

冉绍尔-汤森效应实验

12307110071

张俊豪

2015/6/25

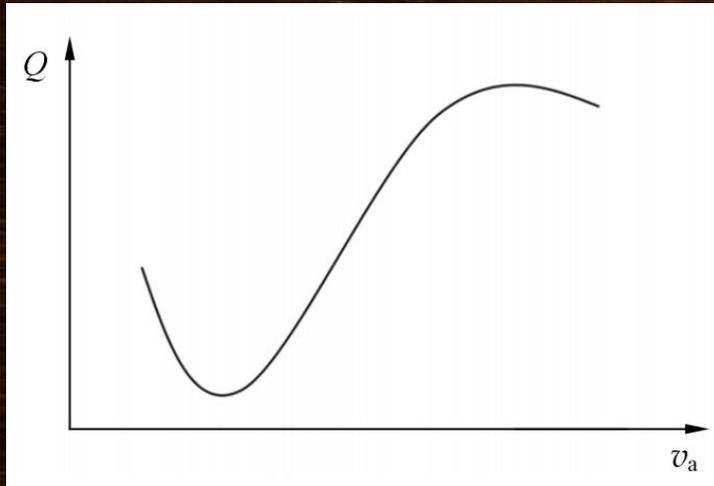
冉绍尔-汤森效应实验

- 冉绍尔-汤森效应
- 实验仪器以及测量原理
- 实验结果与分析

冉绍尔-汤森效应

电子散射

- 经典理论：散射截面与电子速度无关
- 实验 by Ramsauer & Townsend：



- 量子力学的证据！

量子力学处理

- 分波法

$$Q = \sum_{l=0}^{\infty} Q_l = \frac{4\pi}{k^2} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) \sin^2 \delta_l$$

低能情况下：

只考虑 $l = 0$ 的分波

径向薛定谔方程以及边条给出 δ_0

H 显含 k ：与电子动能有关

量子力学处理

如球对称常势阱：

$$U = \begin{cases} -U_0 & (r \leq a) \\ 0 & (r > a) \end{cases}$$

易解得

$$\delta_0 = \arctan \left[\frac{k}{k'} \tan k'a \right] - ka$$

其中 $k'^2 = \frac{2mU_0}{\hbar^2} + k^2$

在 $\frac{\tan k'a}{k'a} = \frac{\tan ka}{ka}$ 时， $\delta_0 = \pi$ ，散射截面有最小值

非低能情况： Q_l 不能被忽略，不会周期性出现最小值

实验仪器以及测量原理

- 发射极K
- 碰撞空间S
- 收集极P
- 补偿电压 E_c

由电荷守恒显然有如下关系：

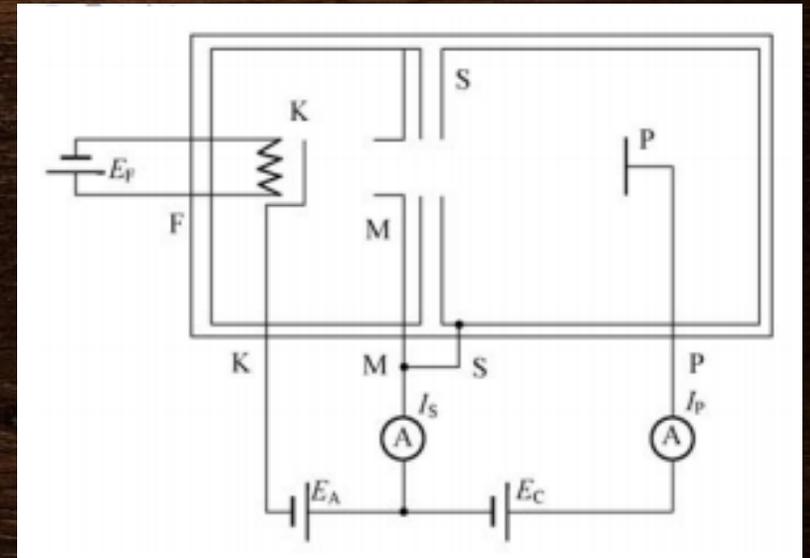
$$I_K = I_0 + I_{S1}$$

$$I_0 = I_P + I_{S2}$$

$$I_S = I_{S1} + I_{S2}$$

几何因子

$$f = \frac{I_0}{I_{S1}}$$



物理实验 2013.33(11).p12

实验仪器以及测量原理

散射概率

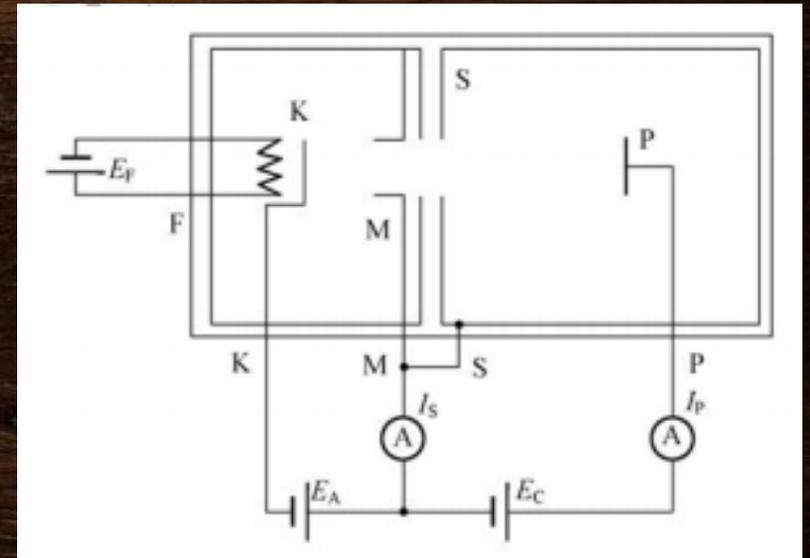
$$P = 1 - \frac{I_P}{I_0} = 1 - \frac{I_P}{f I_{S1}}$$

测量 f ：

N_2 : 77K , Xe : 165.02K , Kr : 119.79K

$$f = \frac{I_P^*}{I_S^*}$$

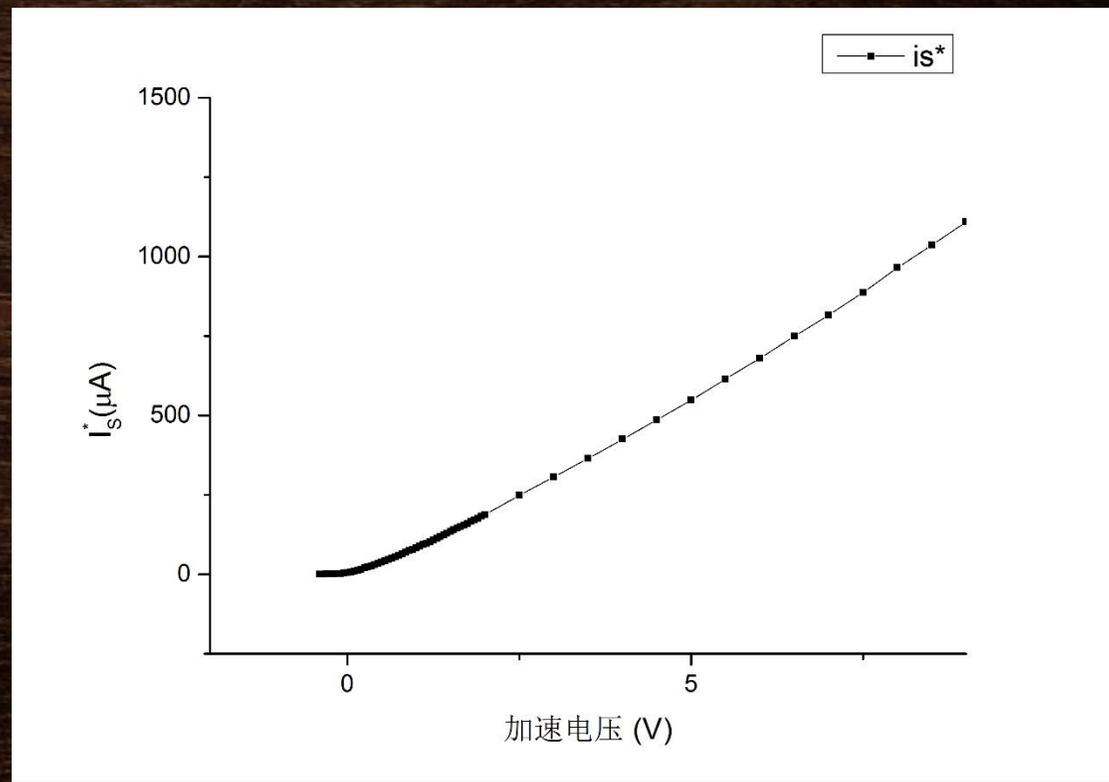
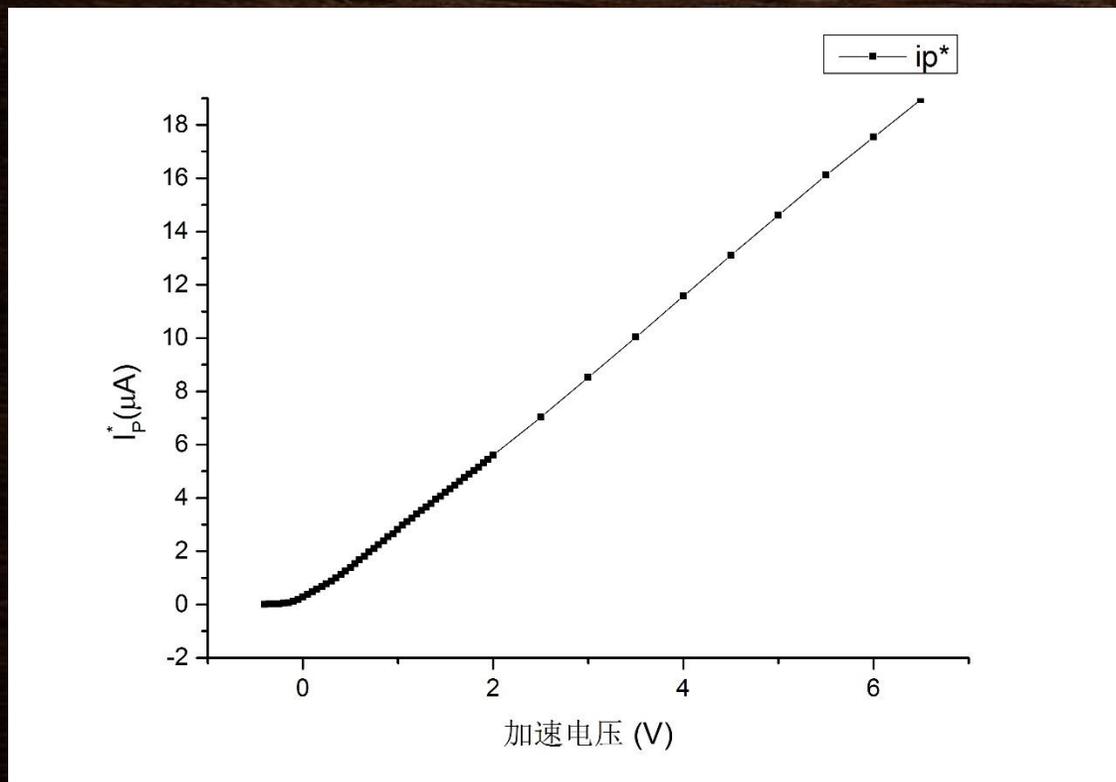
$$P = 1 - \frac{I_P I_S^* + I_P^* I_S}{I_P^* I_S + I_P I_S^*}$$



物理实验 2013.33(11).p12

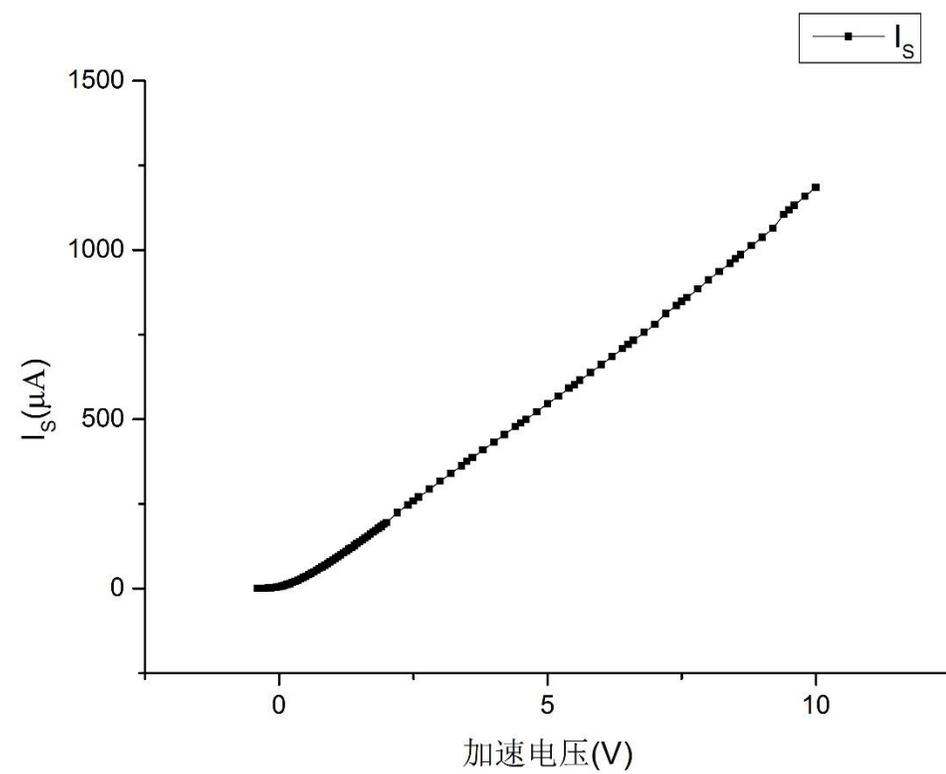
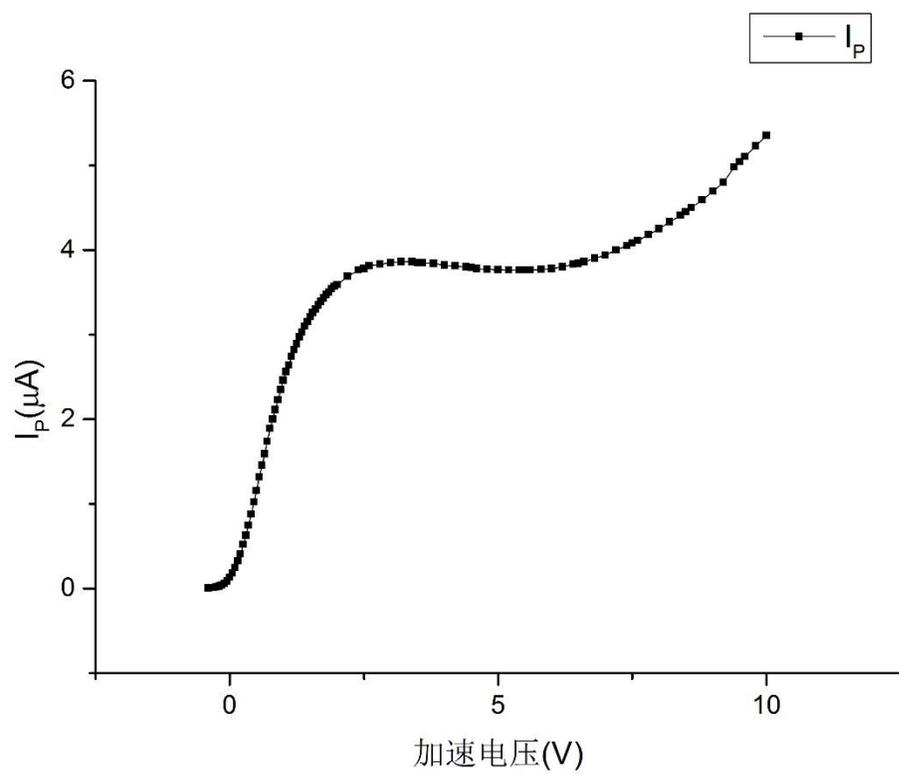
测量结果

- 低温下测量 I_p^* 、 I_S^*

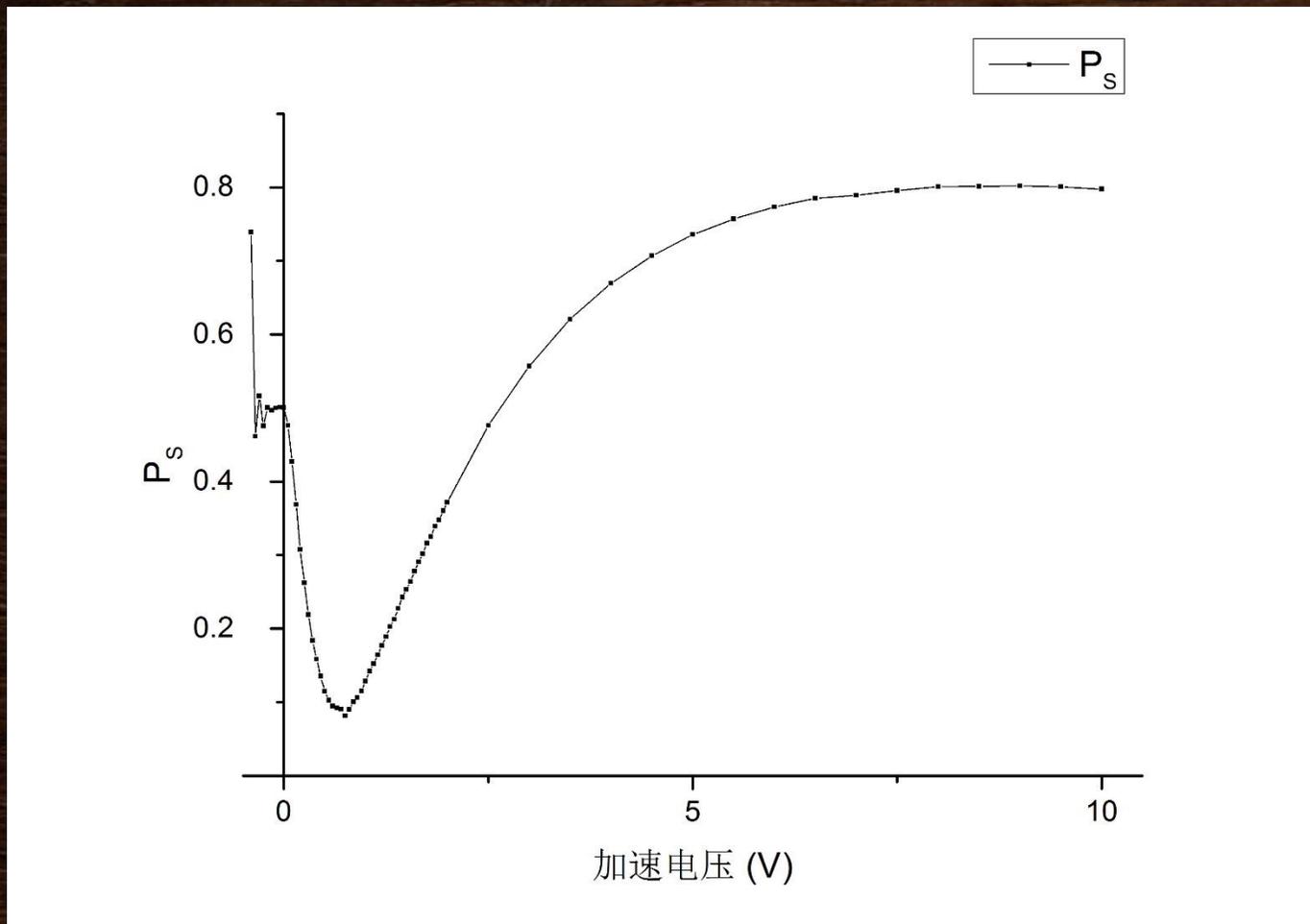


测量结果

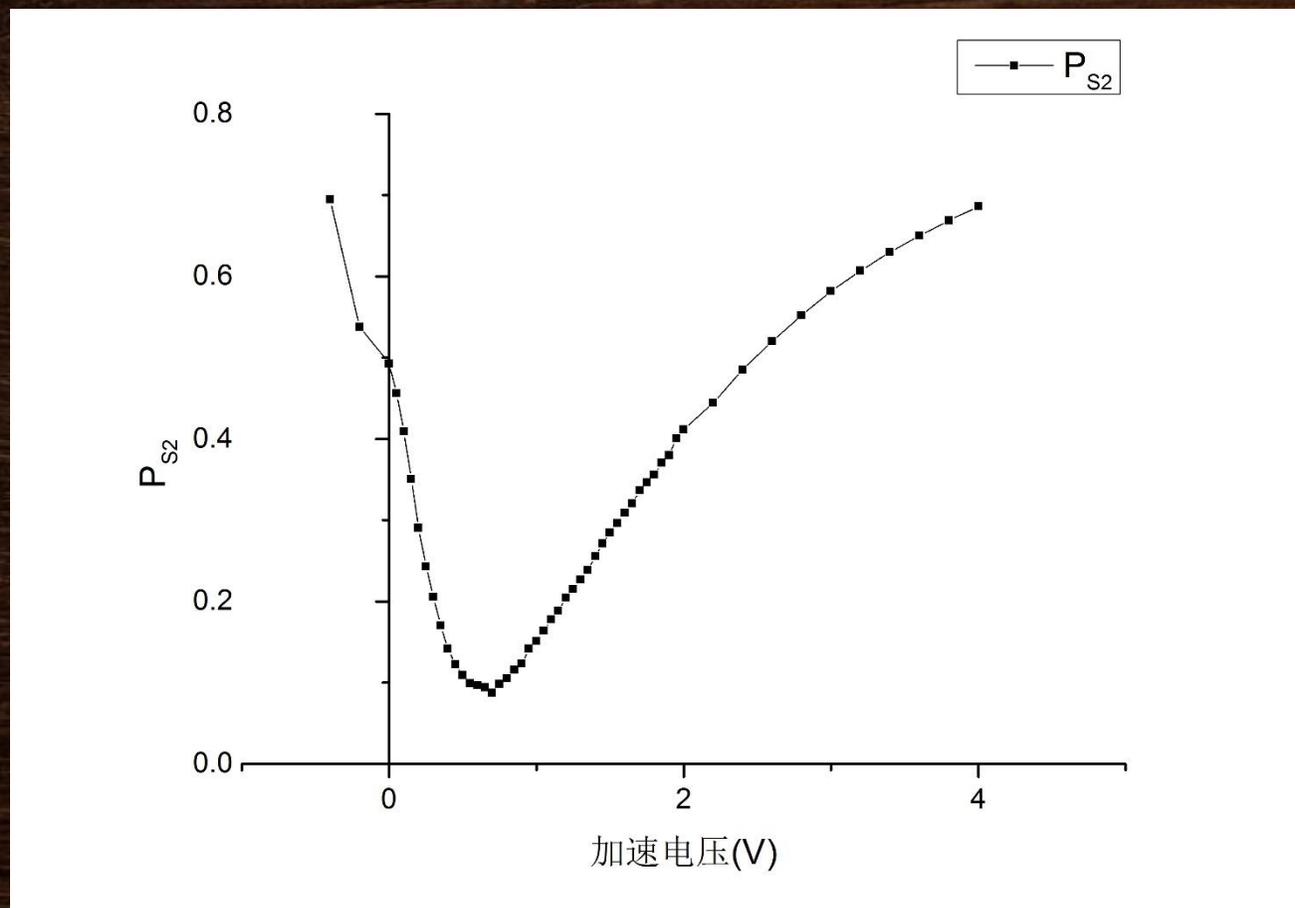
- 室温下测量 I_P 、 I_S



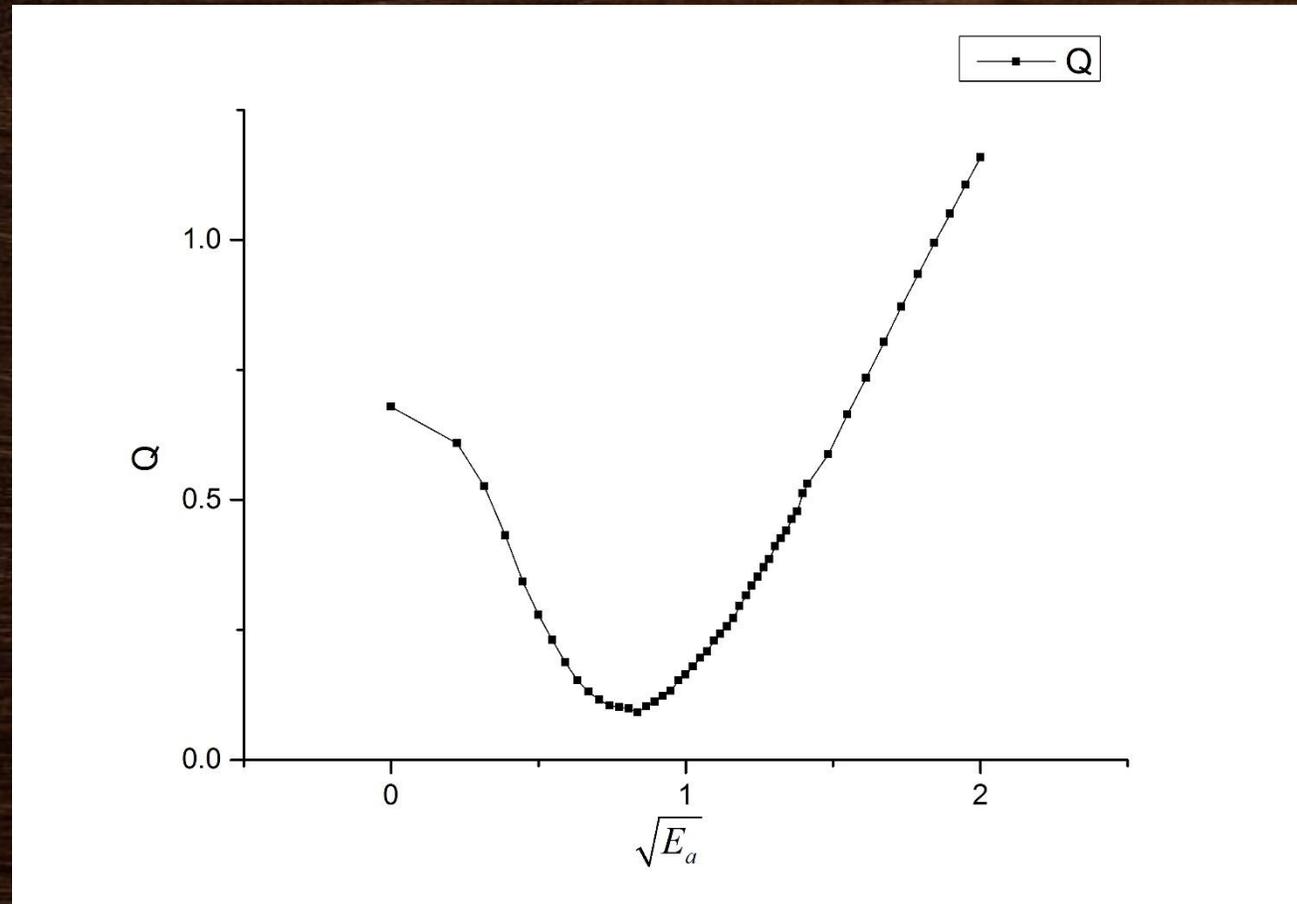
散射概率关于加速电压的关系



重新测量散射截面最小点附近



$$Q \sim \sqrt{V}$$



误差来源分析

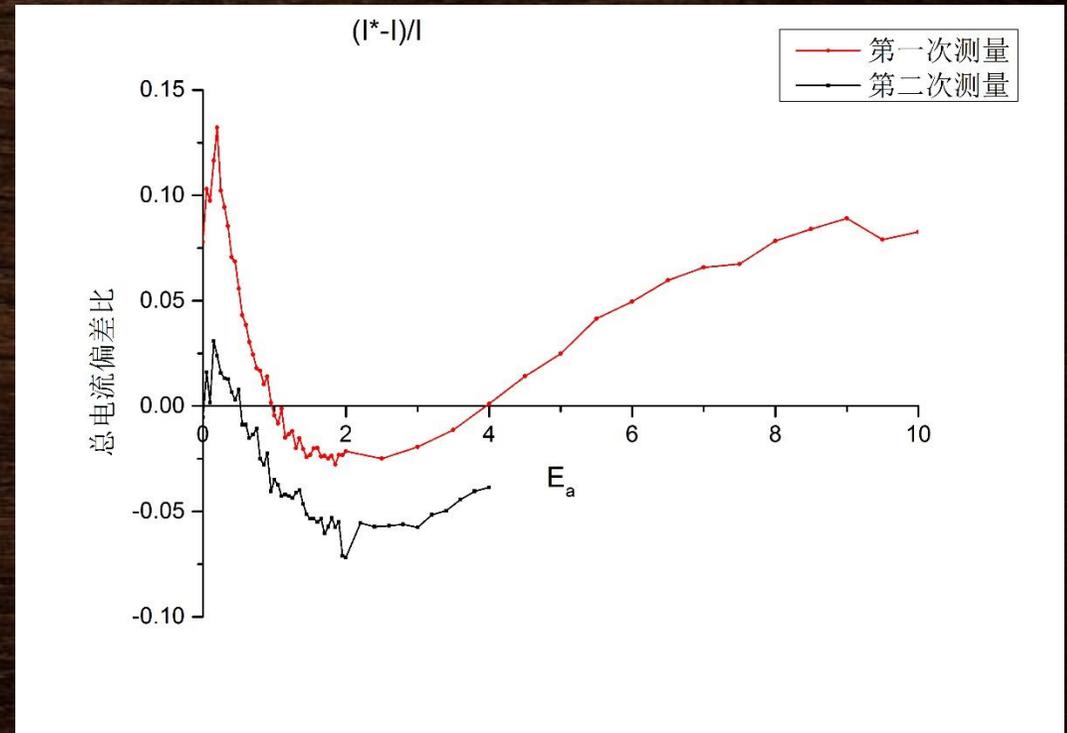
- 两次实验是按照步骤在不同温度下保持使总电子流相同
- 在何种加速电压下保持总电流相同？
- 给出的指导步骤是1.0V

原因：

温度变化慢！电流示数浮动！

且气体温度随散射截面变化

似乎有规律



Why ?

从实验步骤入手：

在特定加速电压下，调完灯丝电压，从-0.4V开始测量此时电子较少，散射就少，总电流能维持与低温相同。

在从0V到散射截面最小值的区间内，气体温度是有一个在 $0+V$ 上升再随加速电压下降的过程的，所以灯丝温度比原来高，之后又在二分之一附近的加速电压下，到达与之前类似的温度。

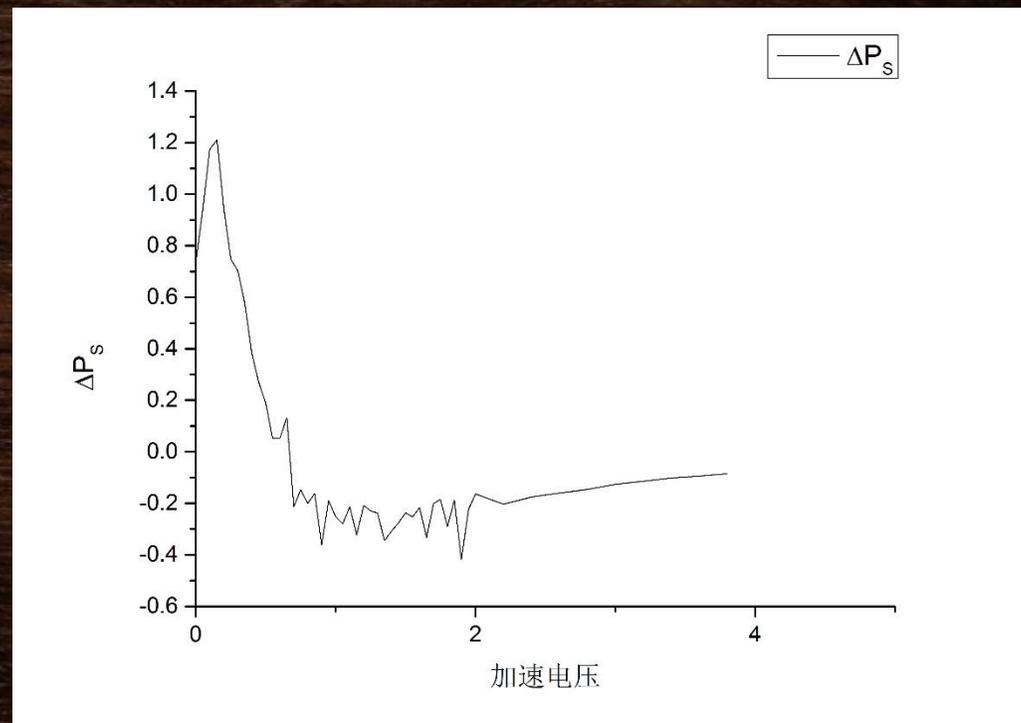
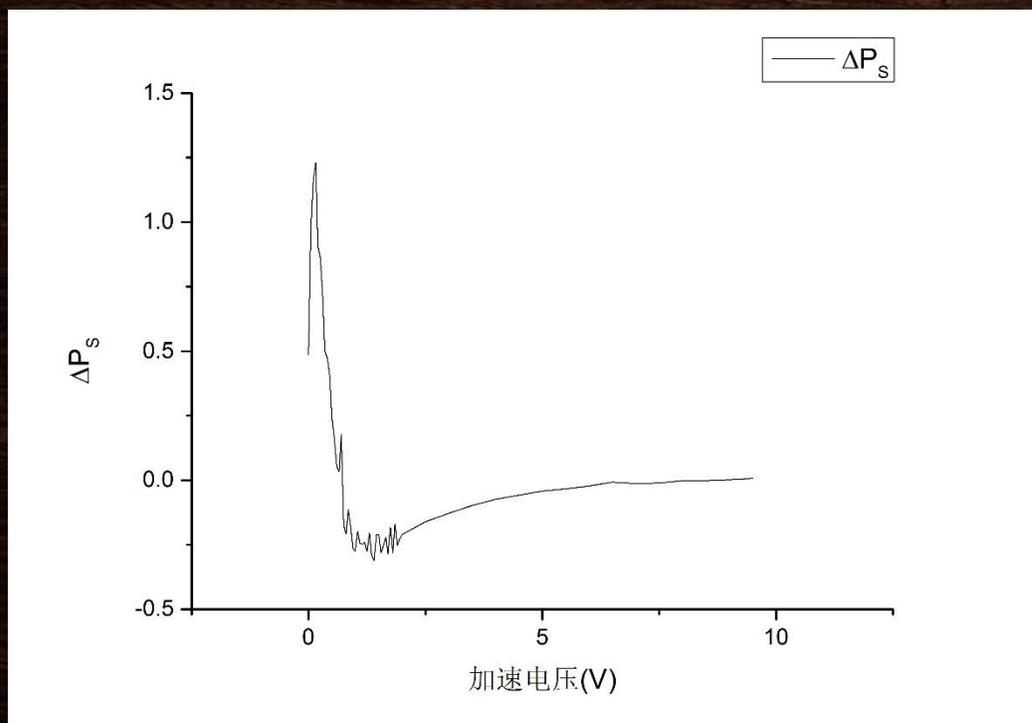
在2-10V加速电压范围内气体温度不断升高电子逸出有困难，就使总电流较小。

最终定量确定还需分析管内热平衡时的温度分布。

建议：加装温度计，测量时要保持灯丝温度稳定并且相同

散射截面的导数与总电流有相关性！

- 散射截面决定了气体碰撞数，也就决定了气体温度！



结论

- 测量了Xe散射截面关于入射电子速度的关系
- 量子力学与经典力学不同的结论
- 对一套仪器的解决方案提出了改进意见

谢谢观看！