

## Bài 3: XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ CURIE CỦA SẮT TỪ

### 1. Mục đích yêu cầu

**1.1. Mục đích:** Mục đích của bài thí nghiệm này là trang bị cho sinh viên những kiến thức về vật liệu sắt từ và kỹ năng thực nghiệm để xác định nhiệt độ Curie của vật liệu sắt từ.

### 1.2. Yêu cầu

1. Nắm được cơ sở lý thuyết của phép đo.
2. Nắm được cấu tạo và nguyên lý làm việc của thiết bị thí nghiệm dùng để xác định nhiệt độ Curie của vật liệu sắt từ.
3. Biết cách tiến hành thí nghiệm nhằm xác định nhiệt độ Curie của vật liệu sắt từ.
4. Viết được báo cáo thí nghiệm, tính được sai số theo yêu cầu.

### 2. Cơ sở lý thuyết

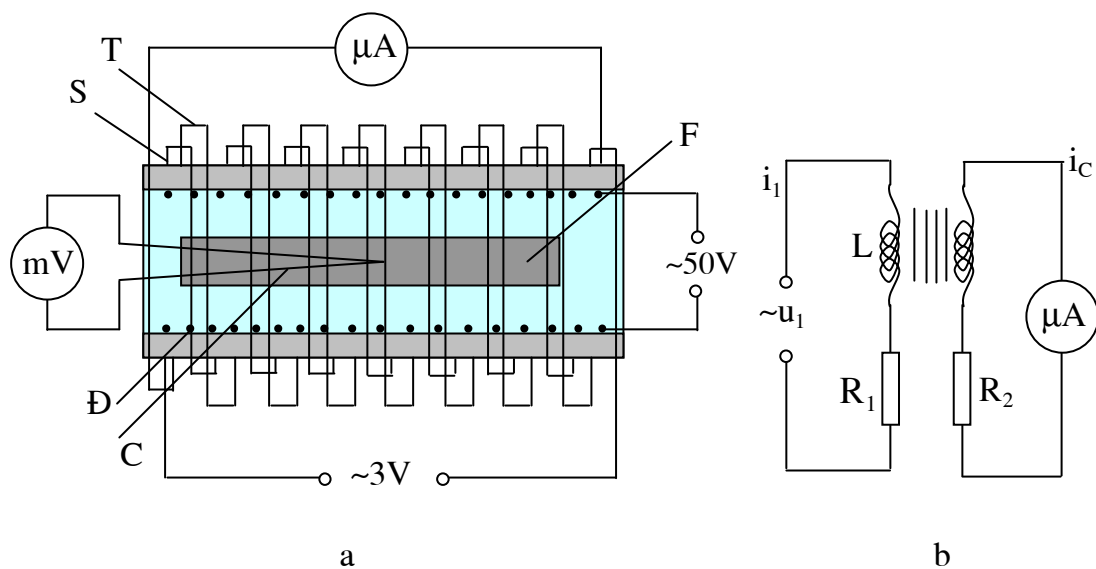
Các vật liệu sắt từ (Fe, Ni, Co, ferit...) nếu được đặt trong từ trường ngoài  $\vec{B}_0$  thì chúng sẽ bị từ hoá (nhiễm từ) rất mạnh. Nguyên nhân là do bên trong khối sắt từ khi đó xuất hiện một từ trường phụ  $\vec{B}'$  cùng hướng và rất lớn so với  $\vec{B}_0$ . Vì vậy từ trường tổng hợp trong khối sắt từ có giá trị bằng:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' = \mu \vec{B}_0 \quad (1)$$

Hệ số tỷ lệ  $\mu$  gọi là độ từ thẩm tỷ đối của sắt từ. Trị số của  $\mu$  phụ thuộc phức tạp vào độ lớn của  $\vec{B}_0$  và có thể đạt tới  $10^4 \div 10^5$ , nghĩa là từ trường tổng hợp trong khối sắt từ có thể lớn gấp hàng vạn lần so với từ trường bên ngoài. Do đặc tính này, các vật liệu sắt từ được dùng rộng rãi trong kỹ thuật điện để làm lõi từ của biến thế điện, động cơ điện, nam châm điện, rơle điện từ...

Có thể giải thích đặc tính của sắt từ bằng **thuyết miền từ hoá tự nhiên**. Theo thuyết này, cấu trúc của khối sắt từ gồm các miền rất nhỏ cỡ  $10^{-5} \div 10^{-6}$  m gọi là *miền từ hoá tự nhiên*. Trong mỗi miền, do có “lực tương tác trao đổi”, mômen từ spin của các electron định hướng song song với nhau, tạo thành từ hoá đến mức bão hoà. Nếu chưa có từ trường ngoài, mômen từ của các miền khác nhau sắp xếp hỗn loạn nên mômen từ tổng hợp của khối sắt từ bằng không và sắt từ không có từ tính. Nếu đặt vào từ trường khá mạnh, trong khối sắt từ sẽ xảy ra quá trình “dịch chuyển vách” của các miền từ hoá tự nhiên và quá trình “quay mômen từ” của các miền này theo hướng song song với từ trường ngoài  $\vec{B}_0$ . Kết quả là cả khối sắt từ trở thành một miền từ hoá có mômen từ rất lớn, do đó gây ra từ trường phụ  $\vec{B}'$  cùng hướng và rất lớn so với từ trường ngoài  $\vec{B}_0$ .

Tuy nhiên, nếu khối sắt từ bị nung nóng đến nhiệt độ  $T \geq T_C$  thì chuyển động nhiệt của các nguyên tử sẽ tăng mạnh, phá vỡ cấu trúc của các miền từ hoá tự nhiên, làm mất đặc tính của sắt từ. Khi đó độ từ thẩm của sắt từ giảm rất nhanh tới giá trị  $\mu \approx 1$  và  $B \approx B_0$ . Nhiệt độ  $T_C$  được gọi là **nhiệt độ Curie**, giá trị của nó phụ thuộc vào bản chất của sắt từ. Thí dụ: nhiệt độ Curie của sắt là  $780^\circ\text{C}$ , của niken là  $350^\circ\text{C}$ , của hợp kim  $30\%\text{Ni} + 70\%\text{Fe}$  là  $80^\circ\text{C} \div 85^\circ\text{C}$ ... Nhiệt độ Curie  $T_C$  của vật liệu sắt từ có ý nghĩa thực tế. Nếu biết  $T_C$ , ta có thể chọn khoảng nhiệt độ làm việc thích hợp đối với các linh kiện điện và điện tử có sử dụng lõi sắt từ. Mặt khác, sự biến đổi đột biến của độ từ thẩm  $\mu$  của sắt từ ở nhiệt độ Curie cũng được ứng dụng để chế tạo các bộ cảm biến, các role nhiệt - điện từ dùng điều khiển tự động nhiệt độ trong các lò hơi, nồi cơm điện....



Hình 1

Trong thí nghiệm này, ta sẽ xác định nhiệt độ Curie của ferit (sắt từ bán dẫn) bằng phương pháp cảm ứng điện từ. Thiết bị thí nghiệm bố trí như trên hình 1a. Thanh ferit F được đặt ở bên trong lò điện Đ. Lò điện Đ nối với nguồn điện xoay chiều  $\sim 50\text{V}$ , nó gồm hai cuộn dây điện trở giống nhau mắc nối tiếp và cuộn ngược chiều nhau sao cho khi dòng điện chạy qua lò điện thì thanh ferit F bị nung nóng, nhưng dòng điện này không sinh ra từ trường. Nhiệt độ  $T$  của thanh ferit F đo bằng cặp nhiệt C, suất nhiệt điện động của nó chỉ thị trên milivôn kế mV. Hai cuộn dây cảm ứng - cuộn sơ cấp S và cuộn thứ cấp T, quấn chồng lên nhau bao quanh lò điện Đ. Cuộn sơ cấp S nối với nguồn điện xoay chiều  $\sim 3\text{V}$  và cuộn thứ cấp T nối với microampe kế  $\mu\text{A}$ . Sơ đồ nguyên lý mạch điện của thí nghiệm biểu diễn trên hình 1b, trong đó  $R_1$  và  $R_2$  là điện trở thuần của cuộn sơ cấp S và cuộn thứ cấp T, còn L là hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp S. Trị số của L phụ thuộc vào kích thước, số vòng dây của cuộn sơ cấp S và tỷ lệ với độ từ thẩm tỷ đối  $\mu$  của thanh ferit F đặt bên trong cuộn dây đó.

Nếu đặt hiệu điện thế xoay chiều  $u_1$  vào hai đầu của cuộn dây sơ cấp S, trong cuộn dây sẽ có dòng điện xoay chiều  $i_1$  chạy qua và làm xuất hiện suất điện động tự cảm  $\varepsilon_{1C}$  có giá trị bằng:

$$\varepsilon_{1C} = -N_1 \frac{d\phi_0}{dt} \quad (2)$$

với  $N_1$  là số vòng dây, còn  $\frac{d\phi_0}{dt} = L \frac{di_1}{dt}$  là tốc độ biến thiên từ thông qua mỗi vòng dây của cuộn sơ cấp S. áp dụng định luật Ôm cho đoạn mạch của cuộn sơ cấp S, ta có:

$$u_1 = i_1 R_1 - \varepsilon_{1C}$$

$$\text{suy ra: } \varepsilon_{1C} = i_1 R_1 - u_1 \quad (3)$$

Vì cuộn thứ cấp T quấn chồng lên cuộn sơ cấp S trên cùng lõi ferit F, nên tốc độ biến thiên từ thông qua mỗi vòng dây của cuộn thứ cấp T cũng bằng  $\frac{d\phi_0}{dt}$ , do đó, suất điện động cảm ứng  $\varepsilon_{2C}$  xuất hiện trong cuộn thứ cấp T có giá trị bằng:

$$\varepsilon_{2C} = -N_2 \frac{d\phi_0}{dt} \quad (4)$$

với  $N_2$  là số vòng dây của cuộn thứ cấp T. So sánh (2) với (4), đồng thời chú ý đến (3), ta tìm được:

$$\varepsilon_{2C} = \frac{N_2}{N_1} (i_1 R_1 - u_1) \quad (5)$$

Khi nung nóng thanh ferit F đến nhiệt độ Curie  $T_C$ , độ từ thẩm tỷ đối của ferit giảm nhanh xuống đến giá trị  $\mu \approx 1$  và hệ số tự cảm của cuộn sơ cấp S cũng giảm xuống đến giá trị rất nhỏ, thực tế có thể coi  $L \approx 0$ . Khi đó suất điện động tự cảm trong cuộn sơ cấp  $\varepsilon_{1C} \approx 0$  và  $u_1 \approx i_1 R_1$ . Từ công thức (5), ta suy ra:  $\varepsilon_{2C} \approx 0$  và dòng điện cảm ứng chạy trong cuộn thứ cấp T cũng giảm xuống đến giá trị  $i_C \approx 0$ .

Như vậy, muốn xác định nhiệt độ Curie  $T_C$  của thanh ferit F, ta chỉ cần theo dõi giá trị của dòng cảm ứng  $i_C$  chạy qua cuộn thứ cấp T thay đổi phụ thuộc nhiệt độ  $t$  của thanh ferit F.

### 3. Dụng cụ

Bộ thí nghiệm xác định nhiệt độ Curie của sắt từ (hình 2) gồm:

- 1/ Thiết bị thí nghiệm vật lý MC - 956
- 2/ Các dây dẫn dùng nối mạch điện (9 dây)
- 3/ Nguồn điện ~220V.



Hình 2: Bộ thí nghiệm xác định nhiệt độ Curie của sắt từ

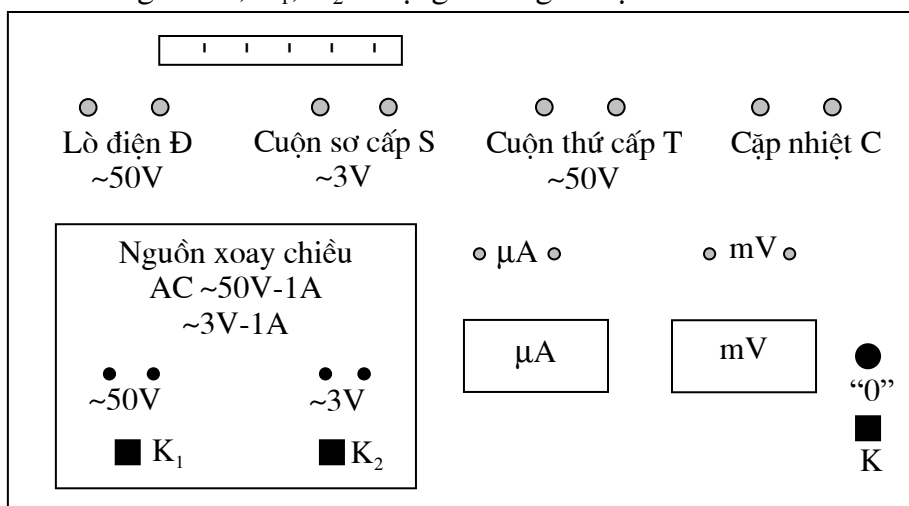
#### 4. Trình tự thí nghiệm

1/ Chuẩn bị bộ thí nghiệm MC - 956 để thực hiện thí nghiệm này:

a/ Chưa cắm phích lấy điện của bộ MC - 956 vào nguồn điện  $\sim 220V$ .

b/ Dùng các dây dẫn nối mạch điện trên mặt máy MC - 956 (hình 3):

- Lò điện Đ nối với nguồn  $\sim 50V-1A$ ,
- Cuộn sơ cấp S nối với nguồn  $\sim 3V-1A$ ,
- Cuộn thứ cấp T nối với microampe kế  $\mu A$ ,
- Cặp nhiệt C nối với milivôn kế điện tử mV,
- Các công tắc K,  $K_1$ ,  $K_2$  ở trạng thái ngắt điện.



Hình 3

2/ Mời giáo viên tới kiểm tra mạch điện trên mặt máy MC - 956 và cắm phích lấy điện vào nguồn  $\sim 220V$ . Chú ý: khi đó các đèn tín hiệu LED đều chưa sáng.

Dùng một dây dẫn nối đoạn mạch hai cực của milivôn kế điện tử mV. Bấm công tắc K: đèn LED của nó phát sáng báo hiệu đã có điện vào máy. Nếu thấy kim của milivôn kế điện tử mV lệch khỏi vị trí số 0, thì vặn từ từ núm xoay quy không "0" để

đưa kim quay trở về đúng số 0. Sau đó tháo bỏ dây dẫn nối đoạn mạch hai cực của milivôn kế điện tử mV.

3/ Bấm công tắc  $K_2$ : đèn LED của nó phát sáng báo hiệu cuộn sơ cấp S đã được nối với nguồn điện  $\sim 3V$  và microampe kế  $\mu A$  chỉ giá trị  $I_C$  của dòng điện cảm ứng chạy qua cuộn thứ cấp T.

4/ Bấm công tắc  $K_1$ : đèn LED của nó phát sáng báo hiệu lò điện Đ đã được nối với nguồn điện  $\sim 50V$  và nhiệt độ  $t$  của thanh ferit F tăng dần. Khi đó giá trị của suất điện động  $\epsilon_{nd}$  của cặp nhiệt C trên milivôn kế mV cũng tăng dần.

Theo dõi sự biến thiên của dòng điện cảm ứng  $I_C$  trên microampe kế  $\mu A$  theo nhiệt độ  $t$  của thanh ferit F chỉ thị qua suất nhiệt điện động  $\epsilon_{nd}$  của cặp nhiệt C trên milivôn kế mV. Ghi các giá trị tương ứng của  $I_C$  và suất nhiệt điện động  $\epsilon_{nd}$  của cặp nhiệt C vào bảng số liệu.

Chú ý: Tiến hành thí nghiệm trên đối với cả hai trường hợp: tăng dần nhiệt độ của thanh ferit F đến giá trị  $t > t_C$  qua vùng  $I_C$  giảm nhanh, tiếp đó lại giảm dần nhiệt độ của thanh ferit này đến giá trị  $t < t_C$  qua vùng  $I_C$  tăng nhanh, với  $t_C$  là nhiệt độ Curie của thanh ferit.

5/ Cách xác định nhiệt độ Curie (bằng cách vẽ đồ thị):

a) Chọn hệ trục tọa độ

- Trục tung có chiều dương biểu diễn dòng cảm ứng  $I_C$  theo đơn vị  $\mu A$ , và chiều âm biểu diễn hiệu nhiệt độ  $(t - t_0)$  theo đơn vị  $^{\circ}C$ .

- Trục hoành biểu diễn suất nhiệt điện động ( $\epsilon_{nd}$ ) theo đơn vị mV.

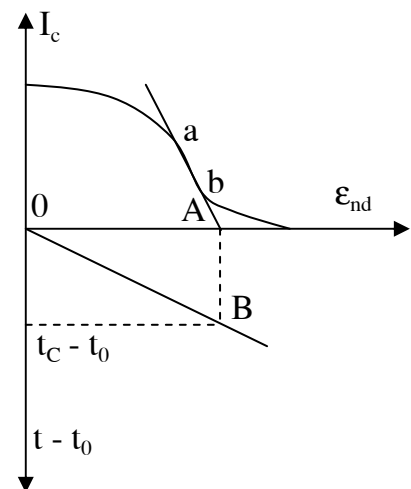
b/ Vẽ đường cong  $I_C(\epsilon_{nd})$  và đường lấy mẫu cặp nhiệt  $\epsilon_{nd} = C(t - t_0)$  theo bảng số liệu trên cùng một đồ thị có dạng như hình 4 đối với cả hai trường hợp tăng và giảm nhiệt độ.

**Tìm giá trị  $t_C$ :** Khi nhiệt độ tăng, vẽ tiếp tuyến ab của đường cong  $I_C = f(\epsilon_{nd})$  tại phân dốc nhất của nó. Kéo dài tiếp tuyến ab cắt trục hoành tại điểm A. Kẻ đường thẳng song song với trục tung đi qua điểm A cắt đường thẳng  $\epsilon_{nd} = C(t - t_0)$  tại điểm B. Tung độ của B biểu thị hiệu nhiệt độ:  $t_{1C} - t_0 = \delta t_1$ .

Lặp lại động tác trên khi nhiệt độ giảm, ta tìm được hiệu nhiệt độ:  $t_{2C} - t_0 = \delta t_2$ .

Nhiệt độ Curie là giá trị trung bình:

$$\overline{t_C} = \frac{t_{1C} + t_{2C}}{2}$$



Hình 4

6/ Ghi các số liệu sau đây vào bảng số liệu.

- Nhiệt độ  $t_0$  của phòng thí nghiệm và độ chính xác của nhiệt kế.
- Hệ số suất nhiệt điện động  $C$  của cặp nhiệt.
- Giá trị cực đại  $U_m$  của thang đo và cấp chính xác  $\delta_V$  của milivôn kế mV
- Giá trị cực đại  $I_m$  của thang đo và cấp chính xác  $\delta_A$  của microampe kế  $\mu A$ .

## 5. Báo cáo thí nghiệm

### XÁC ĐỊNH NHIỆT ĐỘ CURIE CỦA SẮT TỪ

Xác nhận của giáo viên

Lớp .....

Kíp ..... Nhóm .....

Họ tên .....

#### Mục đích thí nghiệm

.....  
.....

#### Kết quả thí nghiệm

Bảng số liệu

$t_0 = \dots \pm \dots ^\circ\text{C}$ $U_m = \dots \text{ mV}$ $I_m = \dots \mu\text{A}$		$C = \dots \pm \dots \mu\text{V}$ $\delta_V = \dots$ $\delta_A \dots$	
Khi nhiệt độ tăng		Khi nhiệt độ giảm	
$\epsilon_{nd}$	$I_C$	$\epsilon_{nd}$	$I_C$
...	...	...	...

#### 5.1. Vẽ đồ thị $I_C = f(\epsilon_{nd})$ và $\epsilon_{nd} = C(t - t_0)$

(Đồ thị vẽ trên giấy vẽ đồ thị, căn cứ vào bảng số liệu và hướng dẫn ở trên)

#### 5.2. Tính giá trị trung bình và sai số tuyệt đối trung bình của nhiệt độ Curie

- Giá trị trung bình  $\overline{t_C}$

$$t_{1C} = t_0 + \delta t_1 = \dots = \dots ^\circ\text{C}$$

$$t_{2C} = t_0 + \delta t_2 = \dots = \dots ^\circ\text{C}$$

$$\overline{t_C} = \frac{t_{1C} + t_{2C}}{2} = \dots = \dots ^\circ\text{C}$$

- Sai số tuyệt đối  $\Delta t_C$ :

$$\Delta t_C = \frac{\Delta t_{1C} + \Delta t_{2C}}{2} = \dots ^\circ\text{C}$$

trong đó:

$$\Delta t_{1C} = \Delta t_0 + \Delta(\delta t_1)$$

$$\Delta t_{2C} = \Delta t_0 + \Delta(\delta t_2)$$

với  $\Delta(\delta t_1)$ ,  $\Delta(\delta t_2)$  là độ chính xác của hệ trục tọa độ dùng để vẽ đồ thị.

Kết quả:  $t_c = \overline{t_c} \pm \Delta t_c = \dots \pm \dots ^\circ\text{C}$

## 6. Câu hỏi kiểm tra

- 1/ Đặc tính của sắt từ? Nhiệt độ Curie của sắt từ? Nêu ý nghĩa và ứng dụng.
- 2/ Trình bày nội dung của phương pháp xác định nhiệt độ Curie của sắt từ.
- 3/ Tại sao đồ thị  $I_C = f(\epsilon_{nd})$  có dạng như trên hình 3?
- 4/ Giải thích rõ cách tính giá trị trung bình của nhiệt độ Curie và sai số của nó.