \mu_r \mu_0$, όπου μ_r - σχετική διαπερατότητα και $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{V_s}{A_m}$, μαγνητική σταθερά πεδίου.

Ο προσδιορισμός των μεγεθών $\vec{H}$ και $\vec{B}$, για οποιεσδήποτε γεωμετρικές διατάξεις, έχει ως αφετηρία το διανυσματικό δυναμικό:

$$\vec{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int \vec{j} \frac{dV}{r}, \text{ με } \vec{j} = \frac{A}{m^2} = \text{πυκνότητα ρεύματος}$$

Αυτό συνδέεται με την πυκνότητα της μαγνητικής ροής $\vec{B}$ δια της σχέσης:

$$\vec{B} = \nabla * \vec{A}$$

Από την σχέση αυτή, έπεται ότι $[A] = \frac{V_s}{m}$. Η σχέση $\vec{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int \vec{j} \frac{dV}{r}$ είναι ο ως επί το πλείστον χρησιμοποιημένος ορισμός του διανυσματικού δυναμικού. Ένα μεγάλο πλήθος Φυσικών όμως, αντί της σχέσης αυτής, χρησιμοποιεί τον ορισμό:

$$\vec{A} = \frac{1}{4\pi} \int \vec{j} \frac{dV}{r} \text{ και επομένως } \vec{H} = \nabla * \vec{A}, [\vec{A}] = A$$

Ο καθένας από αυτούς τους ορισμούς είναι φορέας πλεονεκτημάτων, τα οποία δεν θα αναλυθούν στο υπό ανάγνωσης σύγγραμμα. Ανεξαρτήτως από τον ορισμό του διανυσματικού δυναμικού, το αποτέλεσμα είναι το ίδιο και καλείται νόμος του Biot, Savart.

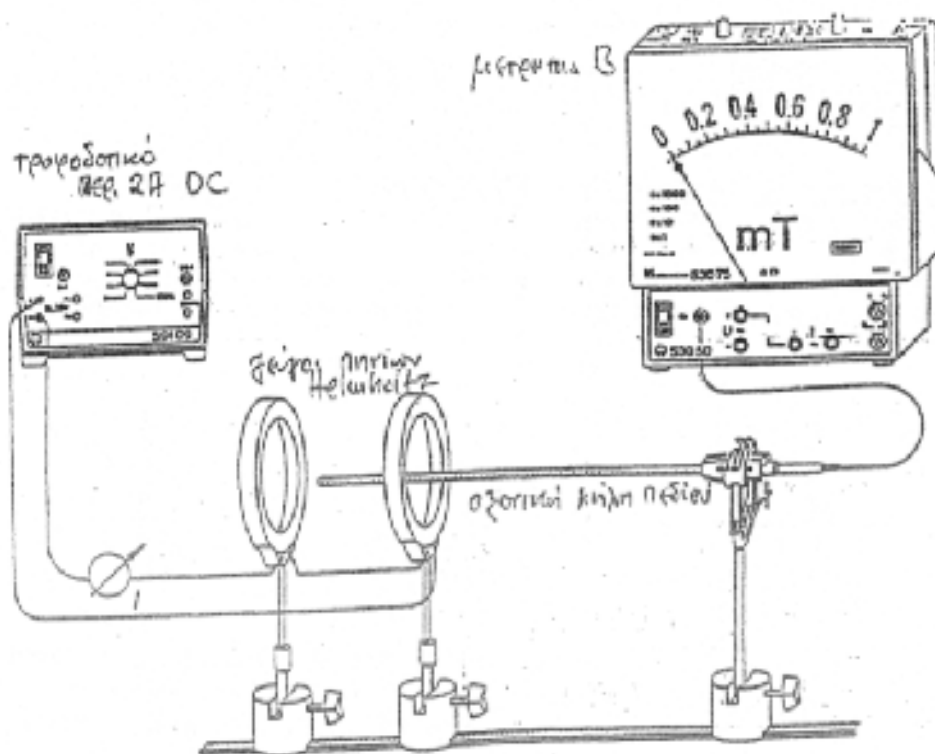
$$d\vec{H} = \frac{I}{4\pi r^2} d\vec{s} \frac{\vec{r}}{r} \text{ είτε } dH = \frac{I}{4\pi r^2} \eta \mu x ds$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu I}{4\pi r^2} d\vec{s} \frac{\vec{r}}{r} \text{ είτε } dB = \frac{\mu I}{4\pi r^2} \eta \mu x ds$$

Ο νόμος του Biot και Savart, δίνει την δυνατότητα υπολογισμού μαγνητικών πεδίων που προκαλούνται από ευθύγραμμους, ρευματοφόρους αγωγούς, χωρίς νωρίτερα να είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του διανυσματικού δυναμικού.

Πειραματική διάταξη

3. Οι συσκευές διατάσσονται στον χώρο, σύμφωνα με το σχήμα 3. Η ακτίνα των πηνίων, είναι $R = 6.8\text{cm}$
4. Τα πηνία συνδέονται σε σειρά. Η τάση τροφοδοσίας ρυθμίζεται έτσι, ώστε το ρεύμα να είναι περίπου $I = 1\text{A}$. Προσοχή! Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα στα πηνία είναι $I_{\text{max}} = 1.5\text{A}$
5. Η μύτη της αξονικής μήλης πεδίου τοποθετείται στο κέντρο μεταξύ των δύο πηνίων. Το κέντρο αυτό είναι το σημείο του μηδενός του άξονα a (βλέπε σχήμα 2)
6. Το πεδίομετρο για B και η αξονική μήλη πεδίου βαθμονομούνται με την βοήθεια του πηνίου καλμπραρίσματος. (βλέπε ειδικές οδηγίες χρήσης και συμβουλέψου τον τεχνικό ειδικό του εργαστηρίου)



Σχήμα 3 – Πειραματική διάταξη για την μέτρηση του μαγνητικού πεδίου

Μετρήσεις

Η αξονική μήλη πεδίου τοποθετείται στον άξονα των δύο πηνίων

A) Απόσταση b : ελάχιστη απόσταση

- Μέτρηση της για $a = 0, \dots, 12\text{cm}$ σε βήματα που καθορίζονται από τον πειραματιστή σπουδαστή (π.χ. 5mm είτε 10mm)

- Κατασκευή πίνακα τιμών μέτρησης

- Κατασκευή γραφήματος $B = f(a)$, όπως και στο σχήμα 4

B) Απόσταση $b=R$

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται όπως και στο εδάφιο Α

C) Απόσταση $b=2R$

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται όπως και στο εδάφιο Α

Παρατηρήσεις

7. Το τεσλάμετρο πρέπει να ρυθμιστεί σε κατάλληλη περιοχή μέτρησης
8. Για τον τρόπο μέτρησης της απόστασης a δεν χρειάζεται η σύμφωνη γνώμη του τεχνικού υπευθύνου, ούτε οι υποδείξεις του

Αξιολόγηση των μετρήσεων

A) Προσδιορισμός του χώρου με ομογενές πεδίο $\left(\frac{\Delta B}{B} \leq 0.1 \right)$ στις περιπτώσεις

μέτρησης: α1) ελάχιστο δυνατό b α2) $b=R$ α3) $b=2R$

B) Υπολογισμός της B σε $N=320$ και $\alpha=0$ στις περιπτώσεις μέτρησης α1) ελάχιστο δυνατό b , α2) $b=R$, α3) $b=2R$ και σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές μέτρησης (σύγκριση σημαίνει υπολογισμός της απόκλισης της μιας από την άλλη τιμή)