

天津大学物理实验报告

信息 学院 2013 年级 通信 专业 四 班 姓名 何青 成绩 95

实验日期: 2015.4.8 学号 201320424 同组实验者

实验题目: 弗兰克-赫兹实验

一、实验目的

1. 弗兰克-赫兹管中电子和汞原子的能量交换过程。
2. 测量汞原子第一激发电位的方法。
3. 为什么说弗兰克-赫兹实验为玻尔的原子理论提供了有力的证据?

二、实验仪器

弗兰克-赫兹管(简称F-H管)、加热炉、温控装置、F-H管电源组、扫描电源和微电流放大器、微机X-Y记录仪。

三、实验原理

玻尔的原子理论指出: ① 原子只能处于一些不连续的能量状态 E_1, E_2, \dots 处在这些状态的原子是稳定的, 称为定态。原子的能量不论通过什么方式发生改变, 只能是使原子从一个定态跃迁到另一个定态; ② 原子从一个定态跃迁到另一个定态时, 它将发射或吸收辐射的频率是一定的。如果用 E_m 和 E_n 分别代表原子的两个定态的能量, 则发射或吸收辐射的频率由以下关系决定: $h\nu = |E_m - E_n|$ 式中: h 为普朗克常量。

原子从低能级向高能级跃迁, 也可以通过具有一定能量的电子与原子相碰撞进行能量交换来实现。本实验即让电子在真空中与汞原子相碰撞。设汞原子的基态能量为 E_1 , 第一激发态的能量为 E_2 , 从基态跃迁到第一激发态所需的能量就是 $E_2 - E_1$ 。初速度为零的电子在电压差为 U 的加速电场作用下具有能量 eU 。若 eU 小于 $E_2 - E_1$, 这能量, 则电子与汞原子只能发生弹性碰撞, 二者之间没有能量转移。当电子的能量 $eU \geq E_2 - E_1$ 时电子与汞原子

天津大学物理实验报告

附 页

子就会发生非弹性碰撞, 汞原子将从电子的能量中吸收相当于 $E_2 - E_1$ 的那一份, 使电子从基态跃迁到第一激发态, 而多余的部分仍留给电子。设使电子具有 $E_2 - E_1$ 能量所需加速电场的电压差 U_0 , 则 $eU_0 = E_2 - E_1$ 。

式中: U_0 为汞原子的第一激发电位(或称肯电位), 是本实验要测的物理量。汞原子的第一激发电位为 $4.9V$, 汞原子的第一激发电位为 $11.8V$ 。

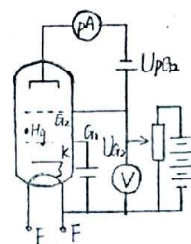


图1. 弗兰克-赫兹实验电路

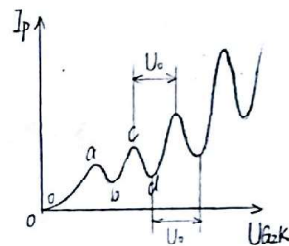


图2. $I_p - U_{G2K}$ 关系曲线

实验方法如图1所示。在充汞的F-H管中, 电子由热阴极发出, 阴极K和第二栅极G2之间的加速电压 U_{G2K} 使电子加速。第一栅极对电子加速起缓冲作用, 避免加速电压过高时将阴极损伤。在板极P和G2间加反向拒斥电压 U_{pG2} 。当电子通过KG2空间, 如果具有较大的能量 ($\geq eU_{G2K}$) 就能冲过反向拒斥电场而达到板极形成板流, 被微电流计 μA 检测出来。如果电子在KG2空间因与汞原子碰撞, 部分能量给了汞原子, 使其激发本身所剩能量大小, 以致通过栅极后不足以克服拒斥电场而折回, 通过电流计 μA 的电流就将显著减小。实验时, 使栅极电压 U_{G1K} 由零逐渐增加, 观测 μA 表的板流指示, 就会得到如图2所示 $I_p - U_{G2K}$ 关系曲线, 它反映了汞原子在KG2空间与电子进行能量交换的情况。当 U_{G2K} 逐渐增加时, 电子在加速过程中能量也逐渐增大, 但电压在初开阶段大部分电子达不到激发汞原子的功能, 与汞原子只是发生弹性碰撞, 基本上不损失能量, 于是穿过栅极到达板极, 形成的板流 I_p 随 U_{G2K} 的增加而增大, 如曲线的 oa 段。当 U_{G2K} 接近和达到汞原子的第一激发电位 U_0 时, 电子在栅极

天津大学物理实验报告

天津大学物理实验报告

附 页

信息学院 2013 年级 通信 专业 四 班 姓名 何青 成绩

实验日期: 2015.4.8 学号 3013203264 同组实验者

实验题目:

附近与汞原子相碰撞,使汞原子获得能量后从基态跃迁到第一激发态,碰撞使电子损失了大部分动能,即使穿过了栅极,也会因不能克服反向拒斥电场而折回栅极。所以 I_p 显著减小,如曲线的 ab 段,当 U_{gk} 超过汞原子第一激发电位,电子在到达栅极以前就可能与汞原子发生非弹性碰撞,然后继续获得加速,到达栅极时积累起穿过拒斥电场的能量而到达板极,使电流回升(曲线的 bc 段)。直到栅压 U_{gk} 接近二倍汞原子的第一激发电位时,电子在灯间又会因两次与汞原子碰撞使自身能量降低到不能克服拒斥电场,使板流第二次下降(曲线的 cd 段)。同理,凡 $U_{gk} = nU_0$ 处, I_p 都会下降,形成规则起伏变化的 I_p 曲线,而相邻两次板流下降所对应的栅极电压之差,就是汞原子的第一激发电位 U_0 。

处于第一激发态的汞原子经历极短时间就会返回基态,这时应有相当于 eU_0 的能量以电磁波的形式辐射出来。由式 2 得 $eU_0 = h\nu = hc/\lambda$ 。

式中: c 为真空中的光速; λ 为辐射光波的波长。

$$\lambda = \frac{hc}{eU_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4.7 \times 1.6 \times 10^{-19}} \text{ (nm)} = 253.7 \text{ nm}$$

利用光谱仪从 F-H 谱可以分析出这条波长 $\lambda = 253.7 \text{ nm}$ 的紫外线。

四. 实验步骤

1. 自动扫描方式测量

将“手动调节”电位器旋到零,函数记录仪先不通电,调节“自动上限”电位器,设输出被加速电压的上限值。先将电位器逆时针方向旋到最小,此时输出锯齿波加速电压的上限值约为 50V,然后将“扫描选择”开关扳到“自动位置”。当输出锯齿波加速电压时,从电流表观察到各峰信号,锯齿波扫描电压达到上限值后会重新恢复零,开始一次的扫描。

开启示波器,即可显示完整的 I_p 变化曲线。记录峰值数据。

2. 手动工作方式测量

缓慢调节“手动调节”电位器,增大加速电压,并注意观察微电流放大器出现的峰后电流信号。从 20V 开始测量,电压每增加 1V,记录下一个数据,测量约 6 个峰值。逐点测量 I_p - U_{gk} 关系,然后,取适当比例在毫米方格纸上作出 I_p - U_{gk} 曲线。

五. 数据处理

1. 示波器测量

表格 1. 第一激发电位测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7
峰值格数	2.00	2.82	3.63	4.48	5.42	6.40	7.48
$U_{gk} \text{ (V)}$		33.84	43.56	52.76	65.04	76.80	89.76

用逐差法计算 $\overline{U_0}$ 。

$$\overline{U_0} = 12 \times \frac{1}{3} [(5.42 - 2.82) + (6.40 - 3.63) + (7.48 - 4.48)] = 11.16 \text{ (V)}$$

$$U_A = 132 \times \sqrt{\frac{12.6 - 2.79)^2 + (2.77 - 2.79)^2 + (3.2 - 2.79)^2}{3 \times 2}} = 0.15 \text{ (V)}$$

$$U_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.20}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ (V)}$$

$$U = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 0.19 \text{ (V)}, \quad U_r = \frac{0.19}{11.16} \times 100\% = 1.7\%$$

∴ 测量结果: $U_0 = (11.16 \pm 0.19) \text{ V} \quad (P = 68.3\%)$

$$U_r = 1.7\%$$

$$\lambda = \frac{hc}{eU_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{11.16 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.09 \times 10^{-7} \text{ m} = 111.39 \text{ nm}$$

2. 手动测量

天津大学物理实验报告

天津大学物理实验报告

附 页

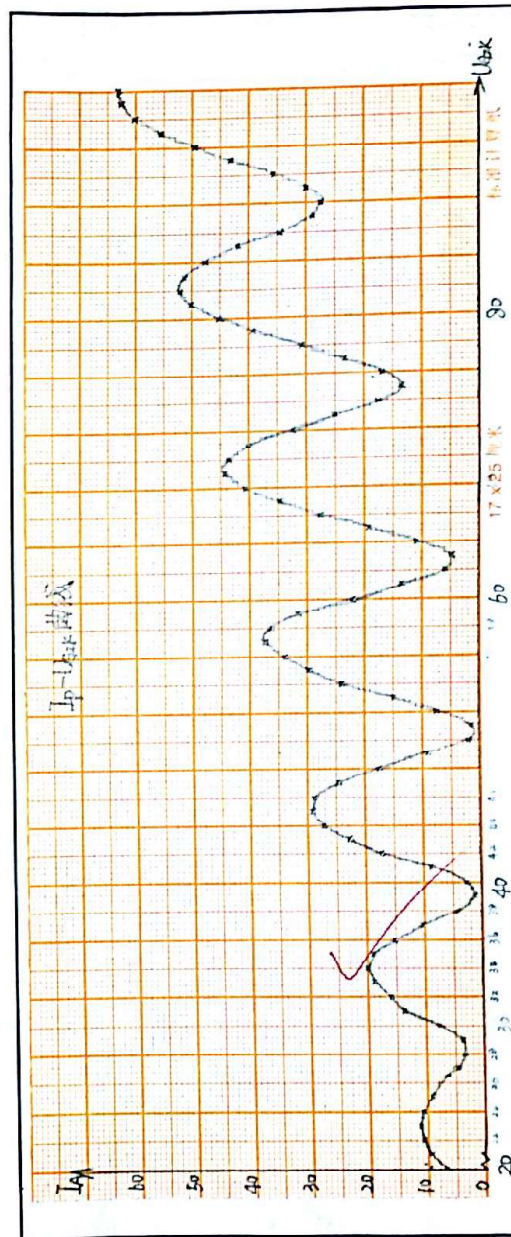
信息学院 2013 年级 通信 专业 四 班 姓名 仝青 成绩 _____

实验日期: 2015.4.8 学号 2013204264 同组实验者 _____

实验题目:

表格 2. 手动数据记录

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
V_{gk}	20	21	22	23	24	25.4	26.5	27.2	28	29	30	31.2	32	33
I_A	7.2	9.7	10.6	11.1	10.7	9.1	6.6	4.8	3.4	3.7	7.6	13.9	16.1	18.8
N	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
V_{gk}	34	35	36	37	38	39	40.1	41	42	43.2	44	45	46	47
I_A	20.3	19.1	15.2	10.4	4.5	0.9	2.9	8.9	17.2	22.8	27.3	29.1	28.9	24.9
N	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
V_{gk}	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
I_A	17.5	9.1	2.0	1.4	7.4	15.0	24.1	29.7	34.0	37.2	36.2	31.5	22.2	13.4
N	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
V_{gk}	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72.2	73	74	75
I_A	6.2	5.1	11.2	19.3	27.7	34.7	40.7	44.1	43.6	40.1	32.1	25.1	17.3	13.6
N	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
V_{gk}	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
I_A	17.0	23.3	30.7	38.5	45.1	50.0	52.2	51.5	47.6	41.9	34.7	28.8	27.3	30.3
N	71	72	73	74	75	76	77	78	79					
V_{gk}	90	91	92	93	94	95	96	97	98					
I_A	35.9	43.3	49.5	55.7	60.5	62.9	63.4	61.4	57.5					



图中 6 个峰对应的 U_{gk} 分别为: 23.0V, 34.0V, 45.4V, 57.5V, 69.6V, 82.2V

$$\bar{U}_0 = \frac{1}{6} \times [23.0 + 34.0 + 45.4 + 57.5 + 69.6 + 82.2] = 50.8 \text{ V}$$

$$\lambda = \frac{h}{eU} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{11.88 \times 10^{-7}} = 1.0464 \times 10^{-7} \text{ m} = 104.64 \text{ nm}$$

作业纸

院系_____ 班级_____ 姓名_____

第 17# 页

11.3.2

X12

序号	0	1	2	3	4	5	6	7
峰值格数	2.00	2.82	4.72	4.92	5.42	6.40	7.48	8.86
V _{02K} (V)	9.84	9.72	10.2	11.28	11.76	12.96	13.44	14.4

手动数据记录

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
V _{02K}	20	21	22	23	24	25.4	26.5	27.2	28	29	30	31.2	32	33	34	35	36
I _A	9.2	9.7	10.6	11.1	10.7	8.8	6.6	4.8	3.4	2.7	7.6	13.9	16.1	18.8	20.3	19.1	15.2

① 9.1

②

N	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
V _{02K}	37	38	39	40.1	41	42	43.2	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
I _A	10.1	4.5	0.9	2.9	8.9	17.2	22.8	27.3	29.1	28.9	24.9	17.5	9.1	2.0	1.4	7.4	15.0

③

54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68
24.1 29.7 34.0 37.2 36.2 31.5 22.2 13.4 6.2 5.4 11.2 18.3 27.7 34.7 40.7

④

69 70 71 72.2 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83
44.1 43.6 40.1 32.1 25.1 17.3 13.6 17.0 23.3 30.7 28.5 45.1 50.0 52.2 51.5

⑤

⑥

84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99
47.6 41.9 34.7 28.8 27.3 30.3 35.9 43.3 49.5 55.7 60.5 62.9 67.4 61.4 57.5 48.9

⑦

55.4