

## Bài 2

## KHẢO SÁT TỪ TRƯỜNG TRONG ỐNG DÂY THẲNG

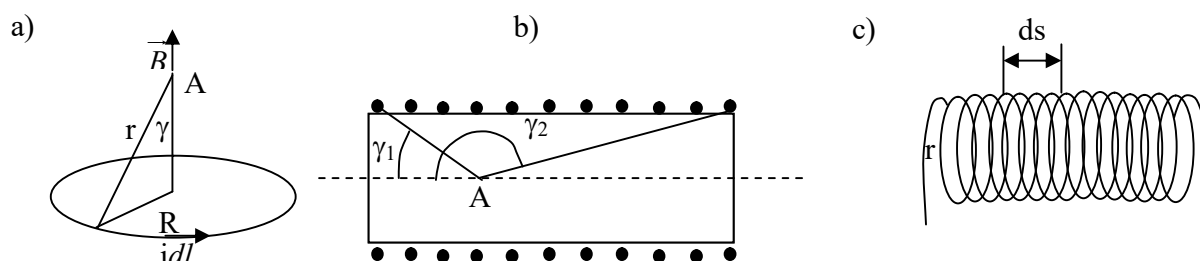
## I. MỤC ĐÍCH

- Khảo sát từ trường trong ống dây thẳng.
- Khảo sát sự phụ thuộc của cảm ứng từ  $B$  trong lòng ống dây vào cường độ dòng điện  $I$  chạy qua các vòng dây và sự phân bố của cảm ứng từ  $B$  dọc theo trục của ống dây.

## II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

## 1. Cường độ từ trường dọc theo trục của ống dây thẳng khi có dòng điện chạy qua:

Giả sử ta có 1 ống dây thẳng như ở hình 1. Ta hãy tính cảm ứng từ  $B$  tại 1 điểm  $A$  nào đó nằm trên trục của ống dây khi cho dòng điện không đổi  $I$  chạy qua các vòng dây (H1-b).



Hình 1

Nhờ định luật Biot-Savard-Laplace, ta dễ dàng tính được độ lớn của véc tơ cảm ứng từ  $\vec{B}$  từ do 1 dòng điện tròn, phẳng gây ra tại điểm  $A$  nằm trên trục vòng tròn (hình 1a):

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r}{4\pi} \int_0^{2\pi} \frac{I \sin \gamma dl}{r^2} = \frac{\mu_0 \mu_r}{4\pi} \int_0^{2\pi} \frac{IR}{r^3} dl = \frac{\mu_0 \mu_r}{2} \frac{IR^2}{r^3} \quad (1-1)$$

Ta có thể mở rộng kết quả đó cho 1 đoạn ngắn  $ds$  của ống dây (hình 1c). Nếu trên 1 đơn vị dài có  $n$  vòng dây thì trên đoạn ngắn  $ds$  có  $nds$  vòng. Áp dụng nguyên lý chồng chất từ trường, ta tính được cảm ứng từ  $dB$  do dòng  $I$  chạy qua  $nds$  vòng dây đó, gây nên ở điểm  $A$  bằng:

$$dB = \frac{\mu_0 \mu_r}{2} \cdot \frac{R^2}{r^3} \cdot I \cdot n \cdot ds \quad (1-2)$$

Từ hình vẽ cho thấy  $s = R \cdot \cot \gamma$ , hay  $|ds| = +R \frac{d\gamma}{\sin^2 \gamma}$ , Mặt khác  $\sin \gamma = \frac{R}{r}$ . Nhờ 2 hệ thức sau,

(1-2) thành :

$$dB = + \frac{\mu_0 \mu_r}{2} I n \sin \gamma d\gamma$$

Cảm ứng từ  $B$  do ống dây thẳng dài  $L$  (hình 1c) gây ra tại điểm  $A$  sẽ là:

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r}{2} \ln \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \sin \gamma d\gamma = \frac{\mu_0 \mu_r}{2} \ln(\cos \gamma_1 - \cos \gamma_2) \quad (1-3)$$

Nếu cuộn dây dài vô hạn,  $\gamma_1 = 0, \gamma_2 = \pi$  thì cảm ứng từ B tại một điểm trên trục của ống bằng :

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot I \cdot n \quad (1-4)$$

Cường độ từ trường H trong lòng ống dây thẳng dài vô hạn được xác định bởi :

$$H = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu_r} = I \cdot n \quad (1-5)$$

Với các cuộn dây có chiều dài hữu hạn thì B và H có giá trị nhỏ hơn công thức (1-4) và (1-5) này.

## 2. Phương pháp đo cảm ứng từ B

Giả sử ta có 1 khung dây gồm N vòng và có diện tích S, được đặt trong từ trường đều  $\vec{B}$  sao cho mặt phẳng khung vuông góc với vec tơ cảm ứng từ  $\vec{B}$ .

Từ thông  $\phi$  gửi qua khung, khi  $\vec{B}$  vuông góc với mặt phẳng của khung dây :

$$\phi = NBS \quad (1-6)$$

Nếu bằng cách nào đó ta làm thay đổi từ thông qua khung thì theo định luật cảm ứng điện từ, trong khung sẽ xuất hiện suất điện động cảm ứng:

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt} \quad (1-7)$$

Nếu khung dây được nối với một điện trở tải R, còn điện trở khung dây là r, thì theo định luật Ôm, dòng điện i chạy trong khung xác định bởi :

$$i = \frac{\varepsilon}{R+r} = - \frac{1}{R+r} \frac{d\phi}{dt} \quad (1-8)$$

Nếu ta làm cho từ thông thay đổi từ  $\phi$  đến 0 trong một thời gian ngắn  $\tau$ , thì điện lượng q chạy trong mạch bằng :

$$q = \int_0^{\tau} i dt = - \frac{1}{R+r} \int_{\phi}^0 d\phi = \frac{\phi}{R+r} \quad (1-9)$$

Kết hợp với (1-6), ta suy ra B :

$$B = \frac{R+r}{SN} q \quad (1-10)$$

Như vậy, đo điện lượng q chạy trong mạch điện của khung dây trong thời gian từ thông gửi qua khung biến thiên từ  $\phi$  đến 0, ta xác định được từ thông  $\phi$  và cảm ứng từ B theo (1-9) và (1-10). Đó là nguyên tắc của loại *máy đo cảm ứng từ* để đo cảm ứng từ B của từ trường không đổi, gọi là *từ thông kế một chiều*.

Trong trường hợp cần đo cảm ứng từ B trong ống dây thẳng dài, ta có thể dùng một *từ thông kế xoay chiều* thuận tiện và chính xác hơn từ thông kế một chiều. Nguyên tắc của *từ thông kế xoay chiều* như sau :

Cho dòng điện xoay chiều hình sin chạy qua cuộn dây :  $I = I_0 \sin \omega t$ . Có thể sử dụng dòng xoay chiều lấy từ lưới điện quốc gia (50Hz), hay từ một máy phát tín hiệu điện xoay chiều. Ta hãy xét trường hợp ống dây thẳng đủ dài để coi là vô hạn, khi đó cường độ từ trường  $H$  trong lòng ống dây là:

$$H = n.I = \frac{N_1}{L} I_0 \sin \omega t \quad (1-11)$$

với  $L$  là chiều dài ống dây,  $N_1$  là số vòng dây. Cảm ứng từ  $B$  trong lòng ống dây là:

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu_0 \mu_r \frac{N_1}{L} I_0 \sin \omega t = B_0 \sin \omega t \quad (1-12)$$

Trong đó :  $B_0 = \mu_0 \mu_r \frac{N_1}{L} I_0$  là biên độ của cảm ứng từ biến thiên tuần hoàn với tần số  $\omega$ .

Nếu đặt một khung dây phẳng gồm  $N_2$  vòng, có tiết diện  $S$  (đều) vào trong ống, sao cho mặt phẳng của khung vuông góc với  $\vec{B}$ , thì suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung sẽ là:

$$E = -\frac{d\phi}{dt}$$

trong đó  $\phi = N_2 \cdot S \cdot B = N_2 \cdot S \cdot B_0 \sin \omega t$

Lấy đạo hàm  $\phi$  theo  $t$  ta có:

$$E = -N_2 S \omega B_0 \cos \omega t = -E_0 \cos \omega t. \quad (1-13)$$

Trong đó  $E_0$  là biên độ suất điện động cảm ứng  $E$ . Đo  $E_0$ , ta xác định được biên độ cảm ứng từ  $B_0$ .

$$B_0 = \frac{E_0}{N_2 S \omega} \quad (1-14)$$

Giá trị  $B_0$  tương ứng với dòng điện  $I_0$  chạy qua ống dây, với :

$$I_0 = \sqrt{2} \cdot I$$

với  $I$  là cường độ hiệu dụng dòng điện xoay chiều.

Trong bài thí nghiệm này, ta dùng Từ thông kế xoay chiều (Tesla Meter) VC-8606 hoạt động ở tần số 50Hz để đo biên độ cảm ứng từ  $B_0$  trong lòng ống dây thẳng khi có dòng điện xoay chiều  $I$  chạy qua, đồng thời khảo sát sự phụ thuộc của  $B_0$  vào cường độ dòng điện  $I_0$  và sự phân bố của  $B_0$  dọc theo trục của ống dây.

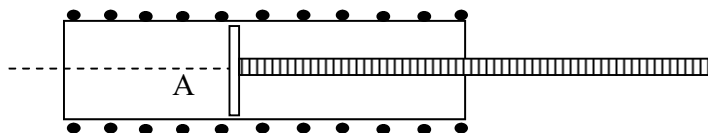
Từ trường là một môi trường vật chất đặc biệt sinh ra quanh các điện tích chuyển động, hoặc do sự biến thiên theo thời gian của điện trường, hoặc có nguồn gốc từ các moment lưỡng cực từ. Xét về bản chất, từ trường và điện trường là các biểu hiện riêng rẽ của một trường thống nhất là điện từ trường, là thành phần không thể thiếu trong dải sóng điện từ (sóng radio, sóng viba, sóng ánh sáng) được sử dụng trong viễn thông, truyền hình và công nghệ thông tin.

Ngày nay, từ trường được ứng dụng rất nhiều trong khoa học và công nghệ: Nam châm vĩnh cửu, vật liệu từ cứng làm môi trường đọc, ghi từ trong các ổ đĩa cứng của máy tính, các động cơ công suất lớn, máy phát điện, máy chụp cộng hưởng từ...

### III. THIẾT BỊ VÀ TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

#### III.1. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

- 1- Một ống dây thẳng có chiều dài  $L = 300\text{mm}$ , đường kính  $D = 40.4\text{ mm}$ , gồm  $N_1 = 750$  vòng.
- 2- Một cuộn dây đo có đường kính  $d = 31\text{mm}$ , số vòng  $N_2=100$  vòng, gắn trên thanh trụ dài  $350\text{mm}$ , khắc vạch  $1\text{mm}$ . Cuộn dây đo này được đặt trong lòng ống dây thẳng và có thể dịch chuyển dọc theo trục của ống nhờ thanh trụ có chia milimet nói trên.
- 3- Từ thông kế xoay chiều (Tesla Meter) Model 8606 có thang đo biên độ cảm ứng từ  $B_0$  từ  $0-100\text{mT}$ , hoạt động ở tần số  $50\text{Hz}$ .
- 4- Bộ nguồn đa năng AC-DC  $0-3-6-9-12\text{V} / 3\text{A}$ .
- 5- Đồng hồ đa năng hiện số DT-9205.
- 6- Dây nối mạch điện có hai đầu phích.



Hình 2- Ống dây thẳng dài và cuộn dây đo gắn trên thanh trụ

#### III.2. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM

##### 1- Lắp ráp mạch điện:

Ống dây được mắc nối tiếp với ampe kế xoay chiều A (thang đo AC 20A của đồng hồ DT-9205), và nối vào hai lỗ cắm ra xoay chiều của bộ nguồn đa năng, ban đầu đặt ở  $3\text{V}$  (Hình 3).

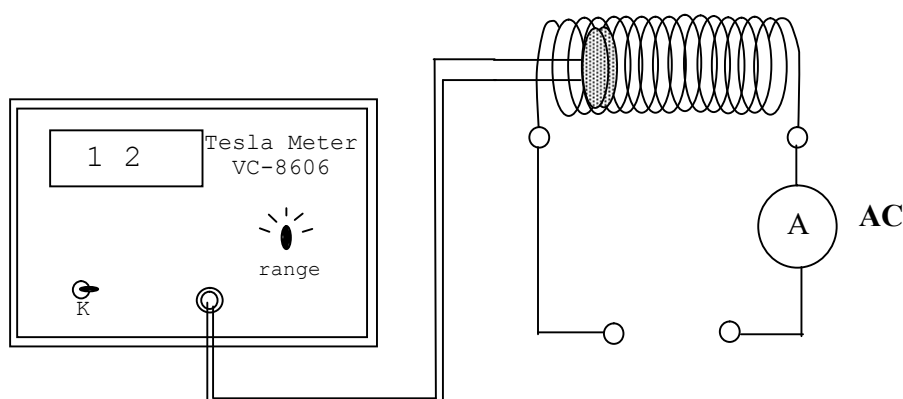
- Phích 5 chân của đầu đo B được cắm tới lõi vào của Tesla Meter VC-8606, cuộn dây đo ban đầu đặt ở vị trí  $0\text{ mm}$ .

- Mời cán bộ hướng dẫn đến kiểm tra mạch điện trước khi tiến hành đo.

##### 2. Đo cảm ứng từ B dọc theo trục của cuộn dây:

- ❖ Bật công tắc điện cho Teslameter VC-8086 và nguồn xoay chiều đa năng, chọn thang đo thích hợp cho VC-8606.
- ❖ Đọc giá trị  $I$  và giá trị  $B_0$  tương ứng, ghi vào bảng 1.
- ❖ Cố định giá trị dòng điện  $I$ , dịch chuyển khung dây đo từ vị trí  $0$  đến vị trí  $30\text{cm}$ , đo tại các vị trí cách nhau  $1\text{cm}$ .
- ❖ Ghi số liệu vào bảng 1.

Lưu ý : Điện áp xoay chiều  $50\text{Hz}$  cung cấp dòng điện  $I$  cho cuộn dây được lấy từ bộ nguồn đa năng AC-DC  $0,3,6,9,12\text{V}$ , điều chỉnh điện áp ra bằng chuyển mạch.



**3. Xác định sự phụ thuộc của cảm ứng từ  $B$  vào cường độ dòng điện  $I$  chạy qua cuộn dây:**

- ❖ Đặt cuộn dây đo nằm ở vị trí giữa ống dây (vị trí  $x = 15\text{cm}$  trên thước đo).
- ❖ Thực hiện phép đo như ở phần 2 nhưng cố định vị trí cuộn dây đo và thay đổi dòng điện  $I$  chạy qua ống dây bằng cách vặn chuyển mạch điện áp ra xoay chiều từng nấc 3, 6, 9, 12V, đọc giá trị dòng điện hiệu dụng trên đồng hồ DT-9205 và các giá trị  $B_0$  tương ứng trên đồng hồ VC-8606, ghi kết quả vào bảng 2.
- ❖ Kết thúc thí nghiệm, ghi các giá trị thông số cuộn dây  $N_1$ , khung dây đo  $N_2$ , thang đo đồng hồ A, Teslameter VC-8606 (với sai số dụng cụ tương ứng).

**IV. CÂU HỎI KIỂM TRA**

1. Trình bày nguyên lý đo cảm ứng từ  $B$  bằng từ thông kế xoay chiều.
2. Áp dụng định luật Biot-Savard-Laplace, chứng minh công thức từ trường do một dòng điện tròn gây ra tại một điểm nằm trên trục của vòng dây.
3. Chứng minh công thức từ trường do một ống dây điện thẳng hữu hạn  $n$  vòng gây ra tại một điểm nằm trên trục của ống dây. Từ đó suy biến cho ống dây thẳng dài vô hạn.

## BÁO CÁO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Học viện công nghệ BC-VT

Xác nhận của giáo viên

Lớp ..... Tổ .....

Họ tên .....

### I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM

.....  
 .....  
 .....

### II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

#### Bảng 1 - Đo cảm ứng từ B dọc theo trục ống dây:

Thang đo I : .....sai số dụng cụ : .....

Thang đo  $B_0$  : ..... sai số dụng cụ : .....

Cường độ dòng điện I = .....(A)

x (cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B_0$ (mT)											
x (cm)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
$B_0$ (mT)											
x (cm)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
$B_0$ (mT)											

Vẽ đồ thị biểu diễn đường phụ thuộc thực nghiệm của  $B = B_0(x)$  dựa trên kết quả đo được trên.  
 Nhận xét dạng đồ thị của  $B = B_0(x)$ . Sự phụ thuộc đó có phù hợp với công thức (1-3) hoặc (1-4) không? Giải thích.

#### Bảng 2. Sự phụ thuộc của cảm ứng từ B vào cường độ dòng điện I chạy qua ống dây:

Kết quả đo :

- Vị trí của cuộn dây đo: 15cm

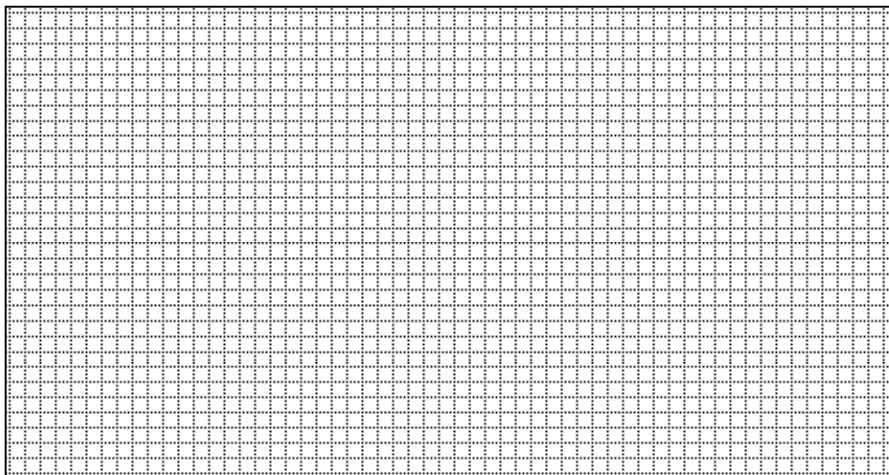
I (A)					
$I_0 = 1,41.I$ (A)					
$B_0$ (mT)					

Vẽ đồ thị  $B = B_0(I_0)$ . Nhận xét dạng đồ thị của  $B = B_0(I_0)$

Sự phụ thuộc đó có phù hợp với công thức (1-3) hoặc (1-4) không ? Giải thích.

**Kết quả thí nghiệm**

1- Đồ thị  $B = B_o(x)$



2- Đồ thị  $B = B_o(I_0)$

