

實驗七 電子荷質比

目的：

觀察運動中的電子在磁場中受勞倫茲力偏向運動的情形。藉由改變加速電壓、外加磁場測得電子圓周運動半徑，估測電子的荷質比。

原理：

考慮一電子經加速電壓 V 作用後，自陰極射線管射出的電子動能如下：

$$eV = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

外加一磁場 B ，磁場方向垂直於電子束，則磁力將使電子進行圓周運動，電子所受勞倫茲力如下式：

$$\vec{F} = e\vec{v} \times \vec{B} \quad (\vec{v} \perp \vec{B}) \quad (2)$$

此勞倫茲力就是電子圓周動所受的向心力，於是

$$evB = \frac{mv^2}{r} \quad (3)$$

由(1)(3)式得電子荷質比如下式：

$$\frac{e}{m} = 2V \frac{1}{B^2 r^2} \quad (4)$$

V 為加速電壓，單位為伏特， r 為圓周運動的半徑，單位為公尺。

B 為兩個半徑為 R 、 n 匝線圈數的 Helmholtz 線圈中間的磁場，其大小可由通過線圈的電流算出，方程式如下：

$$B = \mu_0(4/5)^{3/2} \frac{nI}{R} \quad (5)$$

導磁係數 $\mu_0 : 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A} \cdot \text{m}$ ，線圈匝數 n (140 匝)

線圈半徑 R (14 cm)，電子帶電量 ($e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

電子質量 ($m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ Kg}$)

所以電子荷質比
$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{B^2 r^2} = \frac{2V}{(\mu_0(4/5)^{3/2} \frac{nI}{R})^2 r^2} = \frac{2V}{\mu_0^2 (4/5)^3 \frac{n^2 I^2}{R^2} r^2}$$
 理論值為 $1.76 \times 10^{11} \text{ C/Kg}$

儀器：電子荷質比測定儀如圖一，陰極射線球置放於兩個 Helmholtz 線圈中間。



圖一

步驟:

1. 偏向電壓(DEFLECTING VOLTAGE)調至 OFF，旋轉鈕調至 " 0" V 的位置，加速電壓 (ACCELERATING VOLTAGE)調至" 0" V，磁場電流(MAGNETIZING CURRENT)調至" 0" Amp，陰極射線管對準紅色標誌刻度轉至 90° ，表尺對準一個固定刻度，便於測量。
2. 方向設定為順時針，啟動電源，加熱 3 分鐘後，調整加速電壓使之顯示為 130(V)，紀錄在磁場電流分別從 0.7(A)~1.1 (A)時，分別對應的電子束旋轉半徑，計算電子荷質比，紀錄於表一
3. 固定電流 1.0(A)，調整加速電壓 100(V)~140(V)與步驟 2 比較並計算出電子荷質比，紀錄於表二
4. 將加速電壓歸零、磁場電流歸零後，調整陰極射線管紅色標誌刻度轉至 0° ，調整加速電壓至 130(V)，磁場電流 1.0(A)，觀看電子束迴轉的方向，再將偏向電壓調為 ON，加大電壓，觀察電子束迴轉的方向。請解釋相關原理。
5. 請將加速電壓、磁場電流、偏向電壓 (OFF) 全部歸零，關掉電源。

表一

加速電壓 130(V) 角度 90°		
電磁電流(A)	旋轉半徑(m)	e/m (C/Kg)
0.7A		
0.8A		
0.9A		
1.0A		
1.1A		

表二

磁場電流 1.0(A) 角度 90°		
加速電壓(V)	旋轉半徑(m)	e/m (C/Kg)
100		
110		
120		
130		
140		

數據整理:

1. 依表一的數據，以電磁電流倒數($\frac{1}{I}$)為橫軸、旋轉半徑 r 為縱軸作圖，找出趨勢線，並以此趨勢線的斜率推算出 e/m。
2. 依表二的數據，以加速電壓開根號(\sqrt{V})為橫軸、旋轉半徑 r 為縱軸作圖，找出趨勢線，並以此趨勢線的斜率推算出 e/m。