



大学物理-基础实验 | 数据分析

姓名 王元叙  
学号 PB22000195  
班级 22 级少年班学院 5 班  
日期 2023 年 5 月 10 日

光电效应测普朗克常数

1 基础实验数据分析

1.1 零电流法测量普朗克常数

表 1 零电流法测原始数据

波长/nm	577	546	436	45	365
频率/ $10^{14}$ Hz	5.199	5.495	6.880	7.407	8.219
遏止电压/V	0.488	0.594	1.152	1.466	1.738

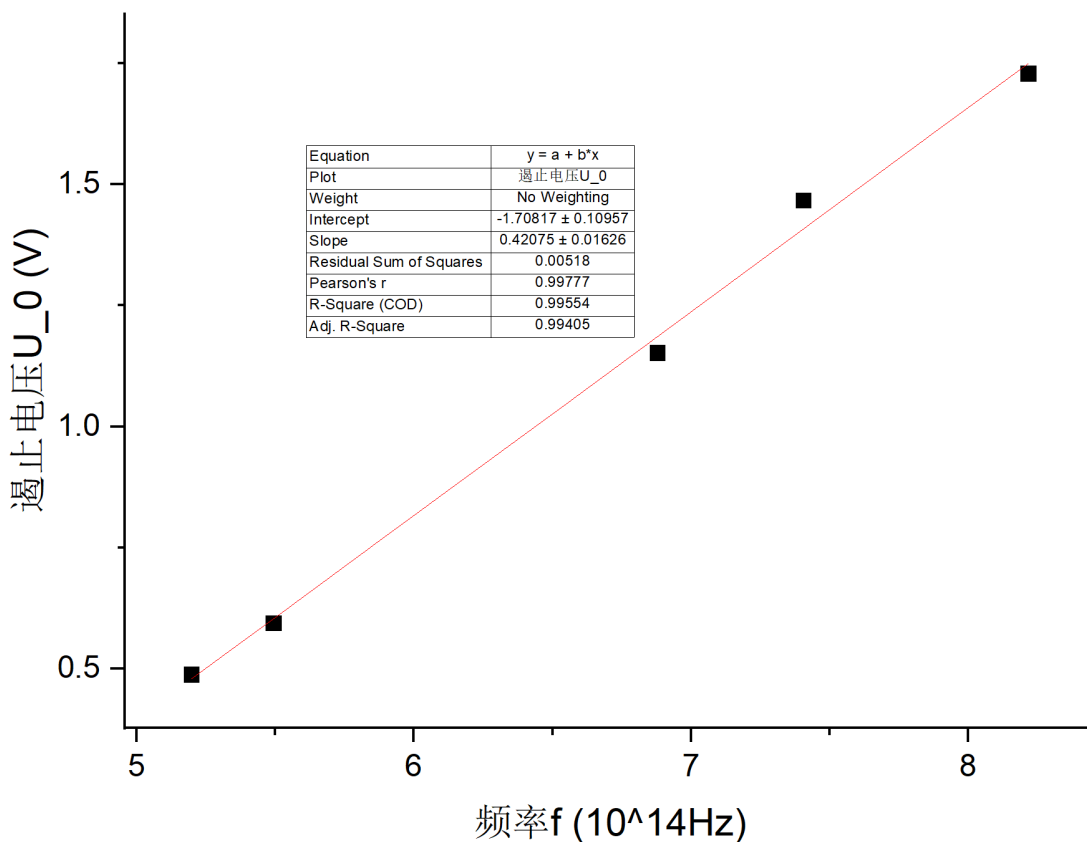


图 1: 零电流法最小二乘法拟合  
拟合得到直线方程中, 曲线斜率、截距分别为

$$k = 0.421 \times 10^{-14}, b = -1.708 \times 10^{-14}$$

计算得到普朗克常数

$$\begin{aligned}
 h &= e \frac{U_0}{f} = ek \\
 &= 1.602 \times 10^{-19} \times 0.421 \times 10^{-14} \text{ J}\cdot\text{s} \\
 &= 6.736 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}
 \end{aligned}$$

对比普朗克常数标准值  $h_0 = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ，相对误差为

$$h_{\text{相对误差}} = \frac{|h - h_0|}{h_0} = \frac{6.736 - 6.63}{6.63} = 1.60\%$$

得到红限频率为

$$\begin{aligned}
 \nu &= \frac{1.708}{0.421} \times 10^{-14} \text{ Hz} \\
 &= 4.057 \times 10^{-14} \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

溢出功

$$\begin{aligned}
 A &= 1.602 \times 10^{-19} \times 1.708 \times 10^{-14} \text{ J}\cdot\text{s} \\
 &= 2.736 \times 10^{-39} \text{ J}
 \end{aligned}$$

## 1.2 补偿法测量普朗克常数

表 2 补偿法测原始数据

波长/nm	577	546	436	45	365
频率/ $10^{14}\text{Hz}$	5.199	5.495	6.880	7.407	8.219
遏止电压/V	0.492	0.598	1.158	1.468	1.740
暗电流/ $10^{-13}\text{A}$	-0.02	-0.03	-0.05	-0.04	-0.54

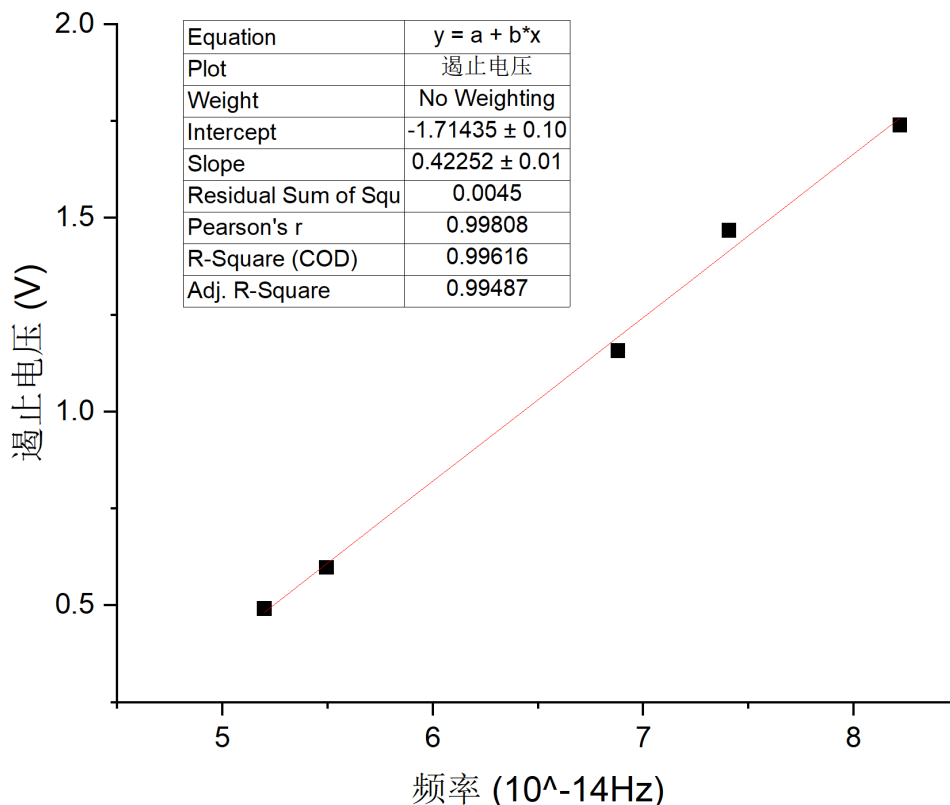


图 2: 补偿法最小二乘法拟合

拟合得到直线方程中，曲线斜率、截距分别为为

$$k = 0.423 \times 10^{-14}, b = -1.714 \times 10^{-14}$$

计算得到普朗克常数

$$\begin{aligned}
 h &= e \frac{U_0}{f} = ek \\
 &= 1.602 \times 10^{-19} \times 0.421 \times 10^{-14} \text{ J}\cdot\text{s} \\
 &= 6.776 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}
 \end{aligned}$$

对比普朗克常数标准值  $h_0 = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ，相对误差为

$$h_{\text{相对误差}} = \frac{|h - h_0|}{h_0} = \frac{6.776 - 6.63}{6.63} = 2.21\%$$

得到红限频率为

$$\begin{aligned}
 \nu &= \frac{1.714}{0.423} \times 10^{-14} \text{ Hz} \\
 &= 4.071 \times 10^{-14} \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

溢出功

$$\begin{aligned}
 A &= 1.602 \times 10^{-19} \times 1.714 \times 10^{-14} \text{ J}\cdot\text{s} \\
 &= 2.748 \times 10^{-39} \text{ J}
 \end{aligned}$$

### 1.3 通过光阑孔径研究饱和光电流与光强的关系

取定入射距离为 40 cm

表 3 光阑孔径与饱和光电流关系

波长 436/nm	光阑孔径 $\Phi$ /mm	2	4	8	14.35
	饱和光电流 $I_M/10^{-10} \text{ A}$	9.5	33.9	121.8	368
577/nm	光阑孔径 $\Phi$ /mm	2	4	8	14.35
	饱和光电流 $I_M/10^{-10} \text{ A}$	1.1	3.7	13.6	40.7

由于光强  $P$  正比于  $\Phi^2$ ，于是作图

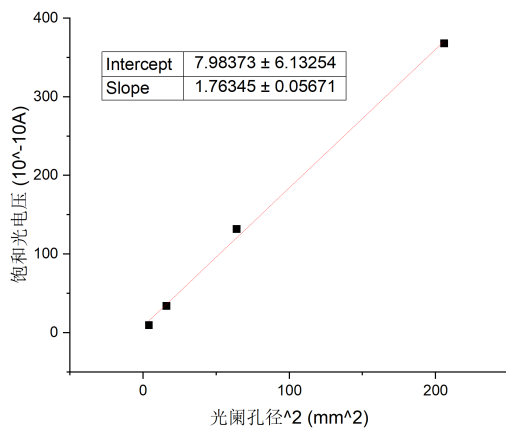


图 3.1 波长 436nm

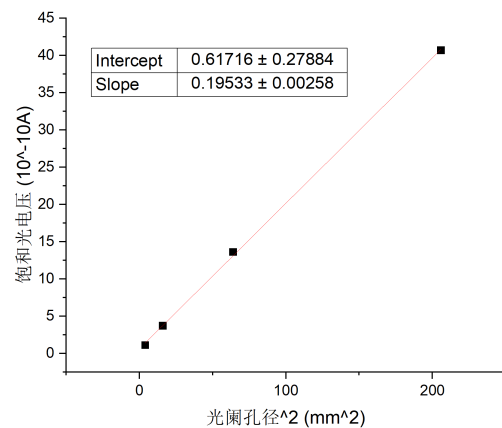


图 3.2 波长 577nm

两条图线分别指出：

$$I_{M,436} = 1.76\Phi^2 + 7.98$$

$$I_{M,577} = 0.19\Phi^2 + 0.61$$

从中可以看出，饱和光电压  $I$  与光强  $P$  成线性关系，并且截距均在实验误差允许范围内。因此我们可以近似认为，饱和光电压  $I$  正比于光强  $P$ 。

### 1.4 通过入射距离研究饱和光电流与光强的关系

取定光阑孔径为 2 mm

表 4 入射距离与饱和光电流关系

波长 436/nm	入射距离 L/cm	30	32	34	36	38	40
	饱和光电流 $I_M/10^{-10}A$	20.9	16.2	14.8	12.3	10.4	9.0
577/nm	入射距离 LL/cm	30	32	34	36	38	40
	饱和光电流 $I_M/10^{-10}A$	2.27	1.91	1.60	1.31	1.20	1.07

由于光强  $P$  正比于  $L^{-2}$ ，于是作图

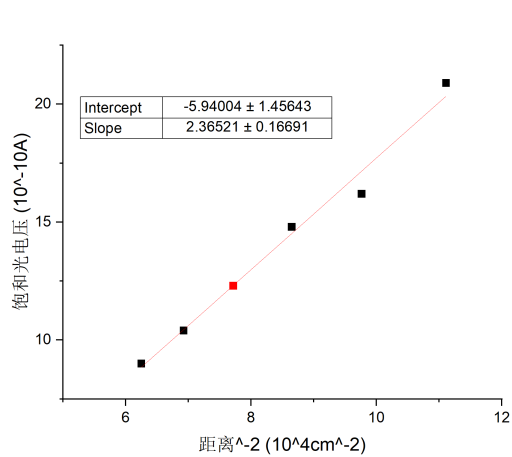


图 4.1 波长 436nm

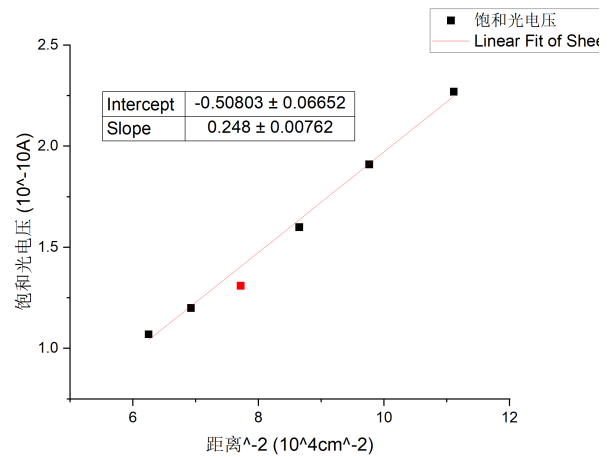


图 4.2 波长 577nm

两条图线分别指出

$$I_{M,436} = 2.37L^{-2} - 5.94$$

$$I_{M,577} = 0.25L^{-2} - 0.51$$

从中可以看出，饱和光电压  $I$  与光强  $P$  成线性关系，并且截距均在实验误差允许范围内。因此我们可以近似认为，饱和光电压  $I$  正比于光强  $P$ 。

## 2 进阶实验

使用拐点法测量了四种波长单色光的遏止电压，原始数据见附录（在  $\lambda = 362 \text{ nm}$  的数据当中，虽然原始数据记录了 101 组，但是这里只对前 61 组绘图，因为后面的数据中电流已经大于 0，对拐点法无用）

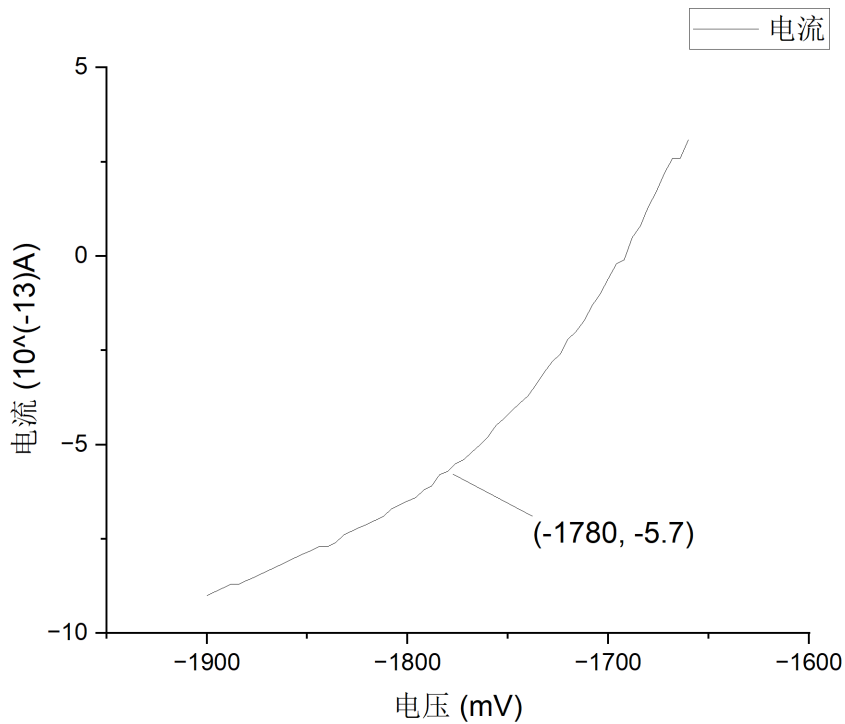


图 5.1: 波长 365nm, 电压区间-1900 -1660 mV  
拐点位于 -1780 mV 的位置。

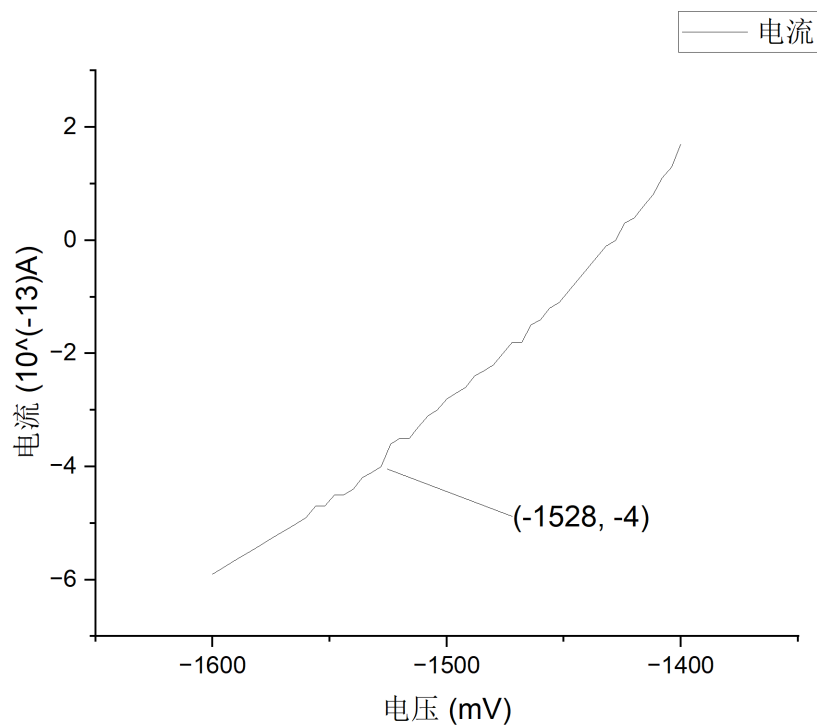


图 5.2: 波长 405nm, 电压区间-1600 -1400 mV  
拐点位于 -1528 mV 的位置。

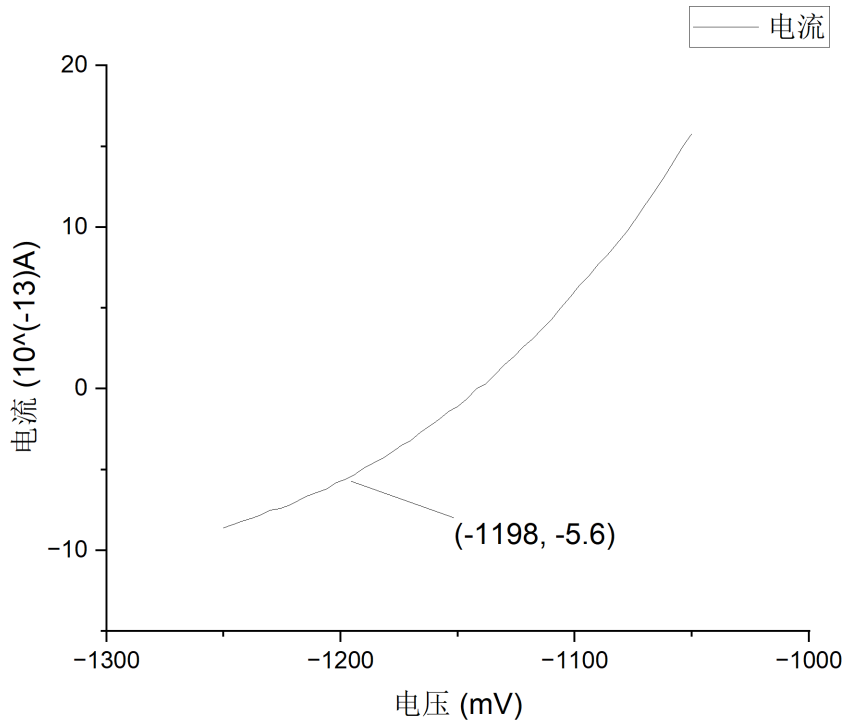


图 5.3: 波长 436nm, 电压区间-1250 -1050 mV  
拐点位于 -1198 mV 的位置。

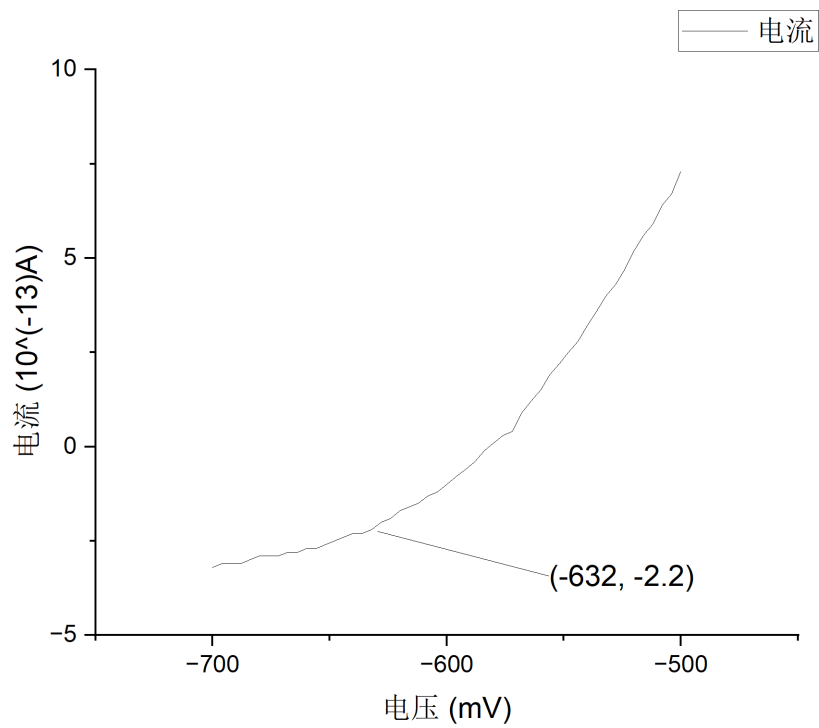


图 5.4: 波长 546nm, 电压区间-700 -500 mV  
拐点位于 -632 mV 的位置。

表 5 拐点法测原始数据

波长/nm	546	436	45	365
频率/ $10^{14}$ Hz	5.495	6.880	7.407	8.219
遏止电压/V	0.632	1.198	1.528	1.780

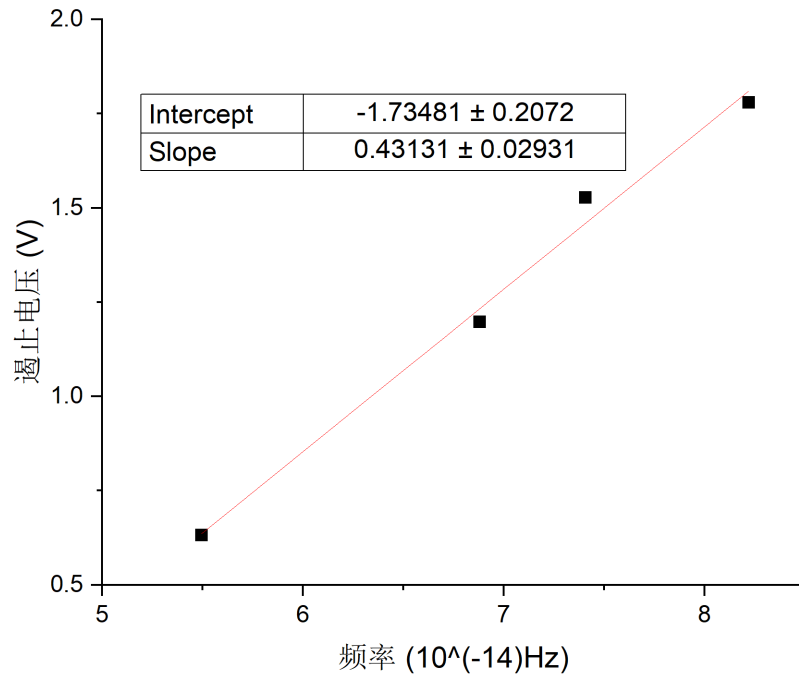


图 6: 拐点法最小二乘法拟合

拟合得到直线方程中，曲线斜率为

$$k = 0.431 \times 10^{-14}$$

计算得到普朗克常数

$$\begin{aligned} h &= e \frac{U_0}{f} = ek \\ &= 1.602 \times 10^{-19} \times 0.431 \times 10^{-14} \text{ J}\cdot\text{s} \\ &= 6.909 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \end{aligned}$$

对比普朗克常数标准值  $h_0 = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ，相对误差为

$$h_{\text{相对误差}} = \frac{|h - h_0|}{h_0} = \frac{6.909 - 6.63}{6.63} = 4.21\%$$

### 3 误差分析

在使用三种方法测量遏止电压进而测量普朗克常数的过程当中，理论上来看，零电流法的误差应当大于补偿法的误差，补偿法的误差应当大于拐点法的误差。然而在实际实验中，后两种方法得到的误差都相对较大，原因可能有以下几点：

1. 补偿法测量普朗克常数，由于暗电流长时间不稳定，因此读数误差较大，造成最终测量结果误差增大
2. 在使用补偿法测量的过程中，实际实验的得到的图像并不存在清晰的拐点，曲线的斜率逐渐增大，很难判断拐点的正确位置，造成了较大的实验误差。
3. 补偿法测量中，自动扫描得到的数据有些许误差，增大了判断拐点的难度