

实验报告

4
12.11.11

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 9 月 28 日 上午
班 级: 07112304 教学班级: 学 号: 12023329 姓 名: 陈墨菲

实验: 弗兰克-赫兹实验

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。

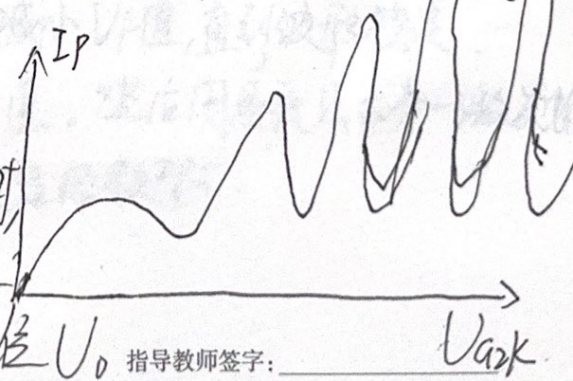
二、实验原理

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,就吸收或放出一定频率的电磁波:

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

实验原理如图所示。弗兰克-赫兹管是一种四极管,内部充满氩气。本实验是用慢电子碰撞氩原子来证明原子能级的。电子从热阴极发出,阴极K和第二栅极G₂之间的加速电压 U_{a2k} 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G₂之间加有减速电压 U_{a2p} 。如果电子的能量较大,就能克服 U_{a2p} 到达板极,形成板极电流 I_p 。实验的主要工作就是观察在一定的加速电压控制下,板流的变化情况。

当 U_{a2k} 电压逐渐增加时,如果原子能级确实存在,就能观察到如图所示的 $U_{a2k} - I_p$ 规律性曲线。该曲线反映了原子在K-G₂之间与电子进行能量交换的情形。当 $U_{a2k} = nU_0$ 时,板流都会出现极大值,相邻的两个极大值对应的 U_{a2k} 差就等于原子的第一激发电位 U_0 。



联系方式:

指导教师签字:

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 实验内容和步骤

1. 预热

实验前将量程置于 10^{-6} 档,所有电位器都逆时针旋转到头,使得各档电压分别降低到最小值。然后开电源,将电压选择开关置于 V_{G1K} 挡并适当调节(一般为 $1.5V$ 左右),再拨到 V_{G1} 挡并调节(一般 $7.5V$ 左右)。预热 $F-H$ 管 $3min$ 后开始观测。

2. 观测

(1)将示波器置于 $X-Y$ 工作方式。 X 轴的放大倍率旋钮 V/div 置于 $0.2V/div$ 。 Y 轴的放大倍率 V/div 可置于 $20mV/div$ 或 $50mV/div$ 。然后把 X 轴和 Y 轴放大倍率定标,即微调旋钮置于 CAL (校准)处。这时, X 轴和 Y 轴的实际放大倍率才等于旋钮指示值。 X 轴和 Y 轴的 AC/DC 选择开关置于 DC 处。

(2)将 $F-H$ 实验仪的输出端与波器对应的输入端连接。调节面板处的增益调节旋钮使屏上的水平扫描线正好为 $1cm$,相当于 $100V$ 。

(3)将"选择"开关置于示波器并将"电压"选择开关置于 V_{G1} 挡并缓慢调节。一旦发现几个波峰增长较快时,再微微减小 V_F 值,直到波形稳定。

(4)分别读出 6 (或 5)个波谷对应的电压值。然后用逐差法求第一级发射示波器的纵轴代表板极电流,读数时记录格数即可。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

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

3. 手动方式观测

先用示波器方式观测 $F-t$ 曲线, 调出最佳的灯丝电压。然后将“选择”开关置于手动挡, 电压选择开关拨到“加速电压”位置, 缓慢调节加速电压旋钮。调出第一个峰值时, 记录 I_p 和 V_{G2k} , 再测该点附近的 $V_{G2k} \pm 2V$ 的两个点; 然后增大 V_{G2k} , 调出第二个谷值时, 记录 I_p 和 V_{G2k} , 再测该点附近的 $V_{G2k} \pm 2V$ 的两个点。共测 6 (或 5) 个峰值和 6 (或 5) 个谷值。记录 $F-t$ 实验仪上的电流和电压值。

作出 $F-t$ 实验曲线, 并求出第一级发电压。

4. 加速电压波形

观测示波器方式 $F-t$ 第二栅极上加速电压的波形, 测量其幅度和频率。注意此时示波器应改用 $Y-t$ 方式。

注意: 实验完毕后将灯丝电压 V_F 逆时针

联系方式: _____

指导教师签字: _____

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

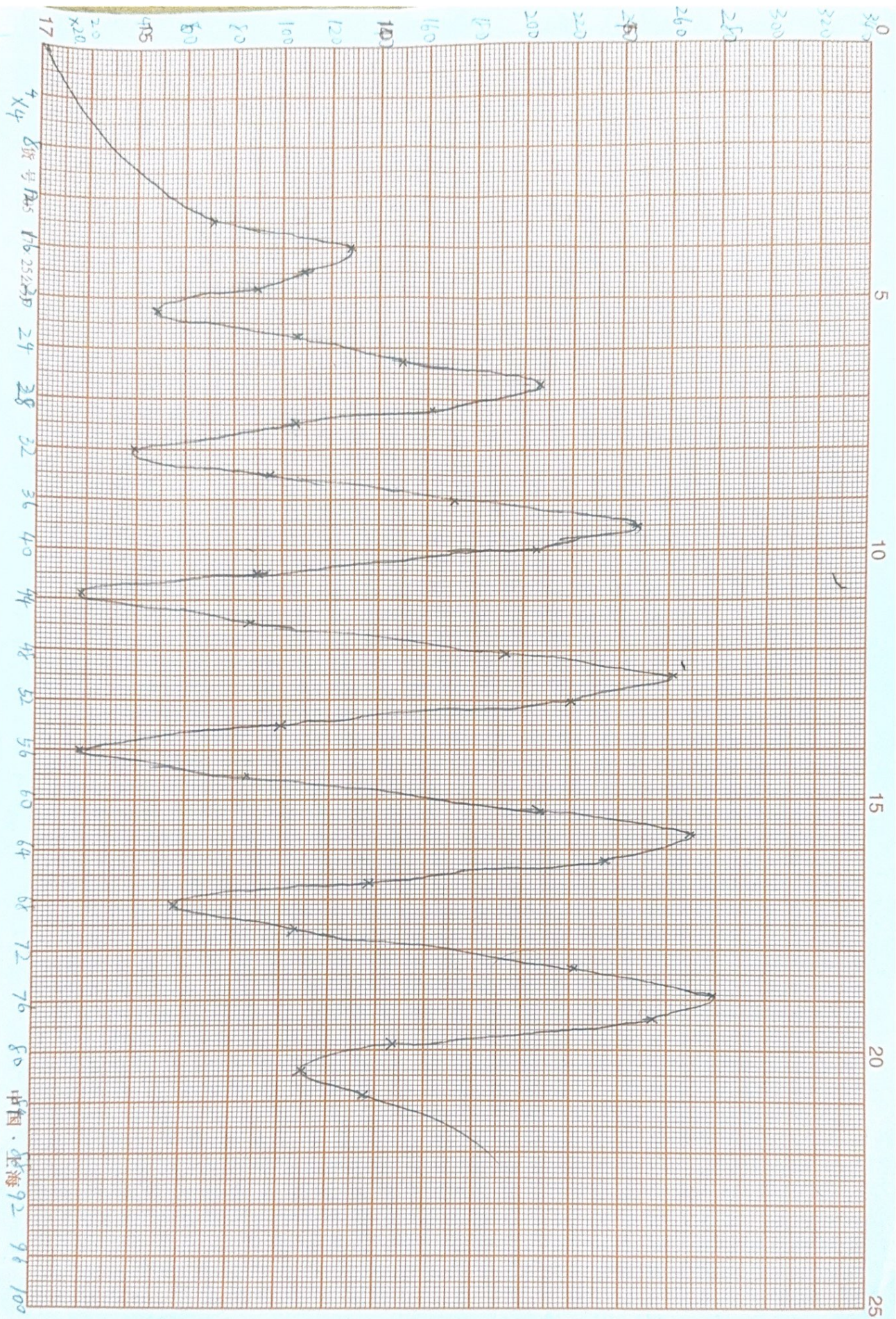
波 形	1	2	3	4-5	6
$I_p/\mu A$	2.2	1.4	1.1	1.3	2.0
V_{pk}/V	22	34	46	59	71
				84	

2. 手动记录

	左	峰	右	左	谷	右
$I/\mu A$	71	137	109	90	48	108
V_{pk}/V	13.9	15.9	17.9	19.3	21.3	23.3
I	149	207	162	105	39	94
V_{pk}	24.9	26.9	28.9	30.0	32.0	34.0
I	1.72	246	205	90	18	90
V_{pk}	36.1	38.1	40.1	41.8	43.8	45.8
I	194	263	220	100	19	86
V_{pk}	48.1	50.1	52.1	54.0	56.0	58.0
I	207	270	227	117	56	106
V_{pk}	60.7	62.7	64.7	66.7	68.7	70.7
I	223	279	245	167	110	135
V_{pk}	73.7	75.7	77.7	79.6	81.6	83.6

联系方式: _____

指导教师签字: _____



弗兰克赫兹实验数据结果答题卡

姓名: 陈圣杰 学号: 1120233329

实验时间: 9月28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 12.4(0.7) 伏特。要有不确定度计算。主要计算过程为:

$$U_0 = \frac{1}{3} \frac{(V_{a2k4} - V_{a2k1}) + (V_{a2k5} - V_{a2k2}) + (V_{a2k6} - V_{a2k3})}{3}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} [(V_{a2k4} + V_{a2k5} + V_{a2k6}) - (V_{a2k1} + V_{a2k2} + V_{a2k3})]$$

$$= 12.4444 \text{ V}$$

$$U_A = S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{5 \times (5-1)}} = 0.2449 \text{ (其中 } x_i \text{ 为 } V_{a2k} \text{ 两两的差值)}$$

$$U_B = \frac{\Delta V_{a2k}}{K} = 0.6079$$

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 0.6554 \approx 0.7$$

$$\text{得 } U_0 = 12.4(0.7) \text{ V}$$

2. 弗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 12.1(0.7) 伏特。要有不确定度计算。主要计算过程为:

$$U_0' = \frac{1}{3} \frac{(V_{a2k4}' - V_{a2k1}') + (V_{a2k5}' - V_{a2k2}') + (V_{a2k6}' - V_{a2k3}')}{3}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} [(V_{a2k4}' + V_{a2k5}' + V_{a2k6}') - (V_{a2k1}' + V_{a2k2}' + V_{a2k3}')]]$$

$$= 12.1333 \text{ V}$$

$$U_A' = S_x' = \sqrt{\frac{\sum (x_i' - \bar{x}')^2}{5 \times (5-1)}} = 0.3906 \text{ (其中 } x_i' \text{ 为 } V_{a2k}' \text{ 两两的差值)}$$

$$U_B' = \frac{\Delta V_{a2k}}{K} = 0.6079$$

$$U_C' = \sqrt{U_A'^2 + U_B'^2} = 0.7225 \approx 0.7$$

$$\text{得 } U_0' = 12.1(0.7) \text{ V}$$

3. 思考题 (教材第3题)。

① 当电子通过栅极间的加速电场时, 其获得的能量与加速电压成正比, 产生一定的速度分布。

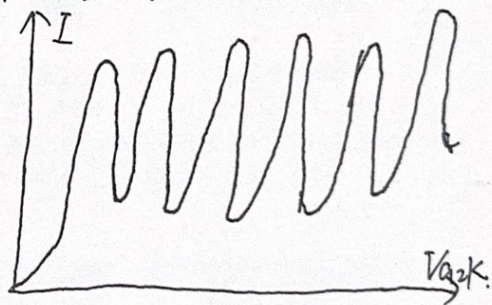
如果电子的能量达到或超过氩原子的第一激发电位 eU_0 , 电子与氩原子发生非弹性碰撞。

随着加速电压增加, 电流 I_p 先上升, 随着电压继续增加, 电子能量达到 eU_0 并发生非弹性碰撞, I_p 又会减小, 但随着加速电压进一步增加, I_p 又上升, 直到达到 $2eU_0$ 又下降, 依次类推。

② 假设所有电子初速度均为0, I_p 下降时也不会完全垂直下降, 电子能量分布依然会因为热运动等其他随机因素而有一定宽度, 但垂直程度

度仍会因为电子能量分布的变窄而增加。

F-H曲线



实验二十五 弗兰克—赫兹实验

(原始数据可以用空白纸记录)

1. 示波器方式: (测连续 6 个波谷加速电压值)

波谷	1	2	3	4	5	6
I_p (格)	2.2	1.4	1.1	1.3	2.0	3.0
V_{G2K} (V)	22	34	46	59	71	84

$\Delta V_{G2K} = 1 \text{ V}$, 包含因子 $k = 1.645$. 用逐差法计算第一激发电位, 并正确表达结果:

2. 手动记录: (连续 6 个波峰和波谷、及峰谷两侧 $\pm 2 \text{ V}$ 的加速电压和板级电流值)

	左	峰 1	右	左	谷 1	右
I (μA)	71	137	109	90	48	108
V_{G2K} (V)	13.9	15.9	17.9	19.3	21.3	23.3
	左	峰 2	右	左	谷 2	右
I (μA)	149	207	162	105	39	94
V_{G2K} (V)	24.9	26.9	28.9	30.0	32.0	34.0
	左	峰 3	右	左	谷 3	右
I (μA)	172	246	205	90	18	86 45.8
V_{G2K} (V)	36.1	38.1	40.1	41.8	43.8	86 45.8
	左	峰 4	右	左	谷 4	右
I (μA)	194	263	220	100	19	86
V_{G2K} (V)	48.1	50.1	52.1	54.0	56.0	58.0
	左	峰 5	右	左	谷 5	右
I (μA)	207	270	227	117	56	106
V_{G2K} (V)	60.7	62.7	64.7	66.7	68.7	70.7
	左	峰 6	右	左	谷 6	右
I (μA)	223	279	245	169	110	135
V_{G2K} (V)	73.7	75.7	77.7	79.6	81.6	83.6

$\Delta V_{G2K} = 0.1 \text{ V}$, 包含因子 $k = 1.645$.

用坐标纸作图; 用逐差法计算第一激发电位; 写出主要计算过程; 正确表达结果;

思考题: 第 3 题。