

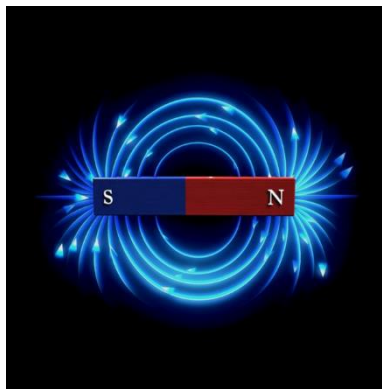
Μέτρηση μαγνητικής διπολικής ροπής σφαιρικού μαγνήτη NdFeB

Κωνσταντίνος Παπαφυλάκης

25/2/2024

Θεωρία

Η μαγνητική διπολική ροπή ενός μαγνήτη (μαγνητικό δίπολο) είναι ένα διανυσματικό μέγεθος που δείχνει πόσο ισχυρός είναι ο μαγνήτης. Συμβολίζεται με το γράμμα m και έχει μονάδα μέτρησης $A \cdot m^2$.



Εικόνα 1: Μαγνήτης (Μαγνητικό Δίπολο)

Στόχος του πειράματος είναι να βρεθεί η μαγνητική διπολική ροπή ενός σφαιρικού μαγνήτη νεοδύμιου (NdFeB). Για το πείραμα αυτό θα χρειαστούμε 2 τέτοιους πανομοιότυπους μαγνήτες NdFeB.

Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ένας σφαιρικός μαγνήτης διπολικής ροπής m και ακτίνας R σε απόσταση $r > R$ δίνεται από τη σχέση

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 m}{2\pi r^3} \hat{r}$$

Το έργο της δύναμης που ασκεί ο ένας μαγνήτης στο άλλο είναι

$$W = -\vec{m} \cdot \vec{B}$$

Άρα

$$W = -\frac{\mu_0 m^2}{2\pi r^3}$$

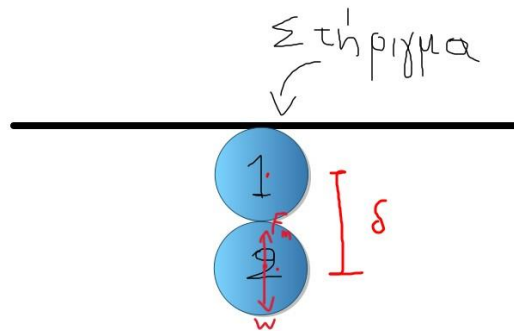
Επομένως η μαγνητική δύναμη μεταξύ των μαγνητών έχει μέτρο

$$F_m = \frac{dW}{dr} = \frac{3\mu_0 m}{2\pi r^4}$$

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, ο μαγνήτης 1 ισορροπεί μέσω κάποιου εξωτερικού στηρίγματος (π.χ. χέρι). Από την ισορροπία του μαγνήτη 2, για $r=\delta$ έχουμε

$$F_m = w \Rightarrow \frac{3\mu_0 m}{2\pi\delta^4} = Mg \Rightarrow m = \sqrt{\frac{2\pi Mg\delta^4}{3\mu_0}}$$

όπου M η μάζα του μαγνήτη, δ η διάμετρος του μαγνήτη, μ_0 η μαγνητική διαπερατότητα του κενού, g η επιτάχυνση της βαρύτητας.



Εικόνα 2: Πειραματική Διάταξη

Πείραμα: Μέτρηση μαγνητικής διπολικής ροπής σφαιρικού μαγνήτη NdFeB

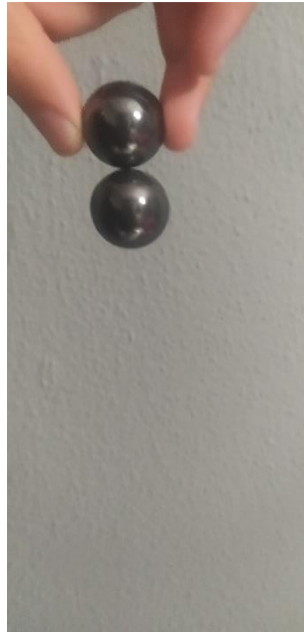
ΥΛΙΚΑ

- 2 πανομοιότυποι σφαιρικοί μαγνήτες NdFeB
- Χάρακας
- Ηλεκτρονικός Ζυγός

ΜΕΘΟΔΟΣ

1. Κρατήστε με το χέρι σας τον έναν μαγνήτη
2. Φέρτε τον δεύτερο μαγνήτη σε επαφή με τον πρώτο έτσι ώστε το σύστημα να ισορροπεί
3. Αφού επιβεβαιώσετε ότι το σύστημα ισορροπεί, διαλύστε την πειραματική διάταξη
4. Με τον ηλεκτρονικό ζυγό, μετρήστε τη μάζα του μαγνήτη
5. Μετρήστε την διάμετρο του μαγνήτη δ .
6. Χρησιμοποιήστε τις μαθηματικές σχέσεις που έχουν δοθεί για να υπολογίσετε τη μαγνητική διπολική ροπή του μαγνήτη m .

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

$$m = \sqrt{\frac{2\pi M g \delta^4}{3\mu_0}}$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από το πείραμα, η 'μέση' μαγνητική διπολική ροπή του μετρούμενου μαγνήτη είναι

_____ $A \cdot m^2$

Στη βιβλιογραφία, η διάμετρος! μιας τρίχας βρίσκεται στην περιοχή ανάμεσα σε 0,1 και 1 $A \cdot m^2$.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Griffiths, "Introduction to Electrodynamics"
- 2) International Physics Olympiad 2022