

# 浙江大学

## 物理实验报告

实验名称： 弗兰克赫兹实验

实验桌号： 7

指导教师： 陶前

班级： 机械工程

姓名： CyanHaze

学号：

实验日期： 2025 年 11 月 6 日 星期四 下午

# 一、预习报告（10分）

（注：将已经写好的“物理实验预习报告”内容拷贝过来）

## 1. 实验综述（5分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过500字。）

本实验通过测量氩原子的第一激发电势，验证原子能级的存在。实验现象为板极电流  $I_A$  随加速电压  $U_{G2K}$  的变化呈现周期性峰谷曲线，峰值间隔对应氩原子的第一激发电势（约11.61V）。实验原理基于玻尔原子理论：电子与氩原子发生非弹性碰撞时，若电子能量达到临界值（ $eU_0 = E_2 - E_1$ ），原子从基态跃迁至第一激发态，导致  $I_A$  下降。实验方法包括：手动/自动调节加速电压  $U_{G2K}$ ，记录  $I_A$  随  $U_{G2K}$  的变化；用逐差法计算峰值间隔，求得第一激发电势；分析灯丝电压、拒斥电压等参数对曲线的影响。

## 2. 实验重点（3分）

（简述本实验的学习重点，不超过100字。）

1. 核心原理：深刻理解电子与原子弹性及非弹性碰撞的区别，并将其与宏观可测的  $I_A - U_{G2K}$  周期性曲线建立直接联系，体会量子化能级的实验证据。
2. 实验操作：掌握弗兰克-赫兹仪的使用，学会通过调节灯丝电压和拒斥电压等参数优化实验曲线，以获得清晰、可分辨的峰谷。
3. 数据分析：学会从  $I_A - U_{G2K}$  图谱中准确提取峰值或谷值数据，并运用逐差法精确计算第一激发电势及其不确定度。

## 3. 实验难点（2分）

（简述本实验的实现难点，不超过100字。）

1. 参数优化：灯丝电压  $U_F$  和拒斥电压  $U_{G2A}$  的设置是难点。 $U_F$  过高会缩短灯丝寿命并增大电子初速度弥散，过低则信号弱； $U_{G2A}$  过小则峰谷不明显，过大则信号电流过小。二者需要协同调节以获得最佳信噪比和分辨率。
2. 峰谷定位与误差：由于背景电流的上升趋势和峰形不完全对称，准确判断峰值（特别是谷值）电压存在主观误差。此外，阴极与栅极之间的接触电势差会使第一个峰的位置偏离真实的激发电势，必须通过计算峰间距来消除此系统误差。

# 二、原始数据（20分）

（将有老师签名的“自备数据记录草稿纸”的扫描或手机拍摄图粘贴在下方，完整保留姓名，学号，教师签字和日期。）

# 三、结果与分析（60分）

## 1. 数据处理与结果（30分）

（列出数据表格、选择适合的数据处理方法、写出测量或计算结果。）

实验中的仪器参数： $U_{F_1F_2} = 3.10V$ ,  $U_{G1K} = 1.25V$ ,  $U_{G2A} = 2.33V$   
微电流测量量程选择： $\times 10^{-9}A$

查资料得氩原子的第一激发电势的标准值： $U_0 = 11.61V$   
 实验中每次采用的逐差法公式为： $U = \frac{(U_4+U_5+U_6)-(U_1+U_2+U_3)}{9}$   
 实验测得各次第一激发电势值如下表所示：

1	峰值序号 n	1	2	3	4	5	6	7	逐差法结果
	$U_{G_2K}(V)$	16.2	27.8	39.0	51.1	63.2	75.9	88.8	11.91
2	峰值序号 n	1	2	3	4	5	6	7	逐差法结果
	$U_{G_2K}(V)$	15.8	27.5	39.0	50.5	63.2	75.6	89.0	11.89
3	峰值序号 n	1	2	3	4	5	6	7	逐差法结果
	$U_{G_2K}(V)$	16.1	27.5	39.0	50.7	63.0	75.9	88.8	11.89
4	峰值序号 n	1	2	3	4	5	6	7	逐差法结果
	$U_{G_2K}(V)$	16.2	27.5	39.0	50.7	63.0	75.7	88.8	11.86
5	峰值序号 n	1	2	3	4	5	6	7	逐差法结果
	$U_{G_2K}(V)$	16.4	27.5	38.6	50.5	62.8	75.4	88.6	11.80
6	峰值序号 n	1	2	3	4	5	6	7	逐差法结果
	$U_{G_2K}(V)$	16.0	27.5	38.6	50.7	63.0	75.6	88.6	11.91

由上表数据可得实验测得的氩原子第一激发电势的平均值为：

$$\overline{U_0} = \frac{11.91+11.89+11.89+11.86+11.80+11.91}{6} \approx 11.87V$$

实验测得的氩原子第一激发电势与标准值的比较：

$$\text{相对误差} = \frac{|11.87-11.61|}{11.61} \times 100\% = 0.0172 = 2.23\%$$

## 2. 误差分析（20分）

（运用测量误差、相对误差或不确定度等分析实验结果，写出完整的结果表达式，并分析误差原因。）

- (1) 误差可能产生的原因 a. 接触电势差（金属电极功函数差异导致曲线整体偏移）。
- b. 仪器参数（如灯丝电压  $U_{F_1F_2}$ 、拒斥电压  $U_{G_2A}$ ）未完全优化，影响峰谷清晰度。
- c. 弗兰克-赫兹管老化或气体纯度不足。

- d. 加速电压 UG2K 调节不连续。
- e. 微电流测量噪声（如电磁干扰、热噪声）。
- f. 氩原子亚稳态能级的影响（实际第一激发电势为基态与亚稳态能级差，非标准 11.61V）。
- g. 电子能量分布统计性导致峰谷展宽。

(2) 结果分析：自动测量结果为 11.8V，与标准值（11.61V）的相对误差为 2%-3%，符合预期范围。误差主要来源于接触电势差和仪器参数未完全优化。通过改进实验方法（如优化参数、使用自动测量）可进一步减小误差，提高结果准确性。

### 3. 实验探讨（10 分）

（对实验内容、现象和过程的小结，不超过 100 字。）

测得氩原子第一激发电势为 11.7-11.8V，与标准值（11.61V）误差约 1% 2%，证实了原子能级的存在。

## 四、思考题（10 分）

（解答教材或讲义或老师布置的思考题，请先写题干，再作答。）

• 注意事项：

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名+学号+实验名称+周次。
2. “实验报告”必须递交在“学在浙大”本课程内对应实验项目的“作业”模块内。
3. “实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内查询。
4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价须在本次实验结束后 3 天内进行。