

基础物理实验报告

弗兰克-赫兹实验

姓 名：仇 是

学 号：2200011630

指导教师姓名：王剑威

序 号：7 组 1 号

二〇二三年 11 月 21 日

一、数据处理

1.1 分别将 Hg 管和 Ar 管的测量结果列表，并标明测量条件

Hg 管的测量结果如下：

初始条件： $U_1 = 1.50V$ $U_3 = 2.00V$ $T = 176^\circ\text{C}$

如图所示，使用 Origin 软件导入实验数据，得到下图：

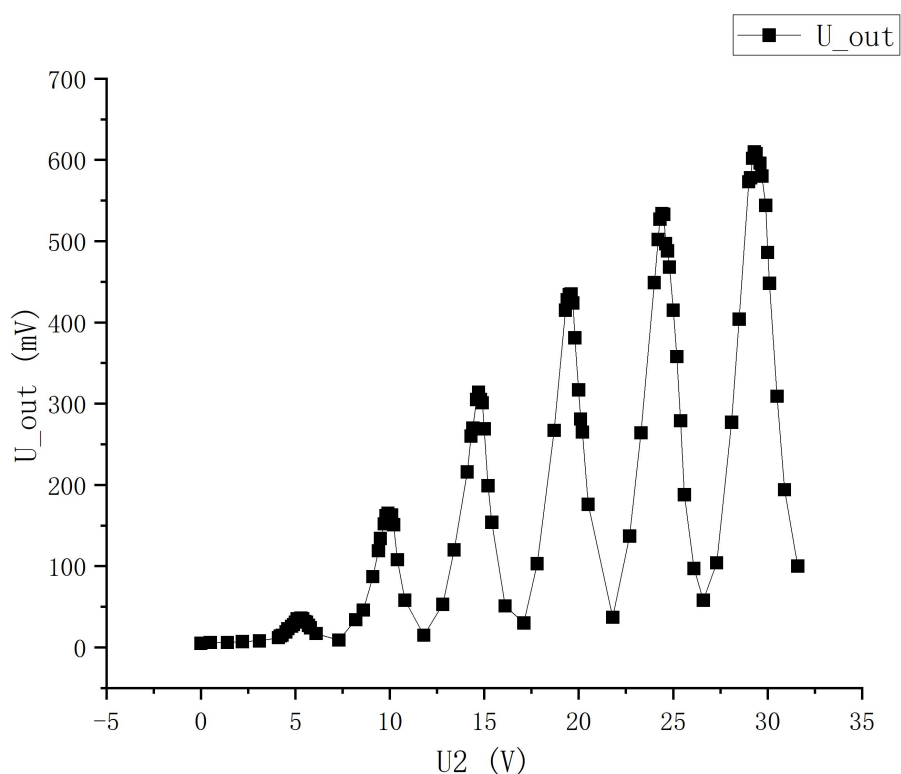


图 1. 汞管的 F-H 曲线

Ar 管的测量结果如下：

初始条件： $U_{HH} = 3.5V$, $U_{G2A} = 6.5V$, $U_{G1K} = 2.0V$, 微电流放大器选择 10^{-8} 档位。

如图所示，使用 Origin 软件导入实验数据，得到下图：

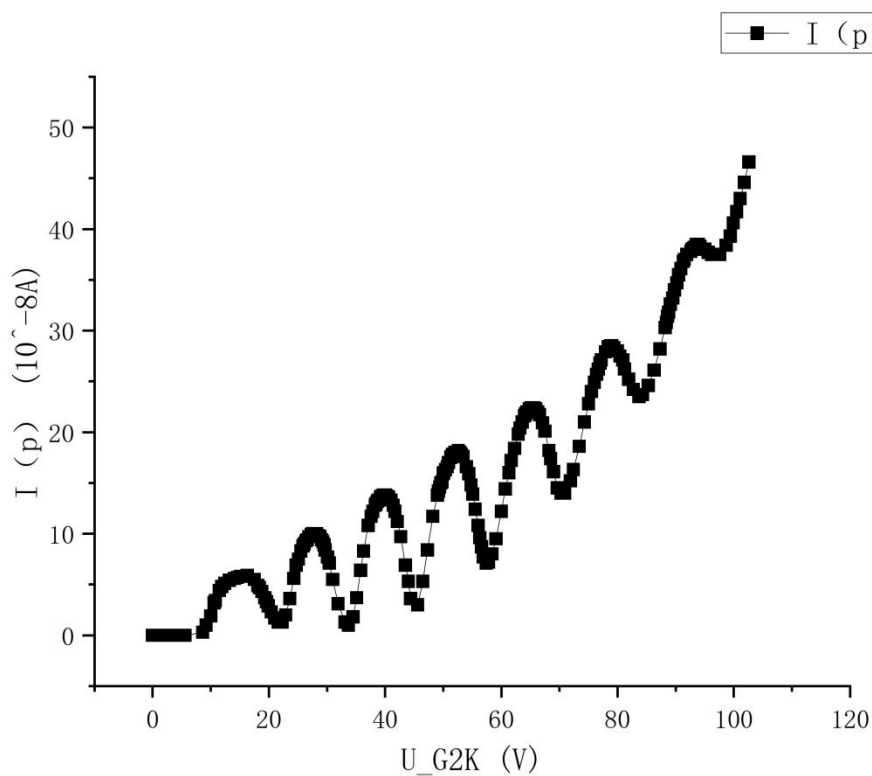


图 2. 氙管的 F-H 曲线

1.2 找到各个峰值对应的扫描电压，列表。计算汞管和氙管的第一激发电位和不确定度。

表 1. 汞管峰值对应扫描电压

峰序	1	2	3	4	5	6
U_2/V	5.3	9.9	14.7	19.6	24.4	29.3
U_{out}/mV	36	165	314	435	534	610

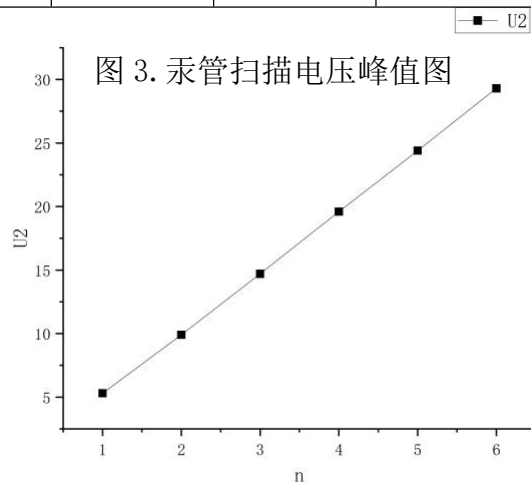


图 3. 汞管扫描电压峰值图

利用最小二乘法，以 n 为自变量，扫描电压为因变量，斜率 k 为

$$k = \frac{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2} = 4.83$$

故汞的第一激发电位 U 为

$$U = k = 4.83V$$

相关系数为

$$r = \frac{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^6 (y_i - \bar{y})^2}} = 0.9954$$

U 的随机误差部分为

$$\sigma_a = U \sqrt{\frac{1/r^2 - 1}{n - 2}} = 0.05V$$

$$\sigma_b = \frac{0.1V}{\sqrt{3} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = 0.014V$$

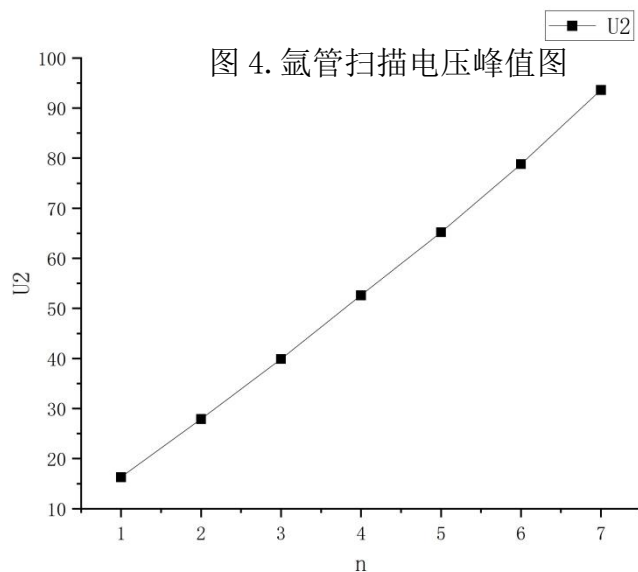
$$\sigma_{Hg1} = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2} = 0.05V$$

故汞的第一激发电位为

$$U_{Hg} = (4.83 \pm 0.05) V$$

表 2. 氩管峰值对应扫描电压

峰序	1	2	3	4	5	6	7
U_{G2K}/V	16.3	27.9	39.9	52.6	65.2	78.8	93.6
$I_p/10^{-8}A$	5.9	10.0	13.8	18.2	22.4	28.5	38.5



利用最小二乘法，以 n 为自变量，扫描电压为因变量，斜率 k 为

$$k = \frac{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2} = 12.82$$

故氩的第一激发电位 U 为

$$U = k = 12.82V$$

相关系数为

$$r = \frac{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^6 (y_i - \bar{y})^2}} = 0.9921$$

U 的随机误差部分为

$$\sigma_a = U \sqrt{\frac{1/r^2 - 1}{n - 2}} = 0.21V$$

$$\sigma_b = \frac{0.2V}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = 0.048V$$

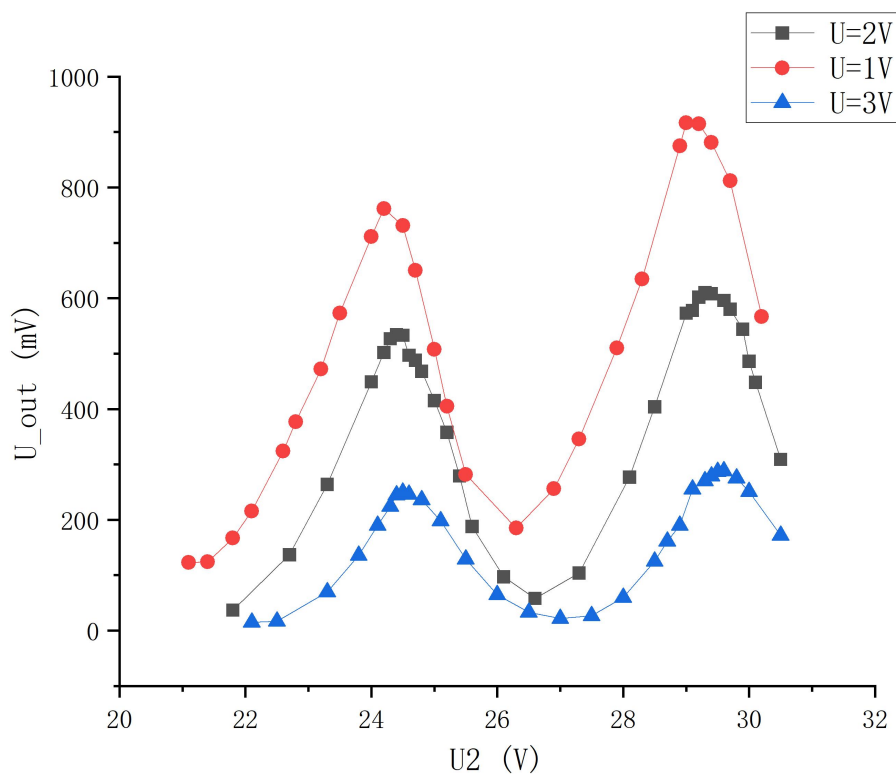
$$\sigma_{Ar1} = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2} = 0.21V$$

故氩第一激发电位为

$$U_{Ar} = (12.82 \pm 0.21) V$$

1.3 将不同反向电压下的测量结果列表，并作图。

如图所示，分别控制汞管电路反向电压为 1，2，3V，测得数据绘图如下：



二、思考题

2.1 改变减速电压对曲线有何影响？并用实验验证。

由图可知，减速电压减小后，到达极板的电子数量变多，电流增大，曲线因此向上移动。

峰值出现时的横坐标基本不变，峰值、谷值的间距也基本保持不变，这是由于改变减速电压不会改变激发态能量，因此只会改变曲线的高低，不会使曲线向左或向右移动。

三、分析与讨论

3.1 实验中测得的各种曲线有什么主要特征？如何理解？

随着加速电压增大，电流（或相应输出电压）产生周期性的峰谷值。相较而言，峰窄谷宽。

理解：当扫描电压增大时，电子的动能增大，能射向阳极的电子也增多，因此电流也增大。

由于原子的能级是量子化的，当电子的能量超过原子的激发态能量时，电子与原子发生非弹性碰撞，使原子基态跃迁到激发态，这时电子的动能减小，电流急剧减小。

随着电压增大，能够到达阳极的电子又逐渐增多，输出电流又会增大，周而复始，形成曲线所展示的周期型曲线。

3.2 分析测量第一激发电位时误差的主要来源

测量汞管时，体系稳定性差，读数误差较大，并且体系温度不稳定会影响汞蒸气的蒸气压。具体表现为：万用电表示数波动明显，很难产生准确值；经常出现峰值附近电压测量值不准确完全偏离曲线的状况，这些数据需要舍去。

在取点时不能无限精确，取点间隔会使峰值判断不准确，产生误差。具体表现为：实验器材的分度值为 0.1V，然而实验中很难在峰值附近按照 0.1V 的间隔进行测量，经常发生 0.1V 左右的误差偏移，这会导致峰值测量不准确。

四、收获与感想

在测量输出电流时，需要提前粗测各峰值位置。如有大致峰值范围（精度在 1V 左右），则可以控制峰值间疏化取点，峰值附近密集取点，有助于提高图像的准确率以及峰值估计的精确度。

实验器材不确定度不可忽略。两次测量发现峰值偏移在 0.2V 左右；其次峰值输出电流也会有一定的不准确性。不过相对弗兰克-赫兹实验本身，这些误差对于总体结果影响不大。不过需要尤其注意合理删除一些异常点，否则会导致图像曲线拟合不成功。