

Bài thí nghiệm số 9
KHẢO SÁT TƯƠNG TÁC TỪ CỦA DÒNG ĐIỆN
NGHIỆM ĐỊNH LUẬT AMPRE VỀ LỰC TỪ

-----000-----

Mục tiêu: Sau khi học xong bài này sinh viên có khả năng:

- *Về kiến thức:* Nêu được phương pháp đo và các bước tiến hành thí nghiệm khảo sát tương tác từ của dòng điện, nghiệm định luật Ampre về lực từ.
- *Về kỹ năng:* Sử dụng thành thạo các dụng cụ đo, tiến hành đúng trình tự thí nghiệm để thu được số liệu chính xác.
- *Về thái độ:* Chăm thận, kiên trì, chính xác, trung thực, khách quan.

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Từ trường là một dạng vật chất đặc biệt xuất hiện trong không gian xung quanh các điện tích chuyển động. Sự tồn tại của từ trường trong một không gian nào đó thể hiện ở chỗ : bất kì một dòng điện, một điện tích chuyển động hay một kim nam châm...đặt trong không gian đó đều chịu tác dụng một lực từ \vec{F} . Phương, chiều, độ lớn của lực từ \vec{F} tác dụng lên một dòng điện đặt trong từ trường không những phụ thuộc phương, chiều, cường độ dòng điện, kích thước, hình dạng dây dẫn, mà còn phụ thuộc đặc trưng của từ trường. Như vậy, có thể căn cứ vào tác dụng lực của từ trường để đưa ra một đại lượng đặc trưng cho từ trường trong không gian nào đó, không phụ thuộc vào sự có mặt hay không của dòng điện, hay điện tích chuyển động... trong không gian đó. Đại lượng đó là véc tơ cảm ứng từ \vec{B} . Phương chiều của véc tơ \vec{B} tại một điểm được định nghĩa trùng với phương chiều của kim nam châm thử đặt tại điểm đó (đi từ cực S đến cực N của kim nam châm thử).

Trong bài thí nghiệm này, ta khảo sát lực từ \vec{F} do một từ trường đều tác dụng lên các đoạn dòng điện thẳng có cường độ I và độ dài l khác nhau (đặc trưng bởi véc tơ đoạn dòng điện $\vec{I.l}$), được đặt theo các hướng khác nhau trong từ trường.

Từ các kết quả nhận được, nghiệm lại định luật Am pe về lực từ và tính ra độ lớn cảm ứng từ \vec{B} của từ trường đã cho.

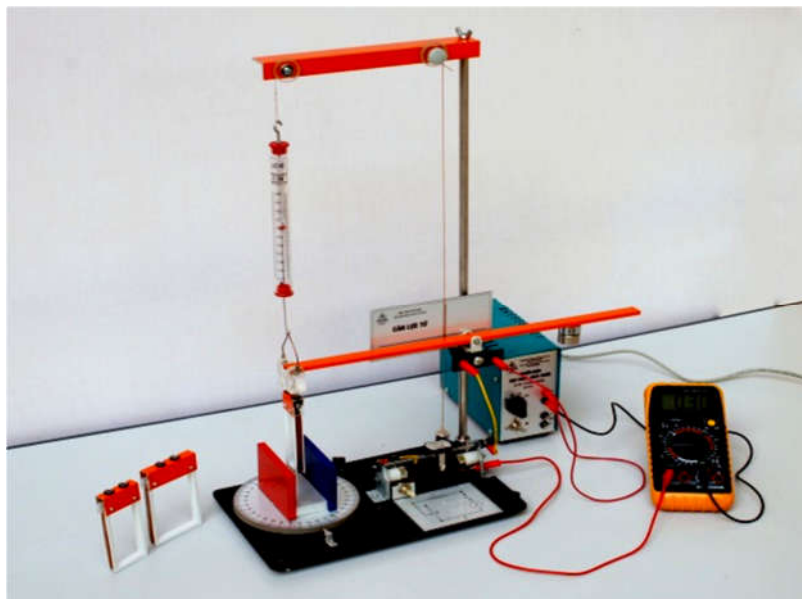
II. DỤNG CỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐO

1. Dụng cụ đo:

Các dụng cụ thí nghiệm gồm có:

- Cân dòng điện.
- Lực kế 0.1N.
- Thiết bị tạo từ trường đều, kích thước 70x90x40, sử dụng nam châm đất hiếm, tối đa 0.3T.
- Bộ giá quay có thước đo góc 0-360°/1° bằng vật liệu phi từ tính.
- Hộp chứa linh kiện.
- Bộ ba khung dây 100 vòng, đường kính 0.3mm có cơ cấu cảm lấy điện kiểu lỗ cắm 4mm, k.thước (80x60)mm; (80x40)mm; (80x20)mm.

- Đồng hồ đa năng hiện số DT9205A.
 - Quả rọi.
 - Dây đồng hồ có hai đầu phích, dài 60cm.
 - Dây nối mạch có hai đầu phích dài 800/0.75m.
 - Bộ nguồn ổn áp 220V/0-12VDC3A điều chỉnh liên tục, có hai đồng hồ chỉ thị dòng và thế.
- Các dụng cụ thí nghiệm này được lắp đặt như ở hình vẽ 9.1.

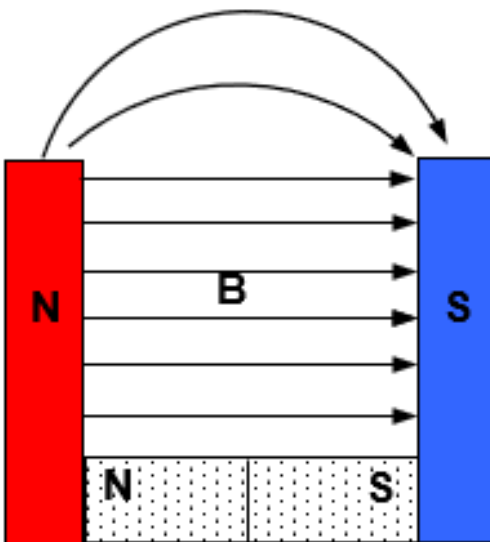


Hình 9.1: Thí nghiệm khảo sát tương tác từ của dòng điện bằng cân dòng điện.

2. Phương pháp đo:

- Từ trường đều \vec{B} , tạo bởi hệ nam châm vĩnh cửu đặt song song cùng chiều giữa hai bản cực làm bằng vật liệu sắt từ mềm, kích thước 90x60x9mm (Hình 2). Toàn bộ hệ thống được đặt trên một đĩa quay có chia độ 0 - 360°, ĐCNN 1°.

- Ba khung dây hình chữ nhật (1-H1) có số vòng n bằng nhau ($n=100$ vòng), nhưng kích thước khác nhau ($a \times b = 80 \times 22.5; 80 \times 42.5$ và 80×62.5 mm), trong đó cạnh đáy b của khung sẽ được đặt nằm trong từ trường đều. Như vậy, nếu cho dòng điện cường độ I chạy trong khung, thì tại cạnh đáy b của khung, véc tơ đoạn dòng điện có cường độ $|\vec{I}| = 100.I.b$. Ở đầu trên của khung có hai lỗ cắm dẫn điện vào khung.



Hình 9.2 : Từ trường B trong khoảng không gian giữa hai má từ, đặt ở hai đầu các thanh nam châm vĩnh cửu

- Cân lực từ, gồm một giá thẳng đứng (5) lắp trên đế bằng vật liệu phi sắt từ (8); một đòn cân (3) có giá treo khung dây, móc lực kế và quả đối trọng có vít hãm (4); dây treo và ròng rọc trên giá treo lực kế (6) để treo lực kế và chỉnh thẳng bằng cho đòn cân. Một bảng chỉ thị thẳng bằng và một dây dọi cũng được lắp trên giá thẳng đứng để xác định vị trí cân bằng của cân. Phía dưới bệ đỡ đòn cân có một bảng điện nhỏ, có hai lỗ cắm nối qua một công tắc đảo chiều dòng điện dẫn vào khung dây.

- Lực kế nhạy (7) có phạm vi đo 0-100mN; ĐCNN 1 mN, dùng đo cường độ lực từ.

- Nguồn điện một chiều DC 0 -12V /3A, điều chỉnh liên tục.

Một đồng hồ đo điện đa năng hiện số DT 9205A+, dùng đo cường độ dòng điện.

Một biến trở con chạy 50Ω1.5A, dùng điều chỉnh cường độ dòng điện I .

- Bộ 4 dây nối mạch điện tiết diện 0.75 mm², có hai đầu phích (3 dây dài 40-50 cm, 1 dây dài 80 cm).

III. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

1. Lắp ráp thí nghiệm :

Chú ý: Thận trọng khi lắp ráp và sử dụng lực kế 0,100N. Đây là loại lực kế lò xo rất nhạy và có độ chính xác cao, tuyệt đối không treo trọng vật có khối lượng quá 10g. Trước khi treo lực kế vào cân lực từ, ta treo khung dây vào đòn cân và điều chỉnh vị trí giá trọng cho đòn cân đạt thẳng bằng (hơi lệch về phía khung dây), khoá vít giá trọng rồi mới móc lực kế vào đòn cân.

Thực hiện lắp ráp thí nghiệm theo trình tự sau :

- 1-1. Lắp và xoay đĩa tròn đỡ nam châm đến vị trí 90°.
- 1-2. Lắp khung dây nhỏ nhất (có cạnh 22.5mm) vào đòn cân.
- 1-3. Điều chỉnh vị trí giá trọng bằng cách xoay nó theo chiều kim đồng hồ để nối lỏng vít hãm, rồi dịch chuyển dọc theo cánh tay đòn để tìm được vị trí thẳng bằng cho đòn cân (hơi lệch về phía khung dây), sau đó xoay quả giá trọng theo hướng ngược lại để khoá vít hãm.
- 1-4. Xoay ròng rọc để hạ thấp lực kế và móc nó vào đòn cân ngay phía trên khung dây.
- 1-5. Kiểm tra và điều chỉnh cân bằng cho toàn hệ thống như sau :

- Trụ thép $\Phi 10$, phải thẳng đứng, kiểm tra bằng dây rọi (song song với vạch thẳng đứng trên bảng chỉ thị) và điều chỉnh bằng bốn vít ở tám đế.

- Khung dây nằm giữa khe từ, mặt phẳng khung song song với hai má từ, cạnh dưới của khung nằm dưới mép khe từ khoảng 2,5-3 cm : Điều chỉnh bằng cách xô dịch vị trí khớp đa năng.

- Xoay ròng rọc kéo lực kể lên- xuống, sao cho đòn cân song song với vạch ngang trên mặt chỉ thị, đồng thời lực kể chỉ giá trị F_0 khoảng 10- 15 mN .

1-6. Lắp mạch điện như sau :

- Nguồn ổn áp một chiều đang ở vị trí 0V. Dùng dây nối mạch dài 80cm nối giữa cực âm của nó với lỗ cắm (-) (màu đen) trên bảng điện của cân lực từ.

- Am pe kế A (Sử dụng thang đo DC10A của đồng hồ DT-9205A+, với 2 lỗ cắm COM và 10A) được mắc nối tiếp với biến trở con chạy VR (con chạy đặt ở vị trí giữa biến trở), rồi nối giữa cực + của nguồn một chiều DC và lỗ cắm +(màu đỏ) trên bảng điện của cân lực từ.

- Mời giáo viên đến kiểm tra thiết bị đã được lắp ráp, hệ thống sẵn sàng hoạt động.

2. Khảo sát chiều của lực từ \vec{F} phụ thuộc chiều của các véc tơ \vec{I} và \vec{B} .

Tiến hành thí nghiệm với khung dây có $b=22.5\text{mm}$, trong trường hợp $\vec{I} \perp \vec{B}$ (đĩa số gắn nam châm được xoay về vị trí 90^0 . Nếu mặt phẳng của khung dây chưa thật song song với mặt phẳng của các má từ thì ta có thể xoay đĩa số lân cận vị trí 90^0 sao cho chúng thật song song).

2-1 – Căn cứ theo sơ đồ cuộn dây vẽ trên khung dây và vị trí cực + của nguồn cung cấp để xác định chiều dòng điện chạy trong khung.

Căn cứ các cực N (màu đỏ) và S(màu xanh) của các má từ để xác định chiều của véc tơ \vec{B} . Biểu diễn các véc tơ \vec{I} và \vec{B} lên giấy.

Bật công tắc nguồn một chiều, điều chỉnh cường độ dòng điện bằng 0.2A đồng thời quan sát chiều dịch chuyển của khung dây để suy ra chiều của lực \vec{F} . Biểu diễn véc tơ \vec{F} cùng với các véc tơ \vec{I} và \vec{B} .

2-2 Đảo chiều véc tơ \vec{I} bằng cách bật công tắc chuyển mạch “thuận-nghịch” sang vị trí “nghịch” hoặc ngược lại, đảo chiều véc tơ \vec{B} bằng cách quay đĩa đặt nam châm 180^0 . Xác định chiều của lực từ \vec{F} trong mỗi trường hợp, biểu diễn trên sơ đồ véc tơ.

2-3 Rút ra kết luận về mối quan hệ về phương chiều giữa lực \vec{F} với các véc tơ \vec{I} và \vec{B} .

3. Khảo sát lực từ \vec{F} phụ thuộc vào cường độ dòng điện chạy trong khung

Thực hiện thí nghiệm với khung có $b=22.5\text{mm}$, xét trường hợp $\vec{I} \perp \vec{B}$, thay đổi cường độ dòng điện bằng cách điều chỉnh điện áp ra một chiều của nguồn DC, phối hợp điều chỉnh biến trở con chạy VR.

Có thể thực hiện theo trình tự sau :

3.1- Kiểm tra và điều chỉnh lại vị trí cân bằng ban đầu của cân, vị trí của khung trong từ trường, chọn chiều dòng điện và chiều của véc tơ \vec{B} sao cho lực \vec{F} có chiều hướng xuống dưới. Điều chỉnh thăng bằng cho đòn cân và ghi lại giá trị F_0 chỉ trên lực kế (7) vào bảng 1.

3.2- Bật công tắc nguồn một chiều, quan sát sự dịch chuyển của khung dây. Điều chỉnh cường độ dòng điện bằng 0.1A, đòn cân phía cuộn dây chúc xuống. Xoay ròng rọc để đưa đòn cân về vị trí cân bằng. Đọc giá trị lực F' chỉ trên lực kế và ghi vào bảng 1.

3.3- Tiếp tục tăng dần cường độ dòng điện lên 0.2 ; 0.3 ; 0.4 và 0.5A, thực hiện theo 3.1, 3.2, ghi tiếp các số liệu thu được vào bảng 1.

Bảng 1 :

$$b = 22.5\text{mm}, \quad n = 100 \text{ vòng}, \quad \alpha = 90^0.$$

I (A)	F ₀ (mN)	F' (mN)	F=F'-F ₀ (mN)
0.1			
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			

4. Khảo sát lực từ \vec{F} phụ thuộc vào góc α giữa $\vec{I.l}$ và \vec{B} :

Để thực hiện bước này ta vẫn chọn khung có cạnh $b=22.5\text{mm}$, để có thể xoay hướng khác nhau trong không gian có từ trường.

Cố định dòng điện chạy trong khung (ví dụ chọn $I = 0.5\text{A}$). Đo lực từ \vec{F} phụ thuộc góc α giữa $\vec{I.l}$ và \vec{B} bằng cách xoay đĩa tròn gắn nam châm định vị ở các góc khác nhau (ví dụ $\alpha = 90^0, 60^0, 45^0, 30^0$, và 0^0)

Thực hiện các bước tương tự (3.1), (3.2) với cường độ I đã chọn không thay đổi và đĩa tròn chia độ được định vị ở các góc khác nhau như trên. Ghi kết quả vào bảng 2.

Bảng 2 :

$$I = \dots\dots(\text{A}), \quad n = 100 \text{ vòng}, \quad b = 22,5 \text{ mm}.$$

α (độ)	F ₀ (mN)	F' (mN)	F=F'-F ₀ (mN)
90			
60			
45			
30			
0			

5. Khảo sát lực từ \vec{F} phụ thuộc vào độ dài đoạn dòng điện :

Để thực hiện bước này ta cố định dòng điện trong khung (ví dụ cho $I=0.4\text{A}$) và đo lực từ F tác dụng lên các khung có độ dài cạnh b khác nhau.

Thực hiện các bước tương tự (3.1), (3.2) nhưng với cường độ I đã chọn không thay đổi, sau khi lần lượt lắp các khung có kích thước khác nhau vào đòn cân. Ghi kết quả vào bảng 3.

Bảng 3 :

$$I = \dots\dots(\text{A}), \quad n = 100 \text{ vòng}, \quad \alpha = 90^0.$$

b (mm)	F ₀ (mN)	F' (mN)	F=F'-F ₀ (mN)
22,5			
42,5			
62,5			

6. Kết thúc thí nghiệm :

- Ghi lại thang đo và cấp chính xác của đồng hồ đo điện, các thông số của khung dây, phạm vi đo và ĐCNN của lực kế

- Ngắt công tắc nguồn , rút phích nguồn ra khỏi ổ điện 220V, ngắt nguồn điện cho đồng hồ đa năng hiện số, tháo mạch điện xếp lại gọn gàng.

- Tháo lực kế xếp vào hộp đựng, rút khung dây ra khỏi đòn cân và chỉnh lại thăng bằng (không tải) cho đòn cân.

- Xếp các khung dây vào hộp đựng.

Kết thúc thí nghiệm.

IV. TRÌNH BÀY KẾT QUẢ

- Thang đo cực đại của ampere kế điện tử: $I_m = \dots\dots\dots$, cấp chính xác: $k_I = \dots\dots\dots$, độ chia nhỏ nhất: $\omega_I = \dots\dots\dots$

- Độ chia nhỏ nhất của lực kế:

- Độ chia nhỏ nhất của thước góc:

1 - Khảo sát sự phụ thuộc của từ lực \vec{F} vào các đặc trưng của dòng điện và của từ trường

Bảng 1 : Khảo sát sự phụ thuộc của lực từ F vào cường độ dòng điện I chạy trong khung dây :

Với $b = 22.5\text{mm}$, $n = 100$ vòng, $\alpha = 90^\circ$.

I (A)	F ₀ (mN)	F' (mN)	F=F'-F ₀ (mN)
0.1			
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			

e. Tính $F = F' - F_0$ (mN) theo I rồi ghi vào bảng số liệu.

f. Tính sai số của F .

g. Vẽ đồ thị mô tả mối quan hệ $F \sim f(I)$, và nhận xét về dạng đồ thị.

Bảng 2 : Khảo sát sự phụ thuộc của lực từ F vào góc α giữa phương của dòng điện và phương của từ trường,

với $I = 0,5\text{(A)}$, $n = 100$ vòng, $b = 22,5 \text{ mm}$

α (độ)	F ₀ (mN)	F' (mN)	Sin α	F=F'-F ₀ (mN)
90				
60				
45				
30				
0				

a. Tính $F = F' - F_0$ (mN) theo α rồi ghi vào bảng số liệu.

b. Vẽ đồ thị mô tả mối quan hệ $F \sim f(\sin\alpha)$, và nhận xét về dạng đồ thị, từ đó rút ra kết luận về mối quan hệ giữa lực từ và góc giữa dòng điện và từ trường.

Bảng 3 : Khảo sát sự phụ thuộc của lực từ F vào độ dài b của các đoạn dòng điện

Với $I = \dots\dots\dots\text{(A)}$, $n = 100$ vòng, $\alpha = 90^\circ$.

b (mm)	F ₀ (mN)	F' (mN)	F = F' - F ₀ (mN)
22,5			
42,5			
62,5			

a. Tính $F = F' - F_0$ (mN) theo b rồi ghi vào bảng số liệu.

b. Vẽ đồ thị mô tả mối quan hệ $F \sim f(b)$, và nhận xét về dạng đồ thị, từ đó rút ra kết luận về mối quan hệ giữa lực từ F , cường độ dòng điện I , độ dài đoạn dòng điện l và góc giữa dòng điện và từ trường α , từ đó thiết lập công thức và nghiệm lại định luật Ampere

2- Xác định giá trị độ lớn của véc tơ \vec{B} của từ trường đã cho :

Từ kết luận : $F \sim I.n.l.\sin\alpha$ hay là : $F = k.I.n.l.\sin\alpha$.

Trong đó hệ số tỷ lệ k chính là đại lượng đặc trưng cho từ trường, có giá trị bằng độ lớn của véc tơ cảm ứng từ \vec{B}

Ta xác định giá trị của B từ các kết quả đo với $\alpha = 90^\circ$ (bảng 1 và bảng 2):

Theo bảng 1:

I (A)	n Số vòng	l=b (m)	F (N)	$k = \frac{F}{n.I.l} = B$
0.1	100	0,0225		
0.2	100	0,0225		
0.3	100	0,0225		
0.4	100	0,0225		
0.5	100	0,0225		
Trung bình				

Kết quả đo B: $B = \bar{B} \pm \Delta B$

V. CÂU HỎI CHUẨN BI

1. Cảm ứng từ B là gì?
2. Phát biểu định luật Ampere về lực từ
3. Trình bày dụng cụ và nguyên tắc đo.