

【实验目的】

1. 本实验将利用电子在磁场中偏转的方法来测量电子的荷质比。
2. 本实验的目的就要通过爱因斯坦光电效应方程测定普朗克常数。

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

1. 电子荷质比的测量：

电子荷质比在物理实验上有多种测量方法，本实验将介绍一种利用电子在磁场中偏转的方法来测量。通过实验的操作不仅可以测量出电子荷质比还可以加深对洛伦兹力的认识。

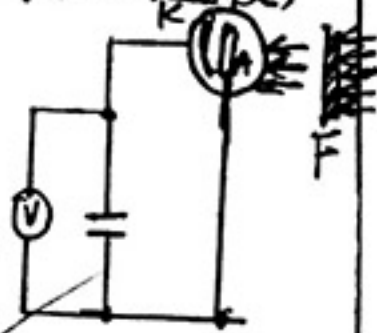
众所周知当一个电荷以速度 v 进入均匀磁场时，电子要受到洛伦兹力的作用，它的大小为： $\vec{f} = e \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ ；由于力的方向是垂直于速度的方向，则电子在磁场中将作圆周运动，则有： $f = \frac{mv^2}{r}$ ，其中 r 为电子运动圆周的半径，联合两式有： $e v B = \frac{mv^2}{r}$

$\Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{v}{r B}$ ；因电子束在出电子枪前受加速电压 U 的加速，可以得到电子的速度， $e U = \frac{1}{2} m v^2$ ；综上 $\Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2U}{(r B)^2}$

2. 普朗克常量的测定：

本实验采用减速电位法检验验证爱因斯坦方程，并求出 h 。
如图所示，当光经过滤片 F 产生某种频率的单色光，照射到光电管的阴极 K 上，则阴极发射大量的电子到阳极 A 形成电子流 I ，它随着阴极与阳极电压 V_{AK} 的变化其大小也跟随改变。

当阳极上积累起大量的负电荷，对电容 C 反向充电，使加在 V_{AK} 间负电位逐渐增加，当电势能完全阻挡电子流动，即： $e V_{AK} = \frac{1}{2} m v^2$ 。对于不同的金属，其逸出功也有所不同，则截止电压 V_0 也不同。代入 $h \nu = \frac{1}{2} m v^2 + W$ 得 $e V_0 = h \nu - W$ ，即 $V_0 = \frac{h}{e} \nu - \frac{W}{e}$
由上述方程可知：光的频率 ν 与截止电压 V_0 成线性关系，改变不同的光入射，会得到不同的截止电压，作出电压关于频率的折线图求出斜率： $\alpha = \frac{\Delta V}{\Delta \nu} = \frac{h}{e}$
知电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} C$ 即可以求出普朗克常数，如果延长直线与横坐标相交即可求得红限频率。



【实验内容】（重点说明）

1. 电子荷质比的测量:

- ① 将电子束的直径测量标尺准确固定在一定值(如8cm), 测量时可利用装置后的平面镜。
- ② 开启电源, 首先加速电压定于200V, 耐心等待, 直到电子枪射出紫兰色的电子束。
- ③ 细心调节50V的聚焦电压, 使电子束明亮。
- ④ 缓慢加大Helmholtz线圈电流, 观察电子束的偏转, 紧接着形成封闭的圆。
- ⑤ 在整个实验中, 必须保持电子圆的大小不变, 这可以配合调节加速电压与Helmholtz线圈中的电流来实现。
- ⑥ 由 $U-I^2$ 的数据作出坐标图, 根据图形求出斜率代入公式 $\frac{e}{m} = \frac{2U}{I^2 R^2}$ 求出荷质比并计算误差。

2. 普朗克常量的测量:

① 仪器的调试:

将装置放好, 调好光轴的同心度, 完成放大电路的连接, 在其输出端上接上测量电压表。

② 具体步骤:

- 1° 打开测量电压表的电压量程, 置于DC1V。
- 2° 旋转光孔转盘, 使黄光的干涉滤光片置于光路上。
- 3° 按下电容旁的放电开关, 直到电表读数为0。
- 4° 按下释放按钮, 计时30s ~ 1min, 直到电表指针不动为止时进行读数。
- 5° 按上述时间完成绿光测量。
- 6° 表量程调至3V, 完成紫光、蓝光的测量。
- 7° 用公式求出频率记录数据。
- 8° 作出直线求出斜率求得 h 。
- 9° 进行误差分析。

【实验器材及注意事项】

1. 电子荷质比的测定:

装置由产生磁场的Helmholtz线圈、电子束发射管和记录电子束半径的测量工具组成。

注意事项:

1. 电源使用的汞灯只有在冷却的状态下起辉, 在高温的状况下起辉十分困难, 因此在使用过程中尽量不要关闭电源。
2. 避免用手接触滤光片的表面, 保持四种颜色的滤光片的表面清洁。
3. 调试仪器各元件的同心度, 使汞灯的光准确聚焦于光电管的中心。在不工作的时候, 应尽量减少对光电管的光照, 以提高使用寿命。

2. 普朗克常量的测定:

装置由汞灯、通光光阑、透镜、光孔转盘以及光电管构成。

【数据处理与结果】

一、电子荷质比的测定：(直径为8mm、匝数130匝，线圈半径为150mm)

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 电压(V) | 192 | 177 | 170 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 110 | |
| 电流 [*] (A) | 1.59 | 1.54 | 1.49 | 1.45 | 1.38 | 1.32 | 1.26 | 1.21 | 1.18 | |
| 电流 ² (A ²) | 2.53 | 2.37 | 2.22 | 2.10 | 1.90 | 1.74 | 1.59 | 1.46 | 1.39 | |

二、普朗克常数的测定：

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 波长 _(nm) | 405 | | | 436 | | | 546 | | | 578 | | |
| 电压(V) | 0.90 | 0.90 | 0.89 | 0.76 | 0.76 | 0.75 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.34 | 0.34 | 0.34 |
| 电压平均值(V) | 0.90 | | | 0.76 | | | 0.42 | | | 0.34 | | |
| 频率(Hz) | 741 | | | 688 | | | 549 | | | 519 | | |

2. 普朗克常数的测定：

$$\text{由 } \frac{h}{e} = \alpha \Rightarrow h_{\text{测}} = e\alpha = 5.424 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$\text{误差 } E = \frac{h_{\text{测}} - h_{\text{标}}}{h_{\text{标}}} = -18.14\% \text{ 故 } h = h_{\text{测}} \cdot (1 - E) = 6.4 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

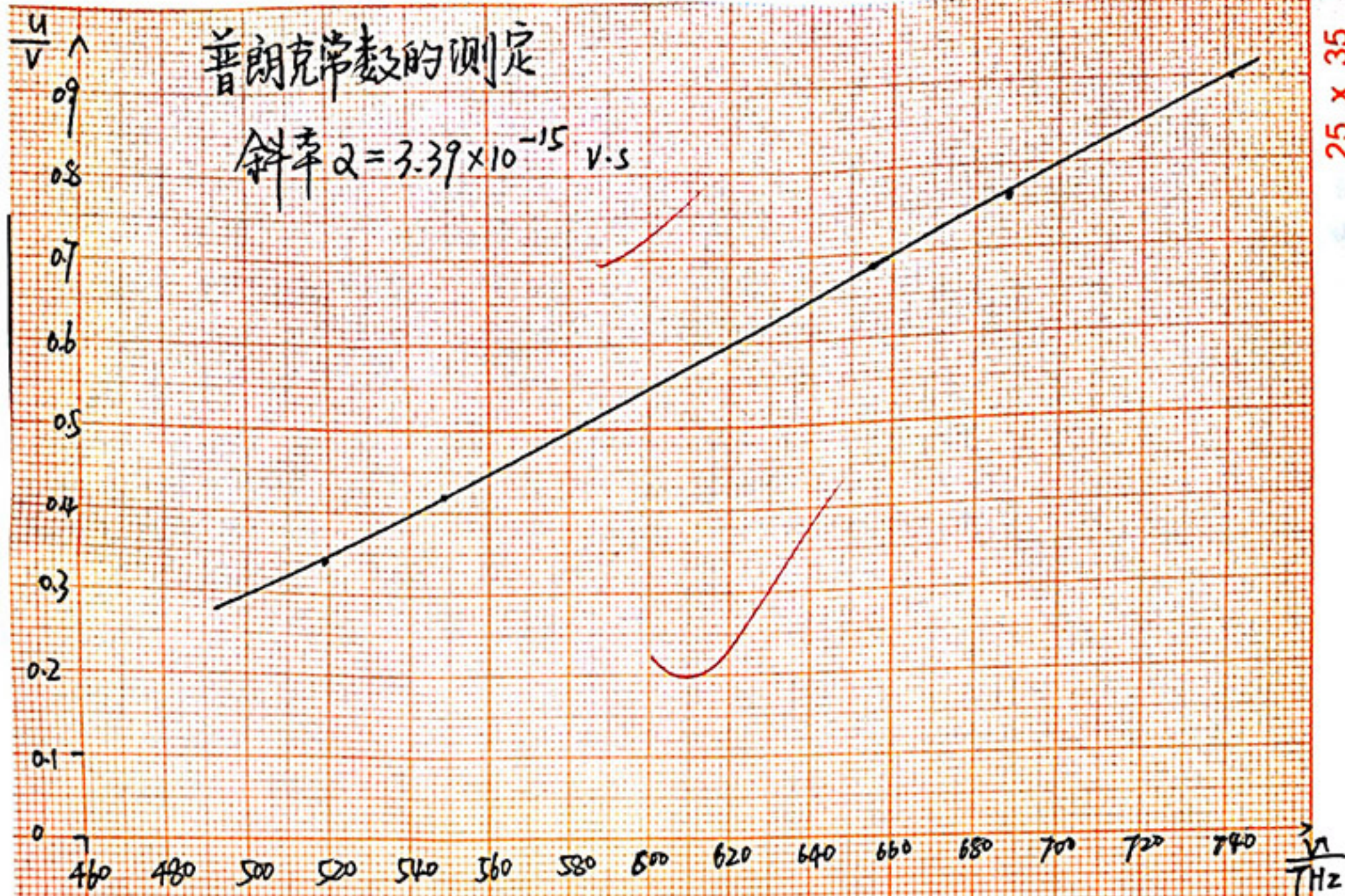
逸出功 $\phi = 4.5 \text{ eV}$ = 根据图像与y轴的交点可得：
逸出功 $\phi = 2.28 \times 10^{-19} \text{ J}$ \checkmark

1. 电子荷质比：根据实验数据求得 $k = 7.40 \times 10^{-4} \text{ NA}^2 \text{ m}^{-1}$ ，由图像求得斜率 $\alpha = 68.9 \text{ V/A}^2$

$$\text{由 } \frac{e}{m} = \frac{2\alpha}{r^2 k^2} \Rightarrow \frac{e}{m} = 1.57 \times 10^{-11} \text{ C/kg}$$

$$\text{误差： } E = \frac{1.57 \times 10^{-11} \text{ C/kg} - 1.76 \times 10^{-11} \text{ C/kg}}{1.76 \times 10^{-11} \text{ C/kg}} = -10.80\%$$

$$\text{故 } \frac{e}{m} = \frac{e}{m_{\text{测}}} (1 - (-10.80\%)) = 1.74 \times 10^{-11} \text{ C/kg}$$



2. 普朗克常数的测定:

由 $\frac{h}{e} = \alpha \Rightarrow h_{\text{测}} = e\alpha = 5.424 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

误差 $E = \frac{h_{\text{测}} - h_{\text{标}}}{h_{\text{标}}} = -18.14\%$ 故 $h = h_{\text{测}} \cdot (1 - E) = 6.4 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

逸出功 $W =$ 根据图像与 y 轴的交点可得:

逸出功 $W = 2.28 \times 10^{-19} \text{ J}$

1. 电子荷质比: 根据实验基础数据求得 $k = 7.40 \times 10^{-4} \text{ NA}^2 \text{ m}^{-1}$, 由图像求得斜率 $\alpha = 68.9 \text{ V/A}^2$

由 $\frac{e}{m} = \frac{2\alpha}{k^2} \Rightarrow \frac{e}{m} = 1.57 \times 10^{-11} \text{ C/kg}$

误差: $E = \frac{1.57 \times 10^{-11} \text{ C/kg} - 1.76 \times 10^{-11} \text{ C/kg}}{1.76 \times 10^{-11} \text{ C/kg}} = -10.80\%$

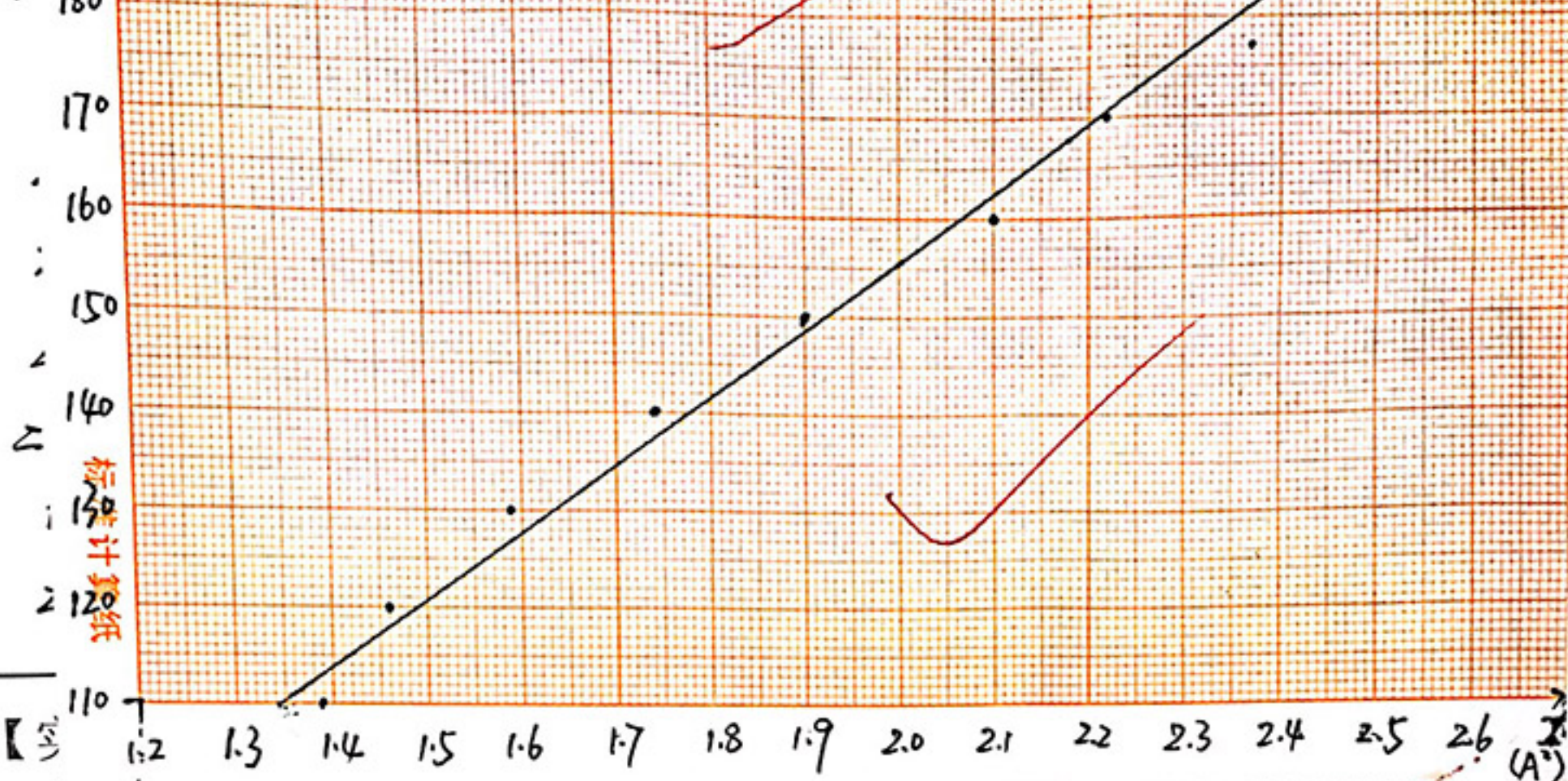
故 $\frac{e}{m} = \frac{e}{m_{\text{测}}} (1 - (-10.80\%)) = 1.74 \times 10^{-11} \text{ C/kg}$

U(V)

电子荷质比的测定

斜率为 $68.90 \text{ V/mA}^2 (\Omega)$

【诗】



【空】

实验心得: 这两个实验均为微观粒子状态参数的测定, 误差与之前做的天
验的误差相距略大, 我觉得在误差上最为主要的原因还是因为实验
环境并未是完全理想的实验环境(如真空, 无外界磁场干扰)。总的
来说, 实验的过程因为实验器材的先进化而有所改进, 但误差还
是需要进一步减小的。

思考题:

一、电子荷质比的测定:

1. 拿一个电子敏感元件在距电子束枪口 8 cm 的地方测量(实在想不到什么常规一点的)
2. 将尺度放在洛伦兹力在电子非正射的情况下可能导致圆不在垂直平面上或测量不准
2. 电场偏转法、利用法拉第筒测定电子的比荷。

二、普朗克常量的测定:

1. 爱因斯坦光电效应方程实则为能量守恒方程, 即光子能量分给了电子的动能和电子
逸出时的逸出功。
2. 利用电子衍射即 $\lambda = \frac{h}{p}$ 来测量 h , 又 p 可近似于 $p = \sqrt{2me_0V}$ 故 $h = \lambda \cdot \sqrt{2me_0V}$
3. 光具有量子特性, 能够携带能量(目前为止最浅的一些浅薄理解)
4. 逸出功是指电子脱离该金属材料(成为同原子束缚)时所需要的最小能量。

可以通过直线与y轴的交点来求 根据: $eV = h\nu - W \rightarrow V=0 \text{ 时 } W = eV$

【误差分析】一、电子荷质比的测定:

1. 由于机器老化, 电压测量不准, 刻度尺计数有问题等客观原因
 2. 黑暗中观察电子轨迹有线宽的误差
 3. 直线拟合过程中有手绘误差
 4. 肉眼测量的误差, 没有做到完全相切
 5. 其它磁场的影晌, 如地磁场, 手机、电脑产生的电磁场等。
 6. 电子未垂直入射。(确定感觉有两层)
- ## 二、普朗克常量的测定
1. 滤光片表面并不绝对洁净, 有其它色光透过
 2. 汞灯未完全起辉时直线拟合过程中的误差
 3. 光电管未完全密封好或有其它色光从装置缝隙射入。

【实验心得及思考题】

实验心得: 这两个实验均为微观粒子相关常数的测定, 误差与之前做的实验的误差相距略大, 我觉得在误差上最为主要的原因还是因为实验环境并未是完全理想的实验环境(如真空, 无外界磁场干扰)。总的来说, 实验的过程因为实验器材的先进化而有所简化, 但误差还是需要进一步减小的。

思考题:

一、电子荷质比的测定:

1. 拿一个电子敏感元件在距电子束枪口 8cm 的地方测量(实在想不到什么常规一点的)
2. 将长度改在洛伦兹力在电子非正射的情况下可能导致圆不在垂直平面上或测量不准
2. 电场偏转法、利用法拉第筒测定电子的比荷。

二、普朗克常量的测定:

1. 爱因斯坦光电效应方程实则为能量守恒方程, 即光子能量分给了电子的动能和电子逸出时的逸出功。
2. 利用电子衍射即 $\lambda = \frac{h}{p}$ 来测量 h , 又 p 可近似于 $p = \sqrt{2me_0V}$ 故 $h = \lambda \cdot \sqrt{2me_0V}$
3. 光具有量子特性, 能够携带能量(目前为止最浅薄理解)
4. 逸出功是指电子脱离该金属材料(或为同原子束缚)时所需要的最小能量。

可以通过直线与y轴的交点来求 根据: $eV = h\nu - W \rightarrow V=0$ 时 $W = eV$

【数据记录及草表】

电子荷质比:

| 电压 | 电流 | I^2 |
|-----|------|--------|
| 192 | 1.59 | 2.5281 |
| 177 | 1.54 | 2.3716 |
| 150 | 1.38 | 1.9044 |
| 130 | 1.26 | 1.5876 |
| 110 | 1.18 | 1.3924 |
| 140 | 1.32 | 1.7424 |
| 160 | 1.45 | 2.1025 |
| 120 | 1.21 | 1.4641 |
| 170 | 1.49 | 2.2201 |

普朗克常量:

频率 波长

405 nm

436 nm

546 nm

578 nm

电压

0.90V

0.90V

0.89V

0.76V

0.76V

0.75V

0.42V

0.42V

0.42V

0.34V

0.34V

0.34V

教师签字:

 10.16