

教师签字

总成绩

## 实验(42) 夫兰克-赫兹实验

## 一. 实验目的

测定氩原子的第一激发电位, 证明原子能级的存在。

## 二. 实验原理

根据玻尔理论, 原子只能处于一系列不连续的能量状态。这些状态具有分立的确定的能量值, 称为定态。原子从一个定态过渡到另一个定态称为跃迁。跃迁伴随着辐射或吸收电磁波。电磁波的频率 $\nu$ 可由发生跃迁的二定态能量 $E_m$ 、 $E_n$ 确定, 它们之间的关系为 $h\nu = E_m - E_n$ , 式中 $h$ 为普朗克常数。原子在正常的情况下处于基态, 当原子吸收电磁波或受到其他有足够能量的粒子碰撞时, 可由基态跃迁到能量较高的激发态。从基态跃迁到第一激发态所需的能量为临界能量。

夫兰克-赫兹管放在常温中, 管中氩为气态。电子由热阴极 $K$ 发出, 在 $K$ 与栅极 $G_1$ 和 $G_2$ 之间外加电压。在电场力的作用下, 电子在 $KG_2$ 空间加速运动。在 $G_2$ 与阳极 $P$ 之间加一较小的反向电压 $U_{pG_2}$ , 此电压使电子受到阻力, 通常称此电压为拒斥电压。当电子由 $KG_2$ 空间进入 $G_2P$ 空间时, 如果电子的能量足够大, 电子就能冲过拒斥电场达到阳极 $P$ , 形成阳极电流。如果有些电子在 $KG_2$ 空间与氩原子发生了碰撞, 并把自己的一部分能量交给氩原子, 电子所剩的动能就可能很少, 这类电子就不能越过拒斥电场区 $G_2P$ , 达不到阳极 $P$ , 不能形成阳极电流。如果这类电子很多, 微电流计中的电流将显著下降。

## 三. 实验主要步骤或操作要点

(实验装置图见下页)

## 1. 准备工作

(1) 连线

(2) 打开电源, 预热 20~30 分钟。

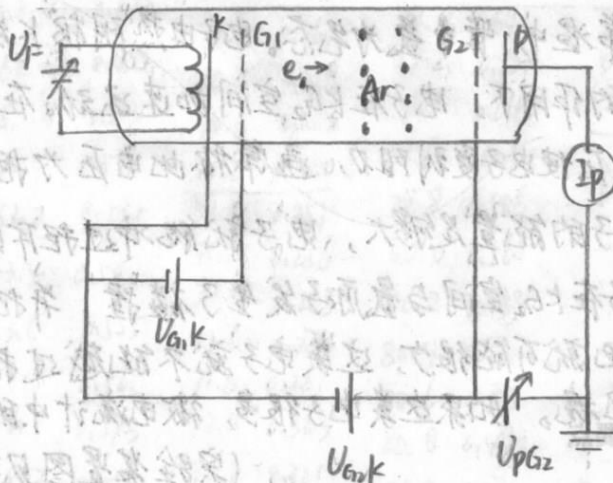
(3) 检查开机后的初始状态, 确认仪器工作正常。

## 2. 手动测试

- (1) 设置成“手动”状态。
- (2) 按下相应电流量程表  $I_A$  电流量程
- (3) 设定  $V_f$ ,  $V_{G1K}$ ,  $V_{G2A}$ .
- (4) 按下“启动”和“ $V_{G1K}$ ”键, 实验开始。

## 3. 自动测量.

- (1) 设置成“自动”状态。
- (2) 设定  $V_f$ ,  $V_{G1K}$ ,  $V_{G2A}$ ,  $V_{G1K}$ .
- (3) 按“启动”键。
- (4) 自动测试结束后, 改变  $V_{G1K}$  的值。
- (5) 依据数据作出  $I_A - V_{G1K}$  图像, 计算第一激发电位。



基本装置图

#### 四. 实验数据

##### 手动测量

(10 <sup>-7</sup> A) 波峰	0.166	0.250	0.354	0.476	0.595	0.690
(V) 电压	20.8	31.0	42.2	53.4	65.2	77.2
(10 <sup>-7</sup> A) 波谷	0.150	0.160	0.163	0.189	0.250	0.342
(V) 电压	24.0	35.8	47.4	59.0	70.8	83.0

##### 自动测量

(10 <sup>-7</sup> A) 波峰	0.185	0.261	0.351	0.472	0.616	0.758
(V) 电压	20.8	31.0	42.0	53.4	65.2	77.2
(10 <sup>-7</sup> A) 波谷	0.168	0.168	0.167	0.196	0.268	0.383
(V) 电压	23.8	35.8	47.2	59.0	70.8	83.0

##### 参数设置

电流量程	1μA
灯丝电源电压	3.2V
U <sub>G1K</sub> 电压	2.0V
U <sub>G2A</sub> 电压	8.0V
U <sub>G3K</sub> 电压	82V

#### 五. 数据处理

##### 手动测量

$$U_{\text{激}} = \Delta \bar{U} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} [(59.0 - 24.0) + (70.8 - 35.8) + (83.0 - 47.4)]$$

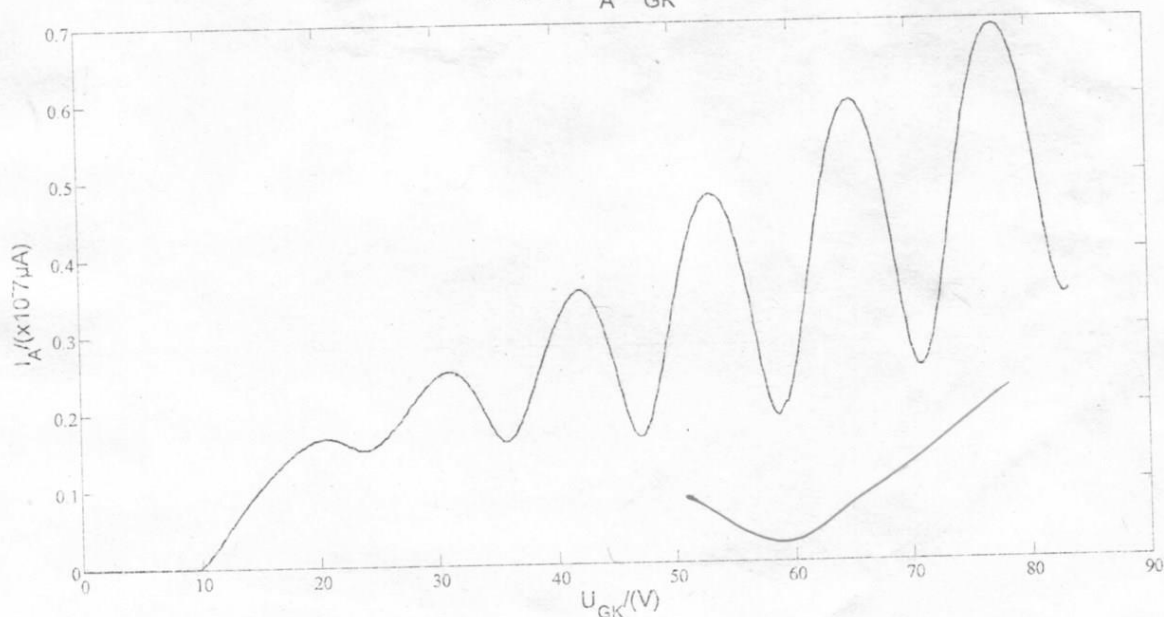
$$= 11.7 \text{ V}$$

##### 自动测量

$$U_{\text{激}} = \Delta \bar{U} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} [(59.0 - 23.8) + (70.8 - 35.8) + (83.0 - 47.2)]$$

$$\approx 11.8 \text{ V}$$

手动测量  $I_A - U_{GK}$  曲线



注：该曲线由本人及同组人共同绘制。

$$[(1.454 - 0.58) + (8.78 - 8.07) + (0.45 - 0.92)] \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \bar{\Delta} = 1.1$$

$$V 5.11 =$$

$$[(1.454 - 0.58) + (8.78 - 8.07) + (0.45 - 0.92)] \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \bar{\Delta} = 1.1$$

$$V 8.11 =$$



## 六. 实验结论及现象分析

实验结论：通过手动测量和自动测量可以得到氩原子的第一激发电位为  $11.7V$ ，并且由此证明了原子能级的存在。

现象分析：在手动和自动测量中，开始时的电流示数为0，当电压逐渐增大到一定值时，电流示数发生变化（原因是开始时设定了拒斥电压  $U_{GR}$ ，而且管子电极间存在接触电位差，且开始时到达P极的电子较少，所以在开始一段内无电流示数），之后电流值经历了多次波峰和波谷，且每一个波谷之间的差为  $11.7V$ 。因为氩原子第一激发电位为  $11.7V$ ，电子与氩原子发生一次或多次碰撞。波谷的产生是因为电子与氩原子碰撞的谷值接近P板，使电子碰撞后能量减小，无法到达极板，出现电流最小值。

总结：通过现象分析可以看出，原子激发不同状态需要吸收能量，且能量不连续。

## 七. 讨论问题

思考题：Ar 的电离能为十几个 eV，为什么  $U_{GR}$  大于这个值时测量到的是 Ar 的第一激发电位，而不是电离电位。

答：由于在实验中，氩原子的蒸汽压调节到了一个合理的范围，使得电子的平均自由程变得很短，在所加的电压范围内电子碰撞前积累的能量不会使碰撞的氩原子电离，当电子达到一定能量后与氩原子发生非弹性碰撞后再经过电场获得能量，这一反复行为在碰撞前积累的能量始终小于氩原子电离能，所以测到的 Ar 的第一激发电位，而不是电离电位。