

## Măsurarea forței cu care acționează un câmp magnetic asupra unui curent electric ce străbate un conductor liniar

### Obiectivul experimentului

- Măsurarea forței cu care un câmp magnetic acționează asupra unui curent electric ce străbate un conductor liniar în funcție de intensitatea curentului.
- Măsurarea forței cu care un câmp magnetic acționează asupra unui curent electric ce străbate un conductor liniar în funcție de lungimea conductorului.
- Calcularea inducției câmpului magnetic.

### Principiul lucrării

Pentru a defini câmpul magnetic într-un punct considerăm o sarcină electrică  $q$  care se deplasează cu viteza  $\vec{v}$  în acest câmp (fig. 1). Din date experimentale știm că:

- (1) Modulul forței electromagnetice  $\vec{F}_B$  exercitată de câmpul magnetic asupra sarcinii electrice în mișcare este proporțional cu  $q$  și cu  $\vec{v}$ .
- (2) Modulul și direcția lui  $\vec{F}_B$  depind de vectorii viteză  $\vec{v}$  și inducție magnetică  $\vec{B}$ .

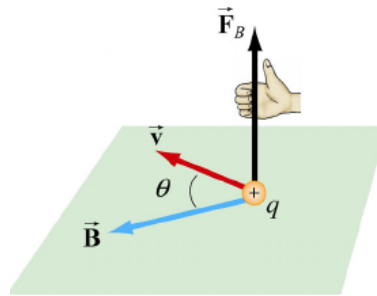


Fig. 1

- (3) Forța electromagnetică se anulează când vectorii  $\vec{v}$  și  $\vec{B}$  sunt paraleli, iar când vectorul  $\vec{v}$  face un unghi  $\theta$  cu direcția vectorului  $\vec{B}$ , forța  $\vec{F}_B$  este perpendiculară pe planul format de vectorii  $\vec{v}$  și  $\vec{B}$ , iar modulul lui  $\vec{F}_B$  este proporțional cu  $\sin\theta$ . Sensul forței  $\vec{F}_B$  pe direcția perpendiculară pe planul format de vectorii  $\vec{v}$  și  $\vec{B}$  se stabilește cu regula burghiului rotind vectorul  $\vec{v}$  peste vectorul  $\vec{B}$  pe la unghiul cel mai mic format de aceștia.

(4) Sensul forței electromagnetice  $\vec{F}_{\vec{B}}$  se inversează dacă se schimbă semnul sarcinii electrice

Observațiile de mai sus pot fi scrise sub forma

$$\vec{F}_{\vec{B}} = q\vec{v} \times \vec{B}. \quad (1)$$

Relația (1) poate fi considerată ca definiția vectorului inducție magnetică  $\vec{B}$  într-un punct din spațiu. Forța exprimată prin relația (1) poartă numele de forța Lorentz. Modulul forței Lorentz este egal cu

$$F_{\vec{B}} = |q|vB \sin \theta. \quad (2)$$

În SI unitatea de măsură pentru inducția magnetică este T (tesla), care este egală cu

$$1\text{T} = \frac{1\text{N}}{1\text{C} \cdot 1\text{m/s}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{Am}}.$$

O unitate non-SI utilizată încă este G (gauss), unde  $1\text{T} = 10^4\text{G}$ .

Un curent electric fiind format din sarcini electrice în mișcare, dacă acesta este introdus într-un câmp magnetic, asupra lui va acționa o forță electromagnetică. Aceasta va fi egală cu suma vectorială a tuturor forțelor Lorentz care acționează asupra sarcinilor electrice ce compun curentul electric.

Considerăm un conductor liniar suspendat într-o regiune cu câmp magnetic (fig. 2). Direcția câmpului magnetic este perpendiculară pe foaie și iese din foaie. Direcția vectorului  $\vec{B}$  este reprezentată prin puncte. Experimental se constată că dacă prin conductor trece un curent electric în jos (în figură) acesta este curbat spre stânga, iar dacă curentul electric parcurge conductorul în sus, curbarea are loc spre dreapta.

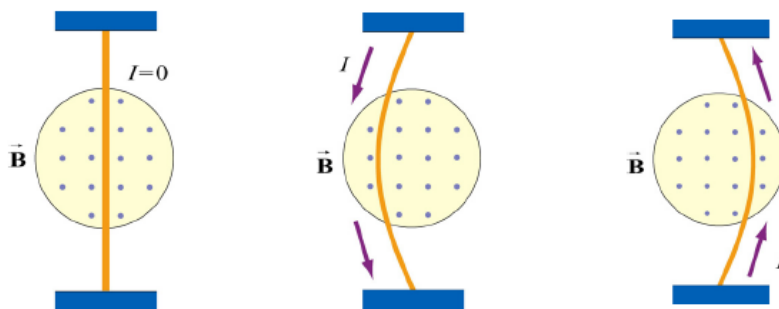


Fig. 2

Calculăm forța exercitată de câmpul magnetic asupra unui segment liniar de lungime  $l$  și arie a secțiunii  $S$  de conductor parcurs de un curent electric  $I$  (fig. 3). Am ales ca vectorul inducție magnetică  $\vec{B}$  să intre în foaie (semnul  $\times$ )

Sarcinile electrice care formează curentul se deplasează cu o viteză de drift medie  $\vec{v}_d$ . Sarcina totală transportată de curentul electric poate fi scrisă ca fiind egală cu  $q_{total} = qnSl$ , unde  $n$  este concentrația de sarcini (numărul de sarcini electrice din unitatea de volum).

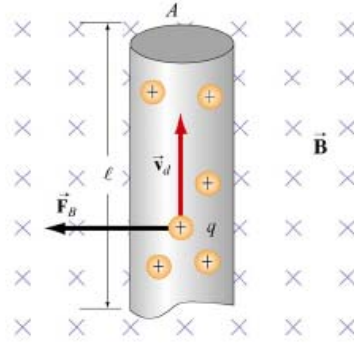


Fig. 3

Astfel, forța cu care acționează câmpul magnetic asupra tuturor sarcinilor electrice transportate de curent este egală cu

$$\vec{F}_B = q_{total} \vec{v}_d \times \vec{B} = qnSl\vec{v}_d \times \vec{B} = I(\vec{l} \times \vec{B}), \quad (3)$$

unde intensitatea curentului  $I = nqv_d S$ , iar  $\vec{l}$  este un vector lungime cu modulul  $l$  și orientat în sensul de trecere a curentului electric.

#### Dispozitivul experimental

În figura 4 este reprezentat dispozitivul experimental pentru determinarea forței cu care un câmp magnetic acționează asupra unui curent electric.

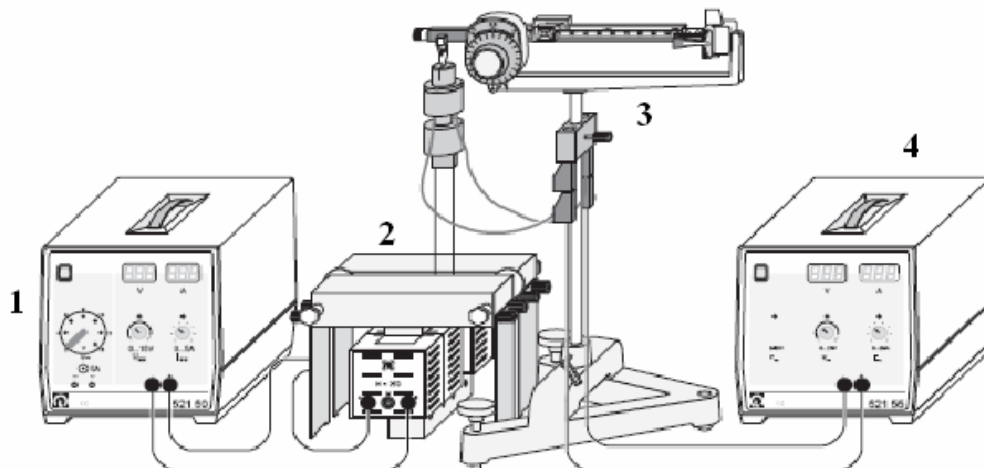


Fig. 4. Dispozitivul experimental. 1 – sursa de tensiune electrică care alimentează electromagnetul; 2 – electromagnetul; 3 – balanța pentru măsurarea forței electromagnetice; 4 – sursa de tensiune care alimentează circuitul electric al conductoarelor sub forma unor spire dreptunghiulare

În acest experiment, câmpul magnetic de inducție  $\vec{B}$  este generat cu ajutorul unui electromagnet cu miez în formă de U, iar forța electromagnetică se măsoară cu o balanță din figura 5.

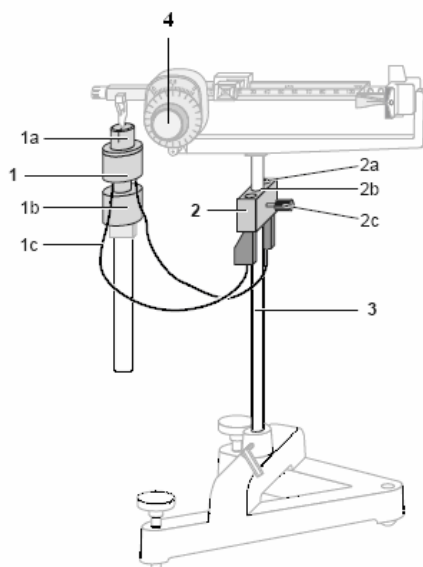


Fig. 5. Balanța pentru măsurarea forței electromagnetice: 1 – suport pentru spirele dreptunghiulare (1a – suspensia; 1b – montajul pentru spire; 1c – fire de legătură din cupru cu dispozitiv de fixare); 2 – suport pentru cabluri (2a – montura pentru fixare; 2b – orificiul pentru bara verticală; 2c – șurub de fixare); 3 – bară verticală; 4 – șurub pentru echilibrarea balanței.

Pentru studiul forței dintre un câmp magnetic și un conductor liniar se utilizează un set de șase spire dreptunghiulare cu latura utilizată având lungimi diferite. În figura 6a sunt prezentate patru din aceste spire care au aceeași formă deosebită între acestea constând în valoarea diferită a lui  $l$  ( $l = 1, 2, 4, 8$  cm), iar în figurile 6b și 6c sunt prezentate celelalte două, menținându-se și valorile lungimilor conductorilor  $l$  și  $l_1$ . Astfel, în figura 6b,  $l = 4$  cm, în timp ce în figura 6c,  $l = 4$  cm și  $l_1 = 1$  cm.

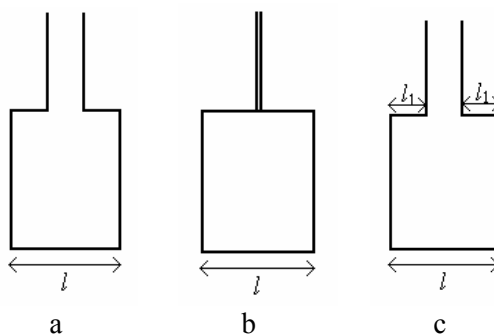


Fig. 6

**Modul de lucru**

1. Legați una din spirele dreptunghiulare în montura 1b corespunzătoare.
2. Așezați suportul pentru cabluri astfel încât firele de cupru să atârne libere, aveți grijă să nu le atingeți între ele pentru a nu produce un scurtcircuit, iar forța exercitată asupra suportului pentru spirele conductoare să nu se modifice în decursul experimentului.
3. Echilibrați balanța și notați valoarea corespunzătoare a zero-ului.
4. Conectați dispozitivul la sursa de tensiune electrică cu ajutorul cablurilor din fire de cupru, cu conectoare.
5. Suspendați spira conductoare între polii electromagnetului astfel încât aceasta să nu atingă polii. Ajustând echilibrarea pentru zero a scalei balanței asigurați-vă că spira conductoare rămâne în aceeași poziție în câmp magnetic în decursul experimentului, iar transferul de forță prin firele de cupru rămâne constant în timpul experimentului.
6. Pentru a determina valoarea forței exercitate asupra unui conductor de un câmp magnetic se măsoară diferența dintre masele indicate de balanță în raport cu poziția zero inițială în prezența câmpului magnetic și în absența acestuia.. Pentru a obține acest lucru se compensează forța care acționează asupra conductorului liniar revenind la valoarea zero cu ajutorul șurubului pentru echilibrarea balanței.
7. Alegeți pentru valoarea intensității curentului electric prin electromagnet valorile  $I_{\text{electromagnet}} = 1, 2, 3 \text{ A}$ . Menținând constantă fiecare din aceste valori ale intensității curentului prin electromagnet, măsurați valorile forței electromagnetice în funcție de valorile intensității curentului electric printr-un conductor (spira dreptunghiulară) și treceți valorile în tabelul 1. Veți obține trei astfel de tabele pentru fiecare conductor. Pentru  $I_{\text{conductor}}$  alegeți valori în intervalul (0 – 5) A.

Tabelul 1

$$I_{\text{electromagnet}} = \dots \text{ A}; l = \dots \text{ cm}$$

$I_{\text{conductor}}(\text{A})$										
$F \text{ (mN)}$										

8. Alegeți o valoare pentru intensitatea curentului prin electromagnet, iar pentru valoarea intensității curentului electric prin conductor alegeți pe rând valorile  $I_{\text{conductor}} = 1, 2, 3 \text{ A}$ . Menținând constantă fiecare din aceste valori ale intensității curentului prin conductor, măsurați valorile forței electromagnetice în mN funcție de valorile lungimii  $l$  a conductorului (latura spirei dreptunghiulare) în cm, utilizând spirele din figura 6a. Treceți valorile în tabelul 2. Veți obține trei astfel de tabele.

Tabelul 2

$$I_{\text{electromagnet}} = \dots \text{ A}; I_{\text{conductor}} = \dots \text{ A};$$

$l \text{ (cm)}$	1	2	4	8
$F \text{ (mN)}$				

9. Repetați operațiile de la punctul 8 separat pentru celelalte două spire din figurile 6b și 6c.

### **Prelucrarea datelor experimentale**

#### **a). Măsurarea dependenței valorii forței electromagnetice de inducția în funcție de intensitatea curentului prin conductor**

Reprezentați grafic valorile obținute pentru forță în mN în funcție de valorile intensității curentului prin conductor în A, utilizând datele din tabelul 1.

Trasați o dreaptă prin punctele obținute și calculați panta dreptei care este egală cu  $Bl$ , conform relației (3). Cunoscând valoarea lungimii  $l$  a conductorului, calculați valoarea inducției magnetice  $B$ .

Măsurați cu teslamentul valoarea inducției magnetice și comparați cele două valori.

#### **b). Măsurarea dependenței valorii forței electromagnetice de lungimea conductorului aflată în câmp magnetic**

Reprezentați grafic valorile obținute pentru forță în mN în funcție de valorile lungimii conductorului în cm, utilizând datele din tabelul 2. Veți obține trei grafice, câte unul pentru fiecare valoare a intensității curentului prin electromagnet.

Trasați câte o dreaptă prin punctele obținute și calculați pantele dreptelor care sunt egale cu  $BI_{conductor}$ , conform relației (3). Cunoscând valoarea intensității curentului  $I_{conductor}$  prin conductor, calculați valoarea inducției magnetice  $B$ .

Măsurați cu teslamentul valoarea inducției magnetice și comparați cele două valori.

#### **c). Interpretați rezultatele experimentale obținute la punctul 9 din Modul de lucru.**