

### BÀI 3. KHẢO SÁT CHUYỂN ĐỘNG CỦA ELECTRON TRONG ĐIỆN TRƯỜNG XÁC ĐỊNH ĐIỆN TÍCH RIÊNG $e/m$ CỦA ELECTRON

#### I. MỤC ĐÍCH – YÊU CẦU

##### Mục đích:

- Xác định điện tích riêng  $e/m$  của electron theo phương pháp manhêtrôn

##### Yêu cầu:

- Hiểu được cơ sở lý thuyết của phương pháp đo.
- Xác định được điện tích riêng  $e/m$ .

#### II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Theo thuyết lượng tử, nguyên tử gồm các electron chuyển động quanh hạt nhân. Một electron có khối lượng  $m$  chuyển động quanh hạt nhân, sẽ có mômen động lượng  $\vec{L}$ . Mặt khác electron mang điện tích âm  $-e$  chuyển động quanh hạt nhân tạo thành dòng điện có mômen từ  $\vec{\mu}$  ngược chiều và tỷ lệ với  $\vec{L}$ :

$$\vec{\mu} = -\frac{e}{2m} \vec{L}$$

Đại lượng  $\frac{e}{2m} = \gamma$  gọi là *tỷ số từ- cơ* của electron, là một hằng số quan trọng trong vật lý nguyên tử, còn tỷ số  $e/m$  được gọi là *điện tích riêng* của electron, đơn vị đo là C/kg.

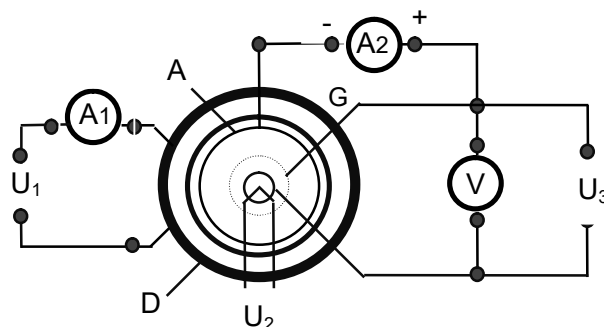
Có thể xác định *điện tích riêng* của electron nhờ bộ thiết bị thí nghiệm bố trí theo sơ đồ hình 1, gồm: một đèn manhêtrôn M đặt ở bên trong ống dây dẫn D, và các nguồn điện cung cấp cho đèn và cuộn dây hoạt động.

*Đèn manhêtrôn* M là một bóng thủy tinh bên trong có độ chân không cao ( $10^{-7} \div 10^{-8}$  mmHg) và có ba điện cực: catốt K, lưới G và anốt A.

Cả ba điện cực này đều có dạng ống trụ, có đường kính khác nhau, đặt đồng trục với nhau. Trong cùng là Catốt có bán kính chừng 1mm. Bên trong Catốt có sợi đốt, để đưa dòng điện lấy từ nguồn  $U_2$  đốt nóng catốt làm cho catốt phát xạ ra electron. Lưới G gồm các vòng dây dẫn nối với nhau thành một ống trụ thưa bao quanh catốt. Ngoài cùng là anốt A, là một trụ kim loại kín, có khoảng cách đến lưới bằng  $d$ .

Nguồn điện  $U_3$  đặt giữa G và K tạo ra một điện trường làm tăng tốc các electron nhiệt phát ra từ catốt K. Do lưới thưa, nên các electron này chuyển động lọt qua lưới G đến gặp và bám vào anốt A, tạo ra dòng anốt  $I_2$ , đo bằng miliampe kế  $A_2$ .

Động năng của electron khi bay tới lưới G bằng công của lực điện trường giữa catốt K và lưới G:



Hình 1

$$\frac{mv^2}{2} = e \cdot U \quad (1)$$

với  $U$  là hiệu điện thế giữa catôt K và lưới G đo bằng vôn kế V, còn  $e$  và  $m$  là độ lớn của điện tích và khối lượng của electron,  $v$  là vận tốc của electron khi bay tới lưới G. Vì anôt A được nối với lưới G bằng một dây dẫn có điện trở rất nhỏ, nên hiệu điện thế giữa chúng coi như bằng không. Electron xem như chuyển động thẳng đều giữa lưới G và anôt, với vận tốc không đổi  $v$  để tạo ra dòng điện cường độ  $I_2$  chạy qua miliampe kế  $A_2$ . Từ (1), ta suy ra :

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \quad (2)$$

Nối ống dây solenôit D với nguồn điện U1. Dòng điện chạy qua ống dây có cường độ  $I_1$  sẽ tạo ra trong ống một từ trường có cảm ứng từ  $\vec{B}$  hướng dọc theo trục của đèn manhêrôn M và vuông góc với vận tốc  $\vec{v}$  của electron. Từ trường  $\vec{B}$  tác dụng lên electron một lực - gọi là lực Loren  $\vec{F}_L$ , có giá trị bằng :

$$\vec{F}_L = e \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$$

Vì  $\vec{B}$  hướng vuông góc với  $\vec{v}$ , nên lực  $\vec{F}_L$  có độ lớn bằng :

$$F_L = e \cdot v \cdot B \quad (3)$$

Lực Loren  $\vec{F}_L$ , hướng vuông góc với vận tốc  $\vec{v}$ , đóng vai trò lực hướng tâm có tác dụng làm cho electron khi bay qua lưới G phải chuyển động theo quỹ đạo tròn bán kính  $R$  xác định bởi điều kiện :

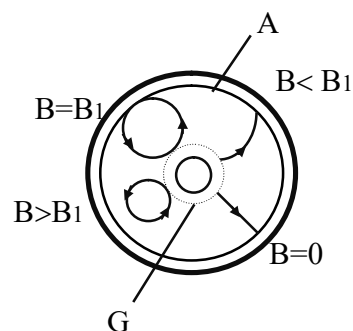
$$F_L = e \cdot v \cdot B = \frac{mv^2}{R} \quad (4)$$

Cảm ứng từ  $\vec{B}$  trong lòng của ống dây tỷ lệ với cường độ dòng điện  $I_1$  chạy qua ống và được tính bằng công thức :

$$B = \alpha \cdot \mu_0 \cdot n \cdot I_1 \quad (5)$$

với  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$  là hằng số từ,  $n$  là số vòng dây trên một đơn vị dài của ống dây,  $\alpha$  là hệ số tỷ lệ phụ thuộc vào cấu tạo của ống dây dẫn D.

Theo (4) và (5), cảm ứng từ  $B$  trong lòng ống dây D tỷ lệ thuận với cường độ dòng điện  $I_1$  chạy qua ống, còn bán kính  $R$  của quỹ đạo tròn của electron tỷ lệ nghịch với cảm ứng từ  $B$ . Vì vậy, ta có thể tăng dần cường độ dòng điện  $I_1$  để tăng dần cảm ứng từ  $B$ ,



sao cho bán kính  $R$  của quỹ đạo tròn của electron giảm dần, đến khi  $I_1 = I$  thì đạt giá trị  $R = d/2$ , ( $d$ : là khoảng cách giữa anốt A và lưới G (Hình 2)). Lúc đó, các electron không tới được anốt A, cường độ dòng anốt  $I_2$  chạy qua miliampe kế A2 sẽ giảm đến giá trị  $I_2 = 0$

Thay (2) và (5) vào (4), ta tìm được:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B_1^2 R^2} = \frac{8U}{\alpha^2 \mu_0^2 n^2 I_1^2 d^2} \quad (6)$$

Trong thí nghiệm này:

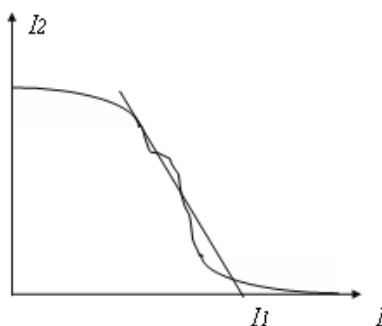
-Ống dây có mật độ vòng dây  $n = 6000$  v/m, hệ số  $a = 0.5$ .

-Đèn Manhêtron có  $d = 2,75$ mm, Điện áp gia tốc giữa lưới và catốt được thiết lập  $U = 6$ V, đo bởi Vôn kế V.

Bằng cách xác định cường độ dòng điện từ hoá cuộn dây  $II = I$  khi dòng anốt  $I_2$  triệt tiêu, ta tính được *điện tích riêng*  $e/m$  của electron theo công thức (6).

*Cách xác định  $I$  như sau:* Theo trên, khi cảm ứng từ  $B$  ứng với cường độ dòng điện  $I$  thì các electron không tới được anốt A và dòng anốt  $I_2 = 0$ . Như vậy, ta chỉ cần theo dõi quá trình giảm dần của dòng điện  $I_2$  trên miliampe kế A2 khi tăng dần dòng điện  $II$  trên ampe kế A1, cho tới khi  $I_2 = 0$ . Nhưng vì các electron nhiệt phát ra từ catốt K có vận tốc khác nhau, nên một số ít electron có vận tốc lớn vẫn có thể bay tới anốt A ngay cả khi  $I_1 = I$ : dòng điện  $I_2$  không hoàn toàn triệt tiêu.

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của dòng điện  $I_2$  vào dòng điện  $I$  có dạng một đường cong như hình 3, đoạn dốc nhất ab của nó ứng với trường hợp đa số electron không tới được anốt A: Tiếp tuyến của đường cong này trên đoạn ab sẽ cắt trục hoành tại điểm có cường độ dòng điện  $I_1 = I$ .



Hình 3

### III. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM:

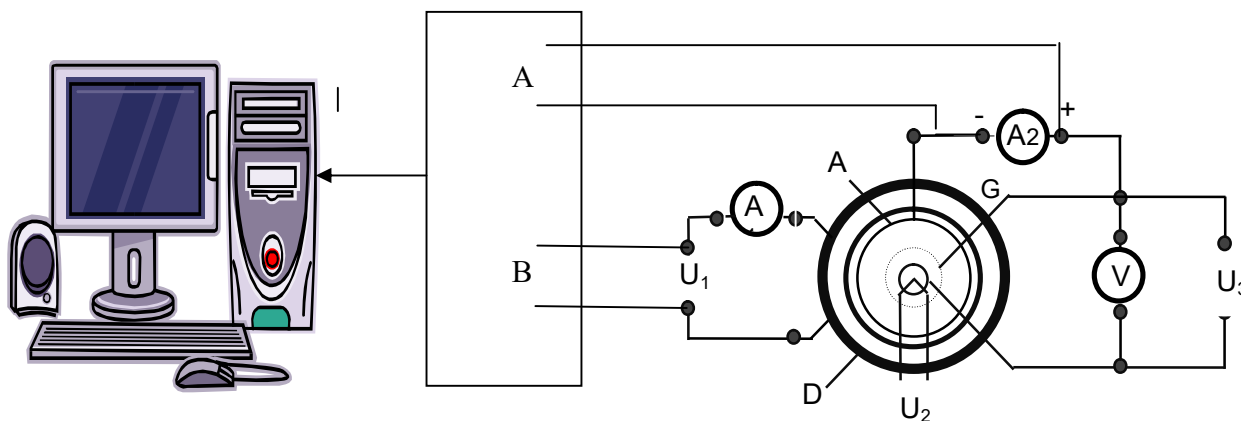
1. Nguồn điện một chiều  $U_1 = 0-6V/5A$ , để cấp điện cho cuộn dây Sôlênôid.
2. Nguồn điện một chiều  $U_2 = 0-6V/0.3A$ , để cấp điện cho sợi đốt đèn Magnetron.
3. Nguồn điện một chiều  $U_3 = 0-12V/0.1A$ , để cấp điện cho lưới đèn Magnetron
4. Ampe kế A1 có hai thang đo 0-2.5 và 0-5 A.
5. Ampe kế A2 có hai thang đo 0-1 mA và 0-5 mA dùng đo dòng anot.
6. Vôn kế V thang đo 0-10V.

7. Đèn manhêtrôn (magnetron).
8. Ống dây dẫn dùng tạo ra từ trường.
9. Bộ dây dẫn dùng nối mạch điện (9 dây) .

#### IV. TRÌNH TỰ THÍ NGHIỆM.

##### 1. Chuẩn bị bộ thí nghiệm MC - 95.11

- a) Chưa cắm phích lấy điện của bộ MC-95.11 vào nguồn  $\sim 220V$  . Quan sát mặt máy trên hình 4.
- b) Dùng các dây dẫn nối mạch điện trên mặt máy MC-95.11 theo sơ đồ hình 1 :
  - Nối sợi nung FF vào nguồn một chiều  $U_2$  ( 0-6V/ 0,5A )
  - Nối miliampe kế  $A_2$  giữa cực lưới G và anôt A của đèn manhêtrôn M , nối vôn kế V giữa lưới G và catôt K của đèn manhêtrôn M với nguồn một chiều  $U_3$  ( 0 -12V /100mA )
  - Mắc nối tiếp ống dây dẫn D và ampe kế  $A_1$  với nguồn một chiều  $U_1$  ( 0-6V / 5A )
  - Gạt các núm chuyển mạch để đặt đúng : vôn kế V ở thang đo 10V, ampe kế  $A_1$  ở thang đo 2.5A , miliampe kế  $A_2$  ở thang đo 1mA .
  - Vận núm xoay của các nguồn điện một chiều  $U_1$  ,  $U_2$  ,  $U_3$  về vị trí 0.
  - Đặt các công tắc  $K_1$  ,  $K_2$  ,  $K_3$  ở trạng thái ngắt mạch .



Hình 1

##### 1. Khảo sát sự phụ thuộc của dòng điện anôt $I_2$ vào dòng điện $I_1$ chạy qua ống dây sêlênôit

- a) Bấm các công tắc K ,  $K_1$  ,  $K_2$  : các đèn LED phát sáng, báo hiệu các nguồn  $U_1$  ,  $U_2$  ,  $U_3$  đã sẵn sàng hoạt động.
- b) Vận núm xoay của nguồn  $U_3$  để thiết lập hiệu thế gia tốc electron giữa lưới G và katôt K (đo bằng vôn kế V) đạt giá trị  $U_3 = 6V$ , và giữ không đổi giá trị này trong suốt quá trình đo.
- c) Vận núm xoay của nguồn  $U_2$  đến vị trí giữa 2-3 trên vạch số, để cung cấp điện áp đốt tóc nung nóng catôt đèn manhêtrôn. Sau 3÷5 phút, dòng anôt  $I_2$  xuất hiện, chỉ trên miliampe kế  $A_2$  . Khi  $U_3$  có giá trị không đổi và bằng 6V, dòng anôt  $I_2$  chỉ phụ thuộc nhiệt độ catôt. Khéo điều chỉnh núm xoay nguồn đốt tóc  $U_2$  thật tinh tế sao cho  $I_2$  đạt giá trị khoảng 0,8 - 1mA, khi đèn Manhêtrôn đạt trạng thái cân bằng nhiệt. Đọc và ghi giá trị của  $I_2$  vào bảng 1 (chú ý khi  $I_2$  đạt giá trị khoảng 0,4mA – 0,6mA thì chỉ tăng dần  $U_2$  thật chậm nếu không dòng  $I_2$  sẽ tăng rất nhanh và vượt quá thang đo).

d) **Khởi động chương trình máy tính:** Trong thanh “Start” chọn “Program” và chọn “Cassy Lab”, nhấp đúp chuột vào UA1, chọn 0 -1V

Trong cửa sổ “input setting” chọn “Averagd Valuse”, “left”.

Trong cửa sổ Measing parametes chọn “Manual”.

**Nhấp đúp chuột vào UB1, chọn 0 -10V**

Trong cửa sổ “input setting” chọn “Averagd Valuse”, “left”.

Trong cửa sổ Measing parametes chọn “Manual”.

Cài đặt các trục tọa độ, ở đây hoành độ biểu thị  $I_1$  của ống dây, tung độ biểu thị  $I_2$  của dòng AG.

Muốn cài đặt trục tọa độ thì trong cửa sổ “setting” chọn “parameter Formula FFT”

**\* Khai báo cường độ dòng điện  $I_1$ :**

Chọn “new quantity”

Trong hộp “select quantity” điền vào tên đại lượng mới “I1”

Chọn “formula” điền công thức chỉ mối liên hệ đại lượng mới với các đại lượng cũ:

$$2 \cdot UB1/3.6$$

Trong “symbol” I1: Unit: A From: 0 To: 3 Decimal places: 1

**\* Khai báo cường độ dòng điện  $I_2$**

Chọn “new quantity”

Trong hộp “select quantity” điền vào tên đại lượng mới “I2”

Chọn “formula” điền công thức chỉ mối liên hệ đại lượng mới với các đại lượng cũ:

$$UA1/0.45 \cdot 1$$

Trong “symbol” I2: Unit: mA From: 0 To: 1.5 Decimal places: 1

**\* Chọn hiển thị đồ thị  $I_1 - I_2$**

Trong “setting” chọn ‘display’

Chọn “new display”

Trong hộp “select display” ghi tên đồ thị  $I_1 - I_2$

Trong X – Axis chọn **I1** và Y – Axis chọn **I2**

e) Bấm F9 để ghi giá trị ứng với  $I_1 = 0$ , sau đó vặn từ từ núm xoay của nguồn  $U_1$  để tăng dần cường độ dòng điện  $I$  (đo bằng ampe kế  $A_1$ ) chạy qua ống dây tạo từ trường D, với mỗi lần dịch chuyển cường độ dòng  $I$  là 0,1A và bấm F9. Sau khi vẽ xong đồ thị thì dùng phần mềm máy tính để Fit đồ thị như sau: nhấp phải chuột, trên màn hình hiện ra một menu động cho ta các công cụ có sẵn, chọn “Fit function”, chọn “best – fit straight line”, giữ và di chuột vào vị trí đầu tiên mà dòng  $I_2$  bắt đầu giảm đột ngột và di cho đến điểm hết giảm đột ngột, tìm điểm cắt trục hoành  $I_1$ . Ghi giá trị điểm cắt trục hoành trên đồ thị, thay vào công thức để tính e/m.

Ghi các giá trị tương ứng của các cường độ dòng điện  $I$  và  $I_2$  vào bảng 1 cho tới khi cường độ dòng điện  $I = 2,5A$  thì kết thúc phép đo, vặn ngay các núm xoay của nguồn  $U_1, U_2, U_3$  theo đúng thứ tự này về vị trí 0. Sau đó, bấm các khoá  $K_1, K_2, K$  để tắt máy.

f) Ghi các số liệu sau đây vào bảng 1 :

- Cấp chính xác  $\delta_V$  và giá trị cực đại  $U_m$  trên thang đo của vôn kế V.
- Cấp chính xác  $\delta_{I_A}$  và giá trị cực đại  $I_{1m}$  trên thang đo của ampe kế  $A_1$ .
- Cấp chính xác  $\delta_{2A}$  và giá trị cực đại  $I_{2m}$  trên thang đo của miliampe kế  $A_2$ .

- Hệ số  $\alpha$ , số vòng dây trên đơn vị dài  $n$  của ống dây dẫn D.
- Khoảng cách  $d$  giữa anôt A và lưới G của đèn manhêtrôn M.

#### IV. CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Nêu định nghĩa và đơn vị đo điện tích riêng của electron .
2. Trình bày phương pháp xác định điện tích riêng của electron bằng phương pháp manhêtrôn :
  - a) Vẽ sơ đồ mạch điện và mô tả cấu tạo của đèn manhêtrôn
  - b) Giải thích rõ chuyển động của electron nhiệt phát ra từ catôt được nung nóng trong đèn manhêtrôn do tác dụng của điện trường và từ trường trong mạch điện.
3. Trong sơ đồ mạch điện thí nghiệm trên hình 1, tại sao phải mắc cực âm (–) của miliampe kế  $A_2$  vào anôt A và cực dương (+) của nó vào lưới G của đèn manhêtrôn ?
4. Tại sao phải giữ giá trị của hiệu điện thế của nguồn điện  $U_2$  và  $U_3$  không thay đổi trong suốt thời gian tiến hành thí nghiệm ?
5. Nói rõ cách xác định giá trị cường độ dòng điện  $I_1$  trong ống dây sêlênôit ứng với cường độ dòng anôt triệt tiêu ( $I_2 = 0$ ) theo phương pháp nội suy bằng đồ thị trên hình 3. Giải thích tại sao ?

**BÁO CÁO THÍ NGHIỆM**  
**XÁC ĐỊNH ĐIỆN TÍCH RIÊNG CỦA ELECTRON**  
**BẰNG PHƯƠNG PHÁP MANHÊTRÔN ( MAGNETRON)**

Xác nhận của thầy giáo

Trường .....

Lớp .....Tổ .....

Họ tên .....

**I. MỤC ĐÍCH THÍ NGHIỆM**

.....

.....

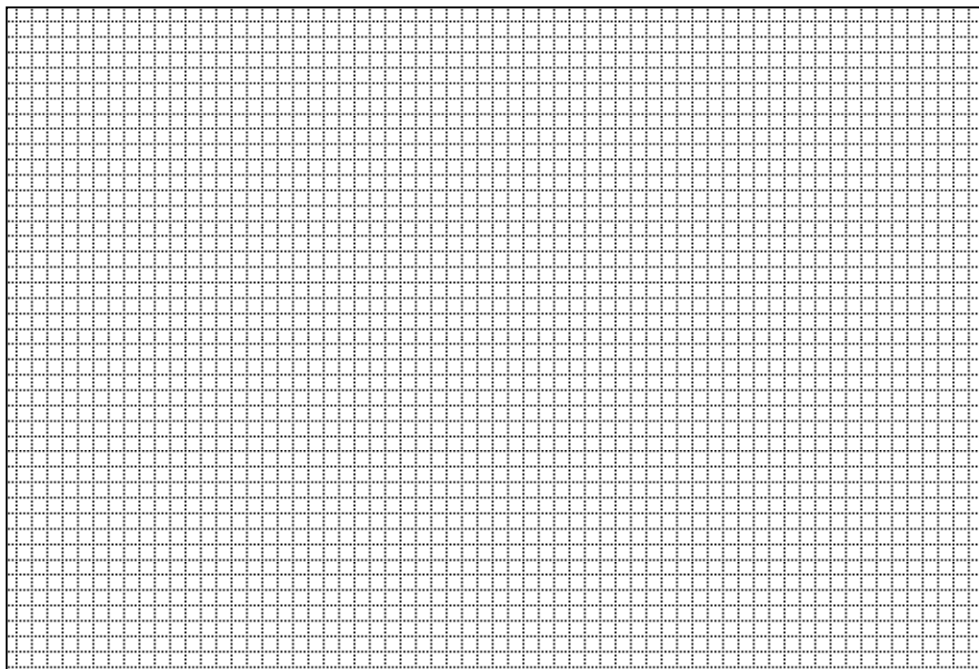
.....

**II. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM**

Hiệu điện thế giữa lưới G và katốt K : $U = 6V$										
$I(A)$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$I_2(mA)$										
$I(A)$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
$I_2(mA)$										
$I(A)$	2,0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5				
$I_2(mA)$										

**1. Xác định điện tích riêng của electron  $X = e / m$**

Vẽ đồ thị  $I_2 = f(I_1)$



a. Căn cứ vào đồ thị  $I_2 = f(I_1)$ , xác định giá trị cường độ dòng điện  $I_1$ :

$$I_1 = \dots\dots\dots (\text{A})$$

b. Tính giá trị của điện tích riêng:

$$X = \frac{e}{m} = \frac{8U}{\alpha^2 \mu_0^2 n^2 I_1^2 d^2} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots (C/kg)$$

2. So sánh giá trị đo  $X = \frac{e}{m}$  với giá trị lý thuyết  $X_{lt} = \left(\frac{e}{m}\right)_{lt}$

Cho biết  $X_{lt} = \frac{1,60 \cdot 10^{-19}}{9,10 \cdot 10^{-31}} \approx 17,6 \cdot 10^{10} C/kg$ , tính sai số tỉ đối theo công thức:

$$\delta^* = \frac{|X_{lt} - X|}{X_{lt}} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots (\%)$$