

实验报告

④

课程名称: 物理实验B 实验名称: 弗兰克—赫兹实验 实验日期: 2024 年 10 月 26 日下午
班 级: 63012318 教学班级: 07152301 学 号: 1120232535 姓 名: 汪慧宁

一、实验目的

通过弗兰克—赫兹实验证明原子能级(分立态)的存在。

二、实验原理

当原子受外界作用而从一个稳定态过渡到另一个稳定态时,就能吸收或放出一定频率的电磁波:

$$h\nu = E_n - E_m.$$

式中, E_n 、 E_m 分别为第 n 、 m 激发态, h 为普朗克常数。

原理如图 25-1 所示。弗兰克—赫兹管是四极管,内充满氩气。本实验用慢电子碰撞 Ar 原子以证明原子能级的。电子从热阴极发出,阴极 K 和第二栅极 G_2 之间的加速电压 U_{G_2K} 使电子加速,并能穿过第二栅极的栅网。在板极 P 和第二栅极 G_2 间有减速电压 U_{G_2P} 。若电子能量较大,就能克服 U_{G_2P} 到达板极,形成板极电流 I_p 。实验的主要工作是观察在一定的加速电压控制下, I_p 变化情况。

当 U_{G_2K} 渐增时,若原子能级存在,就能观察到如图 25-2 所示的 $U_{G_2K} - I_p$ 规则变化曲线。该曲线反应了 Ar 原子在 K- G_2 空间与电子进行能量交换的情形。当 $U_{G_2K} = nU_0$ 时,板流 I_p 都出现极小值。相邻两个极小值对应 U_{G_2K} 之差为原子第一激发电位 U_0 。

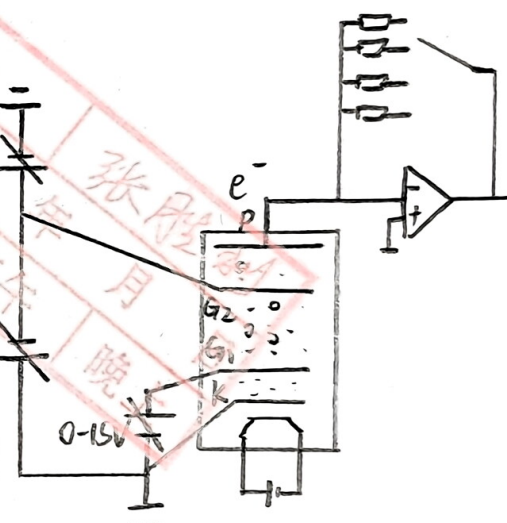


图 25-1.

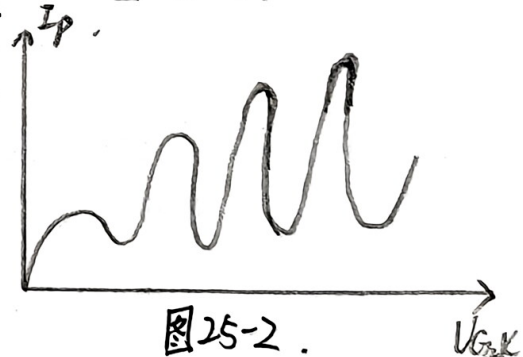


图 25-2.

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

三、实验内容与步骤

1. 预热

实验前将量程置于 10^{-6} 挡, 所有电位器逆时针转到头, 使各挡电压分别降至最小。开电源, 将电压选择开关置于 V_{G1K} 挡并调节(1.5V左右), 再拨到 V_{G2P} 并调节(7.5V左右)。预热F-H管3min后观测。

2. 观测

(1) 示波器置于X-Y工作方式。X轴放大倍率 V/div 置于 $0.2V/div$, Y轴置于 $20mV/div$ 或 $50mV/div$ 。把X、Y轴放大倍率定标, 即微调旋钮置于CAL(标准)处。此时, X、Y轴实际放大倍率才准确等于指示值。X、Y轴的“AC/DC”选择开关置于DC处。

(2) 将F-H实验仪的输出端与示波器对应输入端相连。调节后面板上增益调节旋钮, 使屏上水平扫描线迹恰为10格, 相当于 $100V$ 。

(3) 将“选择”开关置于示波器挡将“电压”选择开关置于 V_F 挡, 慢调。一旦发现几个波峰增长^转过快时, 微减 V_F , 至波形稳定。

(4) 分别读出6个波谷对应电压, 用逐差法求 V_0 。示波器纵轴代表 I_p , 读数时记录格数即可。

3. 手动观测

先用示波器观测F-H曲线, 调出最佳 V_F 。将“选择”放于手动, 电压选择开关拨至“加速电压”, 慢调。调出第一个峰值时, 记 I_p 、 V_{G2K} , 再测 $V_{G2K} \pm 2V$ 两点; 加 V_{G2K} , 调第一谷值时, 记 I_p 、 V_{G2L} , 再测 $V_{G2L} \pm 2V$ 两点。共测6峰6谷, 记F-H实验仪 L 、 V 值, 作图, 求 V_0 。

4. 加速电压波形

观察示波器方式下F-H管第二栅极上加速电压波形, 测幅度、频率。此时示波器用Y-t方式。
注: 实验后, V_F 调至最小, 再关电源。

联系方式: _____

指导教师签字: _____



原始数据

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

1. 示波器方式:

波谷	1	2	3	4	5	6
$I_p(\mu A)$	1	0.6	0.5	0.9 0.6	0.9	1.4
$V_{G2k}(V)$	21	33	46	59	71	84

2. 手动记录:

	主	峰1	右	主	谷1	右
$I(\mu A)$	58	91	77	53	29	66
$V_{G2k}(V)$	13.3	15.3	17.3	19.2	21.2	23.2

	主	峰2	右	主	谷2	右
$I(\mu A)$	85	113	96	39	15	64
$V_{G2k}(V)$	24.7	26.7	28.7	30.8	32.8	34.8

	主	峰3	右	主	谷3	右
$I(\mu A)$	102	133	105	50	8	46
$V_{G2k}(V)$	36.4	38.4	40.4	41.9	43.9	45.9

	主	峰4	右	主	谷4	右
$I(\mu A)$	109	142	114	48	9	46
$V_{G2k}(V)$	48.3	50.3	52.3	54.2	56.2	58.2

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

	主	峰5	右	主	峰5	右
$I(\mu A)$	114	145	119	58	28	53
$V_{G2k}(V)$	60.8	62.8	64.8	66.8	68.8	70.8
	主	峰6	右	主	峰6	右
$I(\mu A)$	122	145	122	80	55	70
$V_{G2k}(V)$	73.9	75.9	77.9	79.8	81.8	83.8

联系方式: _____

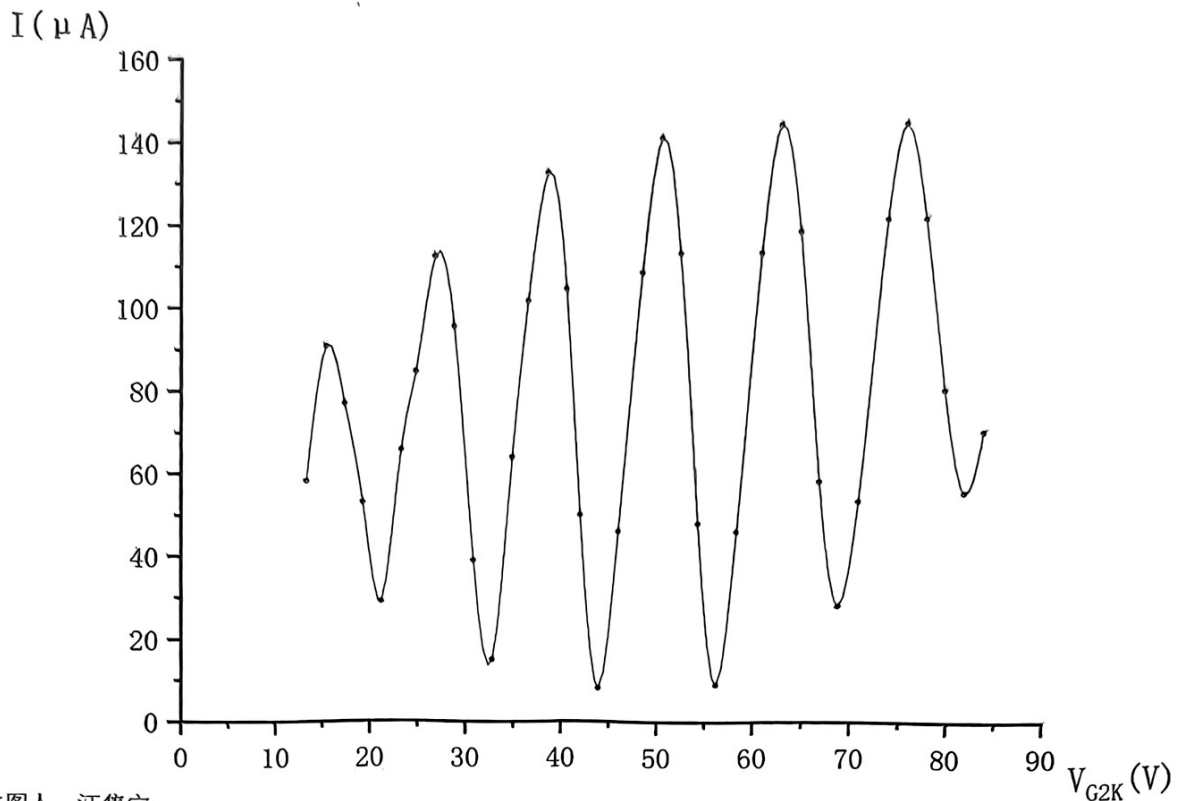
指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____



作图人: 汪隽宁
作图日期: 2024. 10. 28

图1 手动方式观测下的F-H实验曲线

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



姓名: 汪隽宁 学号: 1120232535

实验时间: 10月26日 授课教师: 张胜利

1. 利用示波器法所测6个波谷的电压值计算出第一激发电位的计算结果为 12.7(0.6) 伏特。要有不确定度计算。主要计算过程为:

逐差法求第一激发电位:

$$U_0 = \frac{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (U_{0i+1} - U_{0i})}{3} = \frac{(59-21) + (71-33) + (84-46)}{9}$$

$$= \frac{12.7(0.6)V}{1} = 12.667V$$

$$u(U_0) = \frac{\Delta V_{G2K}}{k} = \frac{1}{1.645} = 0.6V$$

则 Ar 原子第一激发电位 $U_0 = 12.7(0.6)V$

2. 费兰克赫兹曲线请另附坐标纸作图。利用手动法所测数据中的6个波谷的电压值计算出第一激发电位的计算结果为 12.08(0.06) 伏特。要有不确定度计算。主要计算过程为:

$$u(U_0) = \frac{\Delta V_{G2K}}{k} = \frac{0.1}{1.645} = 0.06V$$

$$U = \frac{1}{2} \left[\frac{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (U_{峰i+3} - U_{峰i})}{3} + \frac{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (U_{谷i+3} - U_{谷i})}{3} \right]$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{9} \times [(50.3-15.3) + (62.8-26.7) + (75.9-38.4) + (56.2-21.2) + (68.8-32.8) + (81.8-43.9)]$$

$$= 12.08(0.06)V$$

则 Ar 原子第一激发电位 $U_0 = 12.08(0.06)V$

根据阴极发射电子的速度分布解释 I_p 峰顶的形状? 若假设所有的电子初速度都为0, 则 I_p 下降时, 是否会垂直下降? 并画出此时 F-H 曲线?

3. 思考题 (教材第3题)。

答: ① 解释 I_p 峰顶的形状:

电子从阴极发射出时的速度不同, 分布在一定区间内, 电子有初动能 $E_{k0} = \frac{1}{2}mv^2$, 经 V_{G2K} 电压, 电子具有的能量 $E = E_{k0} + eV_{G2K}$ 。当 E 达 Ar 原子跃迁值时, 电子把能量传给 Ar 原子, 从而 E 减少而无法到达板极, 电流下降。而正是由于电子间 E_{k0} 不同, 使 E 达到 Ar 原子能级跃迁所需 V_{G2K} 不同, 导致一部分电子能量达 E 时将能量给 Ar 原子时, 另一部分电子由于能量小于 E 不与 Ar 原子能量交换, 从而有足够动能达板极, 形成电流。故 I_p 峰顶形状较平缓。

② 会垂直下降: 由①知 $V_0 = 0$ 时, 所有电子至 E_0 所需 V_{G2K} 一致, 当 V_{G2K} 达特定值时, 所有电子与 Ar 原子均交换能量, 而电流因此垂直下降。

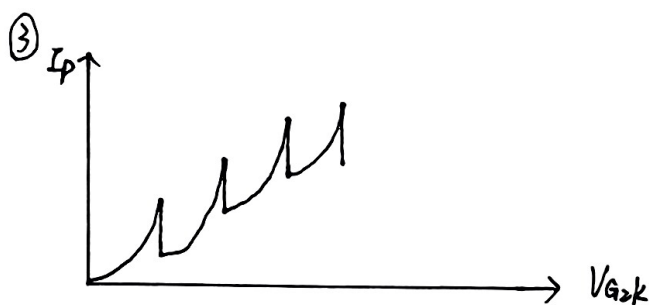


图2 所有电子初速度为0时的F-H曲线

