

电子荷质比的测量

(DZS-D 型电子束实验仪)

实 验 讲 义

2024 年 3 月

电子荷质比的测量

【实验目的】

学习测量电子荷质比的一种方法。

【实验原理】

电子荷质比的测量原理：

置于长直螺线管中的示波管，在不受任何偏转电压的情况下，示波管正常工作时，调节亮度和聚焦，可在荧光屏上得到一个小亮点。若第二加速阳极 A_2 的电压为 V_2 ，则电子的轴向运动速度用 v_z 表示，则有

$$v_z = \sqrt{\frac{2eV_2}{m}} \quad (1)$$

当给其中一对偏转板加上交变电压时，电子将获得垂直于轴向的分速度（用 v_r 表示），此时荧光屏上便出现一条直线，随后给长直螺线管通一直流电流 I ，于是螺线管内便产生磁场，其磁场感应强度用 B 表示。众所周知，运动电子在磁场中要受到洛伦兹力 $F = ev_r B$ 的作用（ v_z 方向受力为零），这个力使电子在垂直于磁场（也垂直于螺线管轴线）的平面内作圆周运动，设其圆运动的半径为 R ，则有：

$$ev_r B = \frac{mv_r^2}{R} \quad \text{即} \quad R = \frac{mv_r}{eB} \quad (2)$$

圆周运动的周期为：

$$T = \frac{2\pi R}{v_r} = \frac{2\pi m}{eB} \quad (3)$$

电子既在轴线方面作直线运动，又在垂直于轴线的平面内作圆运动。它的轨道是一条螺旋线，其螺距用 h 表示，则有：

$$h = v_z T = \frac{2\pi m}{eB} v_z \quad (4)$$

从（3）、（4）两式可以看出，电子运动的周期和螺距均与 v_r 无关。虽然各个点电子的径向速度不同，但由于轴向速度相同，由一点出发的电子束，经过一个周期以后，它们又会在距离出发点相距一个螺距的地方重新相遇，这就是磁聚焦的基本原理。由（4）式可得

$$e/m = \frac{8\pi^2 V_2}{h^2 B^2} \quad (5)$$

长直螺线管的磁感应强度 B ，可以由下式计算：

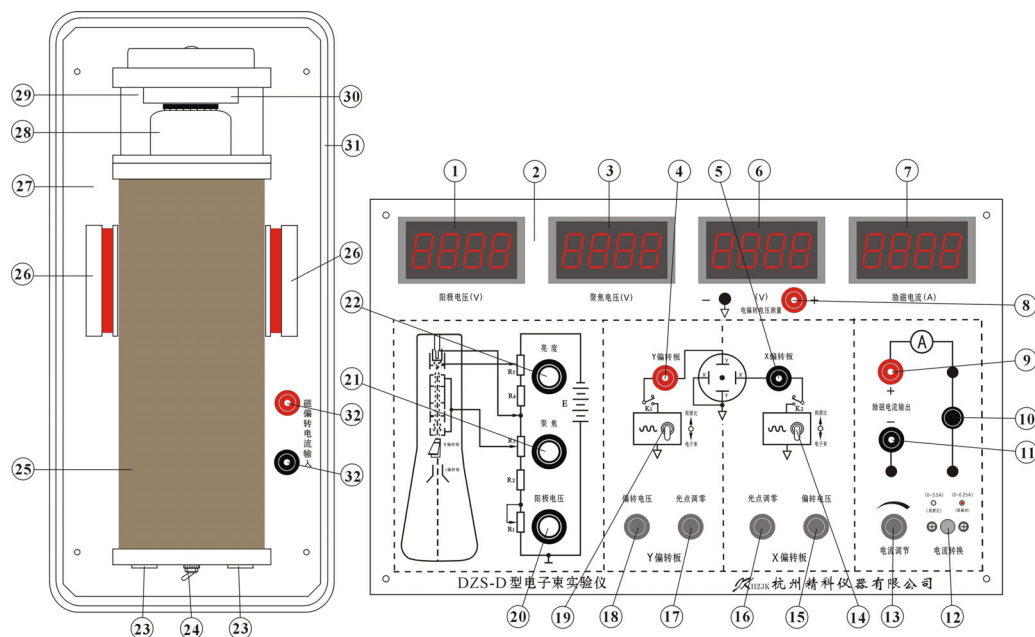
$$B = \frac{\mu_0 NI}{\sqrt{L^2 + D^2}} \quad (6)$$

其中， L 为螺线管的长度， D 为螺线管的直径， μ_0 为真空中的磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨利/米。将 (6) 代入 (5)，可得电子荷质比为：

$$e/m = \frac{8\pi^2 V_2 (L^2 + D^2)}{\mu_0^2 N^2 h^2 I^2} \quad (7)$$

【实验仪器】

DZS-D 型电子束实验仪（仪器面板功能分布见下图）



图中：

1—阳极电压表 2—实验仪面板 3—聚焦电压表 4—Y 轴偏转极板插座
5—X 轴偏转极板插座 6—电偏转电压表 7—励磁电流表 8—电偏转电压输入插座
9、11—励磁电流输出插座 10—保险丝管座 12—磁偏转与磁聚焦电流量程转换按钮
13—磁偏转与磁聚焦电流调节旋钮 14—电子束与示波器功能转换开关 (K_2) 15—电子束 X 偏转电压调节 16—电子束 X 轴光点调零 17—电子束 Y 偏转电压调节 18—电子束 Y 轴光点调零 19—电子束与示波器功能转换开关 (K_1) 20—阳极高压调节 21—聚焦调节 22—示波管亮度调节 23—磁聚焦电流输入插座 24—磁聚焦电流换向开关 25—磁聚焦螺线管 26—磁偏转线圈 27—线圈安装面板 28—示波管 29—有机玻璃防护罩 30—示波管安装座 31—机箱 32—磁偏转电流输入插座

DZS-D 型电子束实验仪主要参数如下：

螺线管的长度： $L = 0.234\text{m}$ ，螺线管的线圈匝数： $N = 526\text{T}$ ，
 螺线管的直径： $D = 0.090\text{m}$ ，螺距：（Y 偏转板至荧光屏距离） $h_Y = 0.145\text{m}$ ，
 （X 偏转板至荧光屏距离） $h_X = 0.115\text{m}$ 。

【实验内容及步骤】

磁聚焦和电子荷质比的测量：

- （1）按图 1 所示接线
- （2）把主机 “励磁电流输出” 两插座与螺线管前面板 “励磁电流输入” 的两插座用导线连接，把 “电流调节” 旋钮逆时针旋到底。
- （3）开启电子束测试仪电源开关，“电子束--荷质比” 转换开关 K_1 置于 “荷质比” 位置， K_2 置于 “电子束” 位置，此时荧光屏上出现一条直线，把阳极电压调到 700V 。
- （4）“释放电流转换” 按钮，“ $0 \sim 3.5\text{A}$ ” 档指示灯亮，顺时针转动 “电流调节” 旋

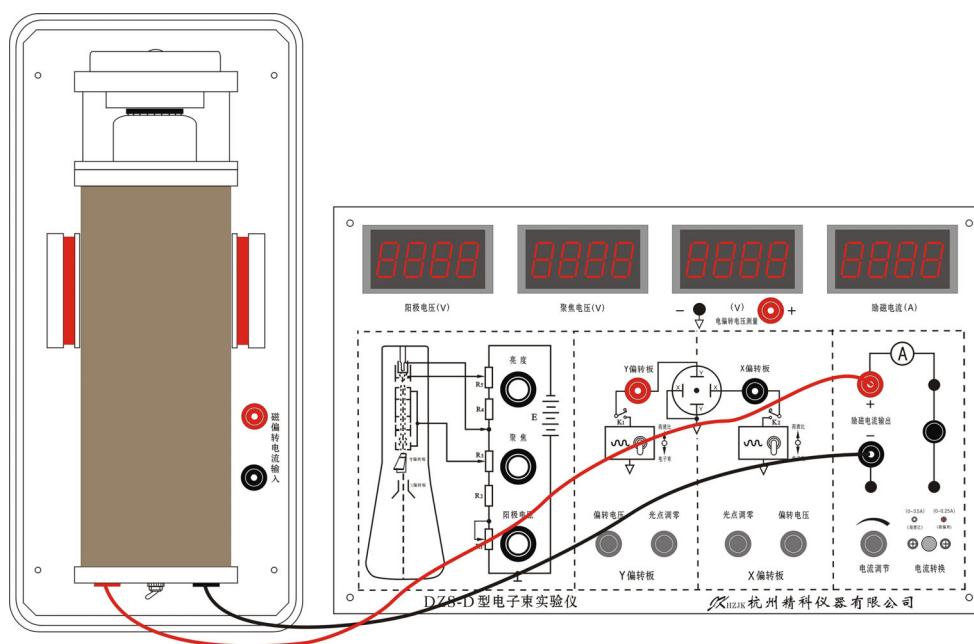


图 1 磁聚焦和电子荷质比的测量接线图

钮，逐渐加大电流使荧光屏上的直线一边旋转一边缩短，直到变成一个小光点。读取电流值，然后将**电流值调为零**。再将螺线管前面板上的电流换向开关扳到另一方，再从零开始增加电流使屏上的直线反方向旋转并缩短，直到再一次得到一个小光点，读取电流值并记录到表格 4-1 中。通过计算，求得电子荷质比 e/m 。

- （5）改变阳极电压为 800V ，重复步骤（4）。
- （6）实验结束，请先把励磁电流调节旋钮逆时针旋到底。

【数据记录和处理】

磁聚焦和电子荷质比的测量：

表 1

电 流 \ 电 压	700(V)	800(V)
$I_{\text{正向}}$ (A)		
$I_{\text{反向}}$ (A)		
$I_{\text{平均}}$ (A)		
电子荷质比 e/m (C/kg)		