

实验报告

③

课程名称: 实验名称: 弗兰克-赫兹实验 实验日期: 2023 年 10 月 22 日下午
班级: 07162201 教学班级: 学号: 1120220508 姓名: 郭忠滨

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

$$h\nu = E_n - E_m$$

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

实验原理如图 25-1 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 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。在栅极 P 和第二栅极 G_2 之间加有减速电压 U_{G_2P} 。如果电子的能量较大,能克服 U_{G_2P} 到达栅极,形成栅极电流 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_{G_2K} 电压逐渐增加时,如果原子能级确实存在,就能观察到如图 2 所示的 $U_{G_2K}-I_P$ 规则变化曲线。该曲线反映了氩原子在 $K-G_2$ 间与电子进行能量交换的情形。当 $U_{G_2K} = nU_0$ 时,板流都会出现极小值。相邻的两个极小值对应的 U_{G_2K} 的差就等于原子的第一激发电位 U_0 。

三、实验内容与步骤

1. 预热

实验将量程置于 10^{-6} 档,所有电位器都逆时针转到头,使得各挡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_{G_2K} 挡并适当调节(一般为 1.5V 左右),再拨到 V_{G_2P} 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 轴放大倍率定标器微调旋钮置于“CAL”(校准)处,这时, X、Y 轴的实际放大倍率才准确等于旋钮指示值。

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: _____

X轴和Y轴的: AC \perp DC" 选择开关都置于DC处

(2) 将F-H实验仪的输出端与示波器的对应输入端连接。调节后面板上的增益调节旋钮,使屏上的水平扫描线痕迹正好为10格,相当于100V。

(3) 将选择开关置于示波器档 将“电压”选择开关置于 V_F 档并缓慢调节。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激发电位。示波器的纵轴代表栅极电流,读数时记录格数即可。

3. 手动方式观测

先用示波器方式观测F-H曲线,调出最佳的灯丝电压 V_F ,然后将“选择”开关置于手动档,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} ,调出另一个谷值时,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-H实验仪上的电流和电压值。

作出F-H实验曲线,并求出第一激发电位。

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:实验完后将灯丝电压 V_F 逆时针调到最小,再关电源

四、思考题

1. 在减速电压 $V_{G2p} = 0$ 时,能否记录到 I_p 的有规则起伏?
2. 分析F-H曲线第三个波谷处,F-H管中电子与氩原子发生非弹性碰撞的位置
3. 手动方式和示波器方式,第二栅极上的电压变化者有什么特点?

原始数据

作业纸

课程名称: _____

班级: _____

教学班级: _____

姓名: _____

学号: _____

第 页

1. 用示波器观测

波谷	1	2	3	4	5	6
I_p (格)	1.6	0.8	0.4	0.3	0.4	0.9
$V_{G2k}(V)$	22.2	34	46	58	72	84

2. 手动记录

	左	峰1	右
I (NA)	141	172	156
$V_{G2k}(V)$	16.8	18.7	20.7

	左	峰2	右
I (NA)	297	340	270
$V_{G2k}(V)$	27.0	29.0	31.0

	左	峰3	右
I (NA)	374	451	358
$V_{G2k}(V)$	37.8	39.8	41.8

	左	峰4	右
I (NA)	416	509	400
$V_{G2k}(V)$	49.5	51.5	53.5

	左	峰5	右
I (NA)	464	553	436
$V_{G2k}(V)$	61.7	63.7	65.7

	左	峰6	右
I (NA)	508	594	475
$V_{G2k}(V)$	74.5	76.5	78.5

	左	谷1	右
	167	139	200
	20.9	22.8	24.8

	左	谷2	右
	202	111	232
	31.9	33.9	35.9

	左	谷3	右
	202	76	232
	43.2	45.2	47.2

	左	谷4	右
	172	76	227
	59.2	57.2	59.2

	左	谷5	右
	228	100	220
	67.3	69.3	71.3

	左	谷6	右
	308	199	284
	80.1	82.1	84.1

联系方式: _____

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)	1.6	0.8	0.4	0.3	0.4	0.9
V_{G2K} (V)	22	34	46	58	72	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)	141	172	156	167	139	200
V_{G2K} (V)	16.8	18.7	20.7	20.9	22.8	24.8
	左	峰 2	右	左	谷 2	右
I (μA)	297	340	270	202	111	232
V_{G2K} (V)	27.0	29.0	31.0	31.9	33.9	35.9
	左	峰 3	右	左	谷 3	右
I (μA)	374	451	358	202	76	232
V_{G2K} (V)	37.8	39.8	41.8	43.2	45.2	47.2
	左	峰 4	右	左	谷 4	右
I (μA)	416	509	400	172	76	227
V_{G2K} (V)	49.5	51.5	53.5	55.2	57.2	59.2
	左	峰 5	右	左	谷 5	右
I (μA)	464	553	436	228	100	220
V_{G2K} (V)	61.7	63.7	65.7	67.3	69.3	71.3
	左	峰 6	右	左	谷 6	右
I (μA)	508	594	475	308	199	284
V_{G2K} (V)	74.5	76.5	78.5	80.1	82.1	84.1

$\Delta V_{G2K} = 0.1 \text{ V}$, 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。

弗兰克赫兹实验数据结果答题卡

姓名: 郭志滨 学号: 1120220508

实验时间: 10月22日 授课教师: 张胜利

1. 利用示波器测6个波谷的电压值计算出第一激发电位的计算结果为 12.44 伏特。要有不确定度计算。主要计算过程为:

$$U = \frac{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (U_{i+3} - U_i)}{3} = \frac{58.72 + 58.72 - 22.34 - 46.66}{9}$$

$$= 12.44 \text{ V}$$

$$U(V) = \frac{1}{1.645} = 0.61 \text{ V}$$

$$U = 12.44 (0.61) \text{ V}$$

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 11.72 伏特。要有不确定度计算。主要计算过程为:

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

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{1}{9} (76.5 + 63.7 + 51.5 - 18.7 - 29.0 - 39.8) \right.$$

$$\left. + \frac{1}{9} (82.1 + 69.3 + 57.2 - 22.8 - 33.9 - 45.2) \right]$$

$$= 11.72 \text{ V}$$

$$U(V) = \frac{0.1}{1.645} = 0.06$$

$$U = 11.72 (0.06) \text{ V}$$

3. 思考题 (教材第3题), 其中弗兰克赫兹曲线自选选择是否在坐标纸上绘图。

① 解释 I_p 峰顶的形状

电子在发射出时, 在某一速度 V_0 附近分布最多。当速度为 V_0 的电子经过 $V_{0,k}$ 加速达 E_0 时, 使氢原子跃迁, 会导致电流宏观上的减小, 由于此时仍有速度不为 $0V_0$ 的电子没有达到能量 E_0 , 不与氢原子交换能量而打到阳极上, 故电流不会突然减小, 而是由较平缓逐渐减小, 对应到峰顶较平滑的形状。

② 会垂直下降, 由①知当所有电子初速度为 0 时, 每个电子达到 E_0 所需的 $V_{0,k}$ 均一致。当 $V_{0,k}$ 达到特定值时, 所有电子恰好均能与氢原子交换能量, 而在 $V_{0,k}$ 左右没有附合条件的电子, 就造成电流骤降, 即垂直下降。但不是所有电子均会与氢原子碰撞并交换能量, 故电流不会降为 0 。

