

弗兰克-赫兹实验 实验报告

计 42 李晓涵

双一晚 II 07 桌 简要报告

学号：2014011297

一、 实验目的

1. 用实验的方法测定汞或氩原子的第一激发电位，从而证明原子分立态的存在。
2. 练习使用微机控制的实验数据采集系统。

二、 数据处理

1. 根据 I_p-U_a 曲线，计算氩原子第一激发电位

编号	1	2	3	4	5	6
电压值 U/V	17.45	28.93	40.24	52.40	65.07	77.48

(1) 采用逐差法处理数据：

$$\overline{U_g} = \frac{(U_4 - U_1) + (U_5 - U_2) + (U_6 - U_3)}{3 \times 3} = 12.037V$$

$$S_{3U_g} = \sqrt{\frac{(U_6 - U_3 - 3\overline{U_g})^2 + (U_5 - U_2 - 3\overline{U_g})^2 + (U_4 - U_1 - 3\overline{U_g})^2}{3 - 1}} = 1.358$$

$$\Delta_{\text{仪}} = 0.1\%U_g + 0.1 = 0.112037V$$

$$\Delta_{3U_g} = \sqrt{\left(\frac{t_p(n-1)}{\sqrt{n}} S_{3\overline{U_g}}\right)^2 + \left(\sqrt{2}\Delta_{\text{仪}}\right)^2} = \sqrt{2.48^2 \times 1.358^2 + 2 \times 0.113^2} = 3.37V$$

$$\Delta_{U_g} = 1.123V$$

综上： $U_g = (12.04 \pm 1.12)V$

(2) 用最小二乘法处理数据:

$y = a + bx$, $x=1,2,\dots,6$, y 为电压

计算可知:

$$a = 4.855$$

$$b = 12.021$$

$$r = 0.999545608$$

$$U_g = b = 12.021V$$

$$\frac{S_b}{b} = \sqrt{\frac{\frac{1}{r^2} - 1}{n - 2}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{0.999545608^2} - 1}{6 - 2}} \approx 0$$

$$S_b = 0.01508 \times 12.021 = 0.18128V$$

$$\Delta_{\text{仪}} = 0.112037V$$

$$\Delta b = \sqrt{S_b^2 + \Delta_{\text{仪}}^2} = 0.18V$$

综上: $U_g = (12.02 \pm 0.18)V$

(3) 计算波长

由 $h\nu = eU_g$ 得:

$$\nu = \frac{eU_g}{h} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 12.0}{6.63 \times 10^{-34}} = 2.90 \times 10^{15} Hz$$

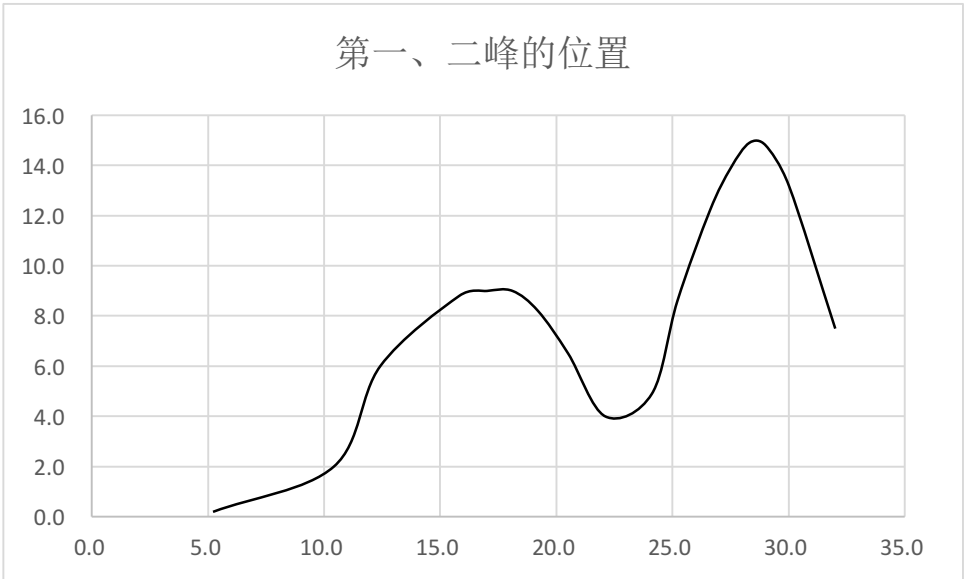
$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \times 10^8}{2.90 \times 10^{15}} = 1.034 \times 10^{-7} m$$

$$\Delta_\lambda = \frac{ch}{e} \sqrt{\left(\frac{\Delta_{U_g}}{U_g^2}\right)^2} = \frac{3 \times 10^8 \times 6.63 \times 10^{-34}}{1.6 \times 10^{-19}} \times \frac{1.123}{12.0} = 1.686 nm$$

综上: $\lambda = (103.4 \pm 1.7) nm$

2. 第一、二峰的位置

Ua (V)	5.2	10.4	12.4	15.8	17.0	18.1	19.2	20.5
Ip (uA)	0.2	2.0	6.0	8.8	9.0	9.0	8.2	6.5
22.1	24.1	25.2	26.6	27.5	28.3	29.0	30.0	32.0
4.0	4.9	8.6	12.2	13.9	14.9	14.8	13.2	7.5

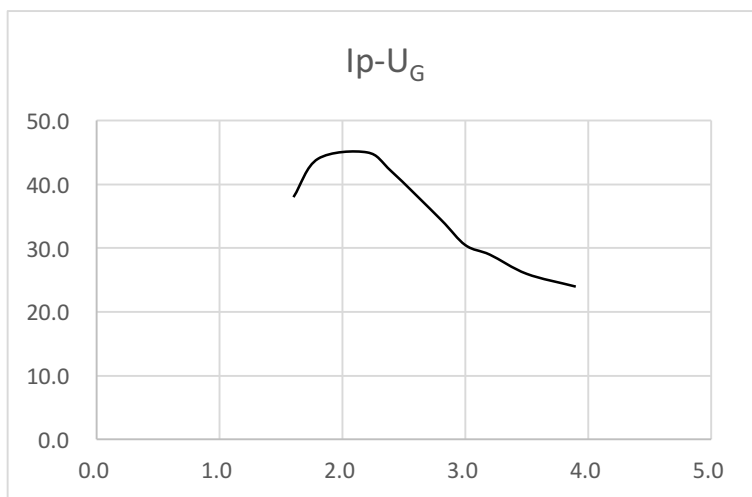


3. 定量研究 U_f 、 U_G 、 U_R 对 I_p 的影响，并定性分析

(1) U_G 的影响：

$U_f = 2.20V$ ； $U_R = 6.7V$ ； $U_a = 40.0V$ ；

$U_G(V)$	1.6	1.8	2.2	2.4	2.8	3.0	3.2	3.5	3.9
$I_p(uA)$	38.0	44.0	45.0	42.0	34.5	30.5	29.0	26.0	24.0



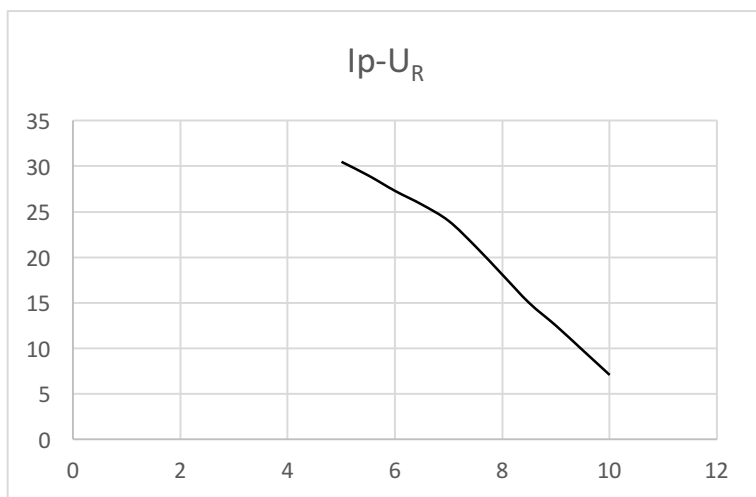
随着 U_G 的增大， I_p 先增大后减小。

定性解释： U_G 提供的是栅极 $G1$ 与阴极 K 之间的电压，栅极 $G1$ 的主要作用是消除空间电荷对阴极电子发射的影响，使发射的电子进入加速电场，故在一定条件下 U_G 越大，进入加速电场的电子能量越大，到达 P 极的电子也越多，电流越大。但是当 U_G 过大时，很多电子的能量超过了第一激发点位，将一部分能量传递给原子，故电流又呈下降趋势。

(2) U_R 的影响:

$$U_f = 2.20V; U_G = 3.7V; U_a = 40.0V;$$

$U_R(V)$	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
$I_p(uA)$	30.5	29.0	27.3	25.8	24.0	21.2	18.1	15.0	12.5	9.8	7.1



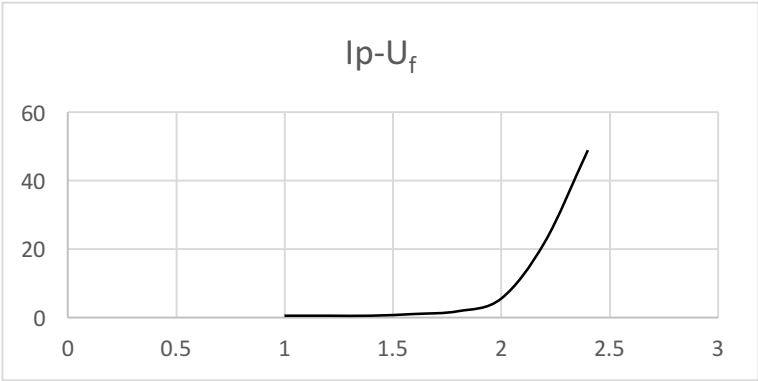
随着 U_R 的增大, I_p 减小。

定性解释: U_R 提供电子到达极板前的拒斥场, 筛选那些能量大于 eU_R 的电子到达极板。在其他条件都相同的情况下, U_R 越大, 拒斥场越强, 能够到达极板的电子就越少, 故电流减小。

(3) U_f 的影响:

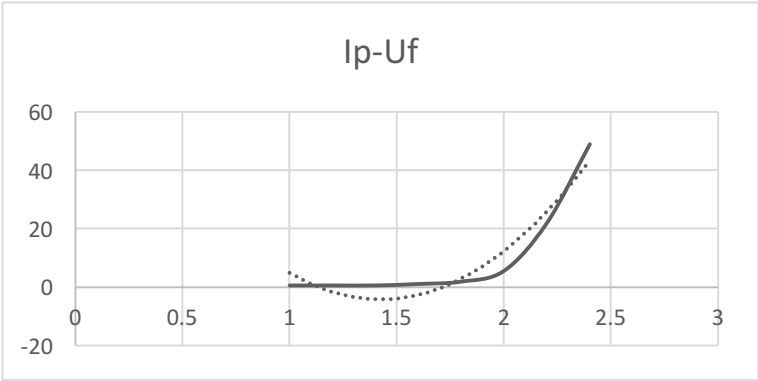
$U_R = 7.5V; U_G = 3.7V; U_a = 40.0V;$

$U_f(V)$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
$I_p(uA)$	0.5	0.5	0.5	1.0	1.8	5.5	21.9	48.9



随着 U_f 的增大, I_p 先缓慢增大, 后急剧增大。

定性解释: U_f 提供的灯丝 FF 的加热电压, 电压越大, 灯丝温度越高, 阴极温度也越高, 发射的电子越多, 在其他条件相同的情况下, 到达 P 极板的电子也越多, 电流越大。电压与产热是二次关系, 不是线性, 用二次函数趋势线拟合上述曲线得下图:



考虑到其他环境因素、仪器精确度误差, 大致可以认为二次函数关系可信。

三、 思考题

1.为什么 I_p - U_a 呈周期性变化

答：加速电压 U_a 到达于 Ar 原子的第一激发电压之前，电子与原子不能发生碰撞，电子没有能量损失，所以加速电压越大，电子到达的越多，电流越大。到达第一激发电压后，栅极 G_2 附近电子与 Ar 原子发生非弹性碰撞，能量传递给 Ar 原子，电子损失能量，不能够越过 U_R 产生的拒斥场，使得到达极板的电子数目减少，所以电流开始下降。继续增加 U_a ，电子在 Ar 原子碰撞后还能在到达 G_2 前加速到足够的能量，克服拒斥场的阻力而到达极板 P，这是电流又开始回升。直到 G_2 与 K 之间的电压为 $2U_g$ 时，电子在 G_2 附近又会因第二次非弹性碰撞而失去能量，并且受拒斥场的作用不能到达极板， I_p 再次下降。同理，随 U_a 增加，电子会 Ar 原子发生第三次、第四次……非弹性碰撞，从而造成 U_a - I_p 曲线的周期性变化。

2.拒斥电压 U_R 增大时， I_p 如何变化？

答： U_R 提供电子到达极板前的拒斥场，筛选那些能量大于 eU_R 的电子到达极板。在其他条件都相同的情况下， U_R 越大，拒斥场越强，能够到达极板的电子就越少，故 I_p 减小。

3.灯丝电压 U_f 改变时，弗兰克—赫兹管内什么参量发生变化？

答： U_f 改变时，阴极附近温度变化，发射的电子数目也变化。

4.炉温的大小直接影响管内的什么参量？

答：炉温直接影响管内发射的电子数目。炉温越大，发射的电子数目越多。

四、 实验收获

实验装置设计的十分巧妙，利用曲线的周期性变化，“放大”了原子分立态，使我能够直观地感受这个微观的物理事实。但是曲线的平滑性又告诉我们，这种测量手段的精确度是有限的，我们对微观世界的理解还应当有更多更精确的实验支持。