

实验报告

⑤

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 弗兰克-赫兹实验 实验日期: 2024 年 10 月 13 日 上午

班级: 张胜利班

教学班级:

页数: 1/7

座号: 5

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 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。在板极 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, 就能克服 U_{G_2P} 到达极板, 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_{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25-2所示的 $U_{G_2K} - I_p$ 规则变化曲线。该曲线反映了氩原子在 $K - G_2$ 空间与电子进行能量交换的情形。当 $U_{G_2K} = nU_0$ 时, 板流就会出现极小值。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 。

联系方式:

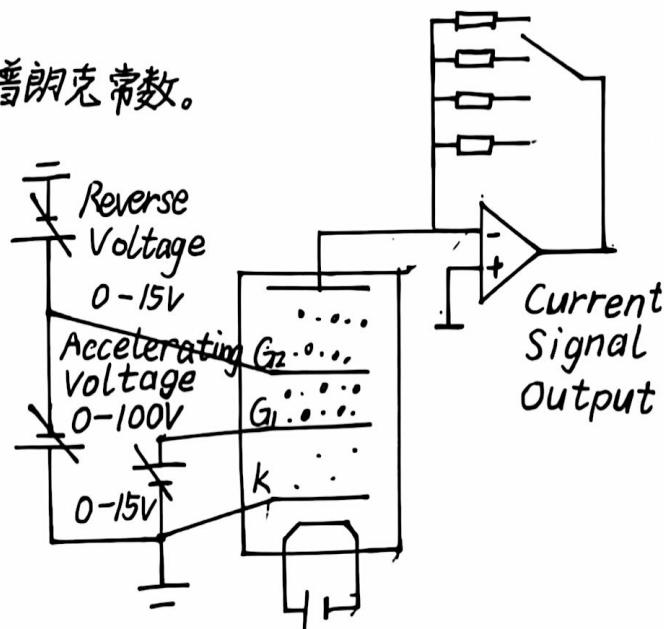


图25-1 Schematic Diagram for Frank-Hertz Experiment

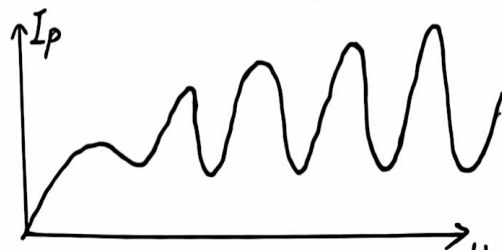


图25-2 V-I Characteristic Curve in F-H Experiment
指导教师签字:

实验报告

(5)

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 弗兰克-赫兹实验 实验日期: 2024 年 10 月 13 日 上午
班 级: 张胜利班 教学班级:

页 数: 2/7

座 号: 5

三、实验内容与步骤

1. 预热

实验前将量程置于 10^{-6} 挡,所有电位器都逆时针旋转到头,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_{G1k} 挡并适当调节(一般为1.5V左右),再拨到 V_{G2p} 挡并调节(一般7.5V左右)。预热F-H管3min后开始预测。

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准确等于旋钮指示值。X轴和Y轴的“AC/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径迹正好为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。示波器的纵轴代表板极电流,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。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

⑤

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 弗兰克-赫兹实验 实验日期: 2024 年 10 月 13 日 上午

班 级: 张胜利班 教学班级: XXXXXXXXXX

页 数: 3/7

座 号: 5

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,测量其幅度与频率。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管中电子与氢原子发生非弹性碰撞的位置。
3. 根据阴极发射电子的速度分布来解释 I_p 峰顶的形状?若假设所有的电子的初速度都为零,那么 I_p 在下降时,是否会垂直下降?并画出此时的F-H曲线?
4. 手动方式和示波器方式,第二栅极上的电压变化各有什么特点?

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

⑤

课程名称: 物理实验金BII 实验名称: 弗兰克-赫兹实验 实验日期: 2024 年 10 月 13 日上午

班级: 07112303 教学班级: 张胜利班

页数: 4/7
原始数据: 上午 / 下午 / 晚上
1. 示波器方式:

座号: 5

波谷	1	2	3	4	5	6
I_p (格)	0.7	0.5 0.6	0.6	0.7	1.0	1.9
V_{G2k} (V)	19	31	42 44	53 56	68	80

2. 手动记录

	左	峰1	右	左	谷1	右
I (mA)	150	187	174	127	71	119
V_{G2k} (V)	12.1	14.1	16.1	17.9	19.9	21.9
	左	峰2	右	左	谷2	右
I (mA)	187	225	204	117	44	98
V_{G2k} (V)	23.5	25.5	27.5	29.5	31.5	33.5
	左	峰3	右	左	谷3	右
I (mA)	213	264	296	108	39	112
V_{G2k} (V)	35.4	37.4	39.4	41.8	43.8	45.8
	左	峰4	右	左	谷4	右
I (mA)	260	305	269	144	69	142
V_{G2k} (V)	48.1	50.1	52.1	54.2	56.2	58.2
	左	峰5	右	左	谷5	右
I (mA)	315	356	313	203	140	195
V_{G2k} (V)	61.1	63.1	65.1	67.1	69.1	71.1
	左	峰6	右	左	谷6	右
I (mA)	401	425	400	334	273	322
V_{G2k} (V)	74.6	76.6	78.6	80.4	82.4	84.4

联系方式:

指导教师签字:

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)	0.7	0.5	0.6	0.7	1.0	1.9
V_{G2K} (V)	19	31	44	56	68	80

 $\Delta V_{G2K} = 1 \text{ V}$, 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)	150	187	174	127	71	119
V_{G2K} (V)	12.1	14.1	16.1	17.9	19.9	21.9
	左	峰2	右	左	谷2	右
I (μA)	187	225	204	117	44	98
V_{G2K} (V)	23.5	25.5	27.5	29.5	31.5	33.5
	左	峰3	右	左	谷3	右
I (μA)	213	264	246	108	39	112
V_{G2K} (V)	35.4	37.4	39.4	41.8	43.8	45.8
	左	峰4	右	左	谷4	右
I (μA)	260	305	269	144	69	142
V_{G2K} (V)	48.1	50.1	52.1	54.2	56.2	58.2
	左	峰5	右	左	谷5	右
I (μA)	315	356	313	203	140	195
V_{G2K} (V)	61.1	63.1	65.1	67.1	69.1	71.1
	左	峰6	右	左	谷6	右
I (μA)	401	425	400	334	273	322
V_{G2K} (V)	74.6	76.6	78.6	80.4	82.4	84.4

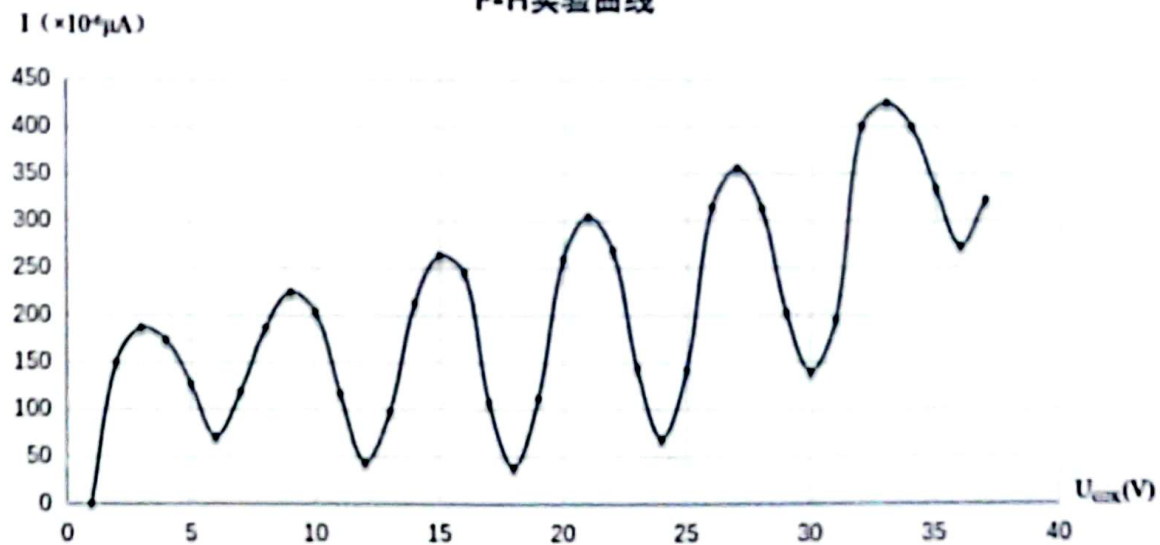
 $\Delta V_{G2K} = 0.1 \text{ V}$, 包含因子 $k = 1.645$.

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。

斯克-赫兹实验

F-H实验曲线



页数: 7/7

实验时间: 10月13日 上午 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 12.2(0.6) 伏特。要有不确定度计算。主要计算过程为:

解: 利用逐差法计算:

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^6 V_{G2ki} - \sum_{i=1}^3 V_{G2ki}}{3 \times 3} = 12.22(V)$$

$$U_A(\bar{U}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (V_{G2ki+3} - V_{G2ki} - \bar{U})^2}{3 \times 2}} = 0.1925$$

$$U_B(\bar{U}) = \frac{\Delta V_{G2k}}{K} = \frac{1}{1.645} = 0.6079$$

$$U_C(\bar{U}) = \sqrt{U_A^2(\bar{U}) + U_B^2(\bar{U})} = 0.6376$$

故最终结果: $\bar{U} = 12.2(0.6)V$

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 12.5(0.4) 伏特。要有不确定度计算。主要计算过程为:

解: 利用逐差法计算:

$$\bar{U} = \frac{1}{2} \left[\frac{\sum_{i=1}^3 (V_{G2ki+3} - V_{G2ki})}{3 \times 3} + \frac{\sum_{i=1}^3 (V_{G2ki+3} - V_{G2ki})}{3 \times 3} \right]$$

$$= 12.517(V)$$

$$U_A(\bar{U}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (V_{G2ki+3} - V_{G2ki} - \bar{U})^2 + (V_{G2ki+3} - V_{G2ki} - \bar{U})^2}{6 \times 5}}$$

$$= 0.4162$$

$$U_B(\bar{U}) = \frac{\Delta V_{G2k}}{K} = \frac{0.1}{1.645} = 0.0608$$

$$U_C(\bar{U}) = \sqrt{U_A^2(\bar{U}) + U_B^2(\bar{U})} = 0.4206$$

故最终结果: $\bar{U} = 12.5(0.4)V$

3. 思考题 (教材第3题)。

①: 解释 I_p 峰顶形状: 并

1. 电子从阴极发射, 受第二栅极电压作用加速, 各电子速度不一致, 分布于一速度区间内。随后, 电子在管中与氢原子碰撞, 当电子能量达到氢原子跃迁值时, 电子会把能量传递给氢原子, 此时电子能量减少, 无法到达极板。极板所测电流大小与到达极板电子所具有的能量之和成正比。以上是实验原理的全过程。

2. 当增大 U_{G2k} 时, 电子的能量总体上会增加, 因此我们可以看到 F-H 曲线具有上升的趋势。各波峰 ^{能量} 电流值具有上升趋势。

然而, 考虑到电子与氢原子的碰撞速度区间内 ^{能量} 大于氢原子跃迁所需能量的一部分电子会损失能量, 无法到达极板。到达极板时能量很小, 这更导致了 F-H 曲线在部分电压附近电流会下降。因此便形成了 F-H 曲线的波峰。

3. 波峰形状尖锐与否与电子速度分布是否集中有关, 分布越集中, 就会有越多电子同时到达阈值, 减少的能量就越多, 波峰就越尖锐。

② 假设电子初速度为 0:

此时电子能量仅与第二栅极电压有关, 故所有电子能量相等, 速度相等, 速度分布最集中。由①解释可知, 所有电子将同时到达阈值, 故 I_p 会垂直下降。

③: F-H 曲线如下:

