实 验 报 告

评分：98

No [redacted]

07 系 16 级 姓名 [redacted] 日期 _____

一. 实验题目：弗兰克-赫兹实验

二. 实验目的：(1) 通过测定氩原子等元素的第一激发电位，证明原子能级的存在。

(2) 了解研究原子内部能量问题时所采用的基本实验方法。

(3) 了解电子与原子碰撞和能量交换过程的微观图像。

(4) 进一步理解玻尔的原子理论。

三. 实验原理：玻尔提出原子能级的概念并建立了原子模型理论，原子处于稳定状态时不辐射能量，当原子从高能态（能量 E_m）向低能态（能量 E_n）跃迁时才辐射。辐射能量满足：

$$\Delta E = E_m - E_n \quad (1)$$

对于外界提供的能量，只有满足原子跃迁到高能级的能级差，原子才吸收并跃迁。

弗兰克-赫兹实验原理（如图1），氧化物阴极K，阳极P，第一、第二栅极分别为G_1、G_2。

K-G_1-G_2加正向电压，为电子提供能量。U_{G1K}的作用主要是消除空间电荷对阴极电子发射的影响，提高发射效率。G_2-P加反向电压，形成拒斥电场。

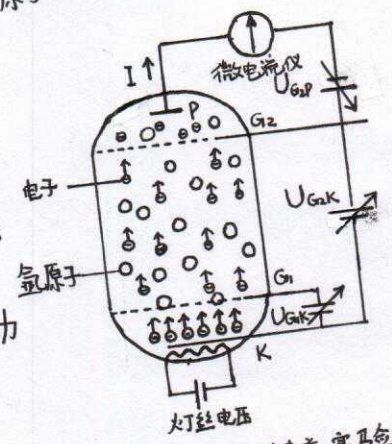

图1. 弗兰克-赫兹实验原理图

电子从K发出，在K-G_2区间获得能量，如果电子进入G_2-P区域时动能大于或等于eU_{G2P}，就能到达板极形成板极电流I。

电子在不同区间的情况：

(1) K-G_1区间 电子迅速被电场加速而获得能量。

(2) G_1-G_2区间 电子继续从电场获得能量并不断与氩原子碰撞。当其能量小于氩原子第一激发态与基态的能级差$\Delta E = E_2 - E_1$时，氩原子基本不吸收电子的能量，碰撞属于弹性碰撞。当电子的能量达到ΔE，则可能在碰撞中被氩原子吸收这部分能量，这时的碰撞属于非弹性碰撞。ΔE称为临界能量。

(3) G_2-P区间 电子受阻，被拒斥电场吸收能量。若电子进入此区间时的能量小于eU_{G2P}则不能达到板极。

由此可见，若$eU_{G2K} < \Delta E$，则电子带着eU_{G2K}的能量进入G_2-P区域。随着U_{G2K}的增加，电

1101—145 2014.12.2500

实 验 报 告

系 级 姓名 [redacted] 日期 评分：

No [redacted]

实验题目：流I增加(如图2中Oa段)。

实验目的：若 $eU_{G_2K}=\Delta E$ 则电子在达到G_2处刚刚多临界能量，不过它立即开始消耗能量]。继续增大U_{G_2K}，电子能量被吸收的概率逐渐增加，板极电流逐渐下降(如图2中ab段)。

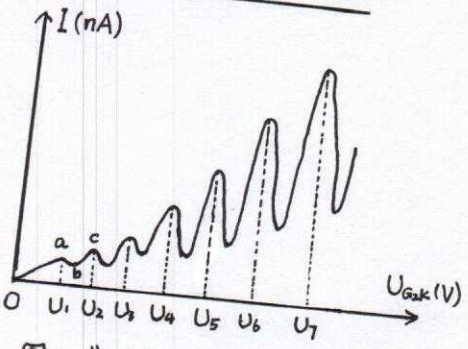

图2. 弗兰克-赫兹实验 V_{G_2K}~I曲线.

继续增大U_{G_2K}，电子碰撞后的剩余能量也增加，到达板极的电子又会逐渐增多(如图2中bc段)。

若 $eU_{G_2K} > n\Delta E$ 则电子在进入G_2-P区域之前可能n次被氩原子碰撞而损失能量。板极电流I随加速电压U_{G_2K}变化曲线就形成n个峰值，如图2所示。相邻峰值之间的电压差ΔU称为氩原子的第一激发电位。氩原子第一激发态与基态间的能级差。

$$\Delta E = e\Delta U \quad (2)$$

2分

2017.11.15

实 验 报 告

评分：

系 实验小林 级 姓名 日期 No

四.实验原理 弗兰克-赫兹 电压调节参考值.

实验题目：

实验目的：

V_F/V	V_{G1}/V	V_P/V	V_{G2}/V
2.38	1.60	9.10	0—100

现象记录：

调节 V_F： 1.23V 几乎为直线，调大电压，波峰波谷出现，一共6个峰，峰谷间距增大。

波峰向上移动较波谷向下移动距离大，第3个波谷位置最低，第6个波峰位置最高。

2.38V时波形占满显示屏，再加大电压，波形变细长，不连续，超出屏幕显示范围。

调节 U_{G1K}：（1：1V，2：200mV） 0.72V，波形在 25～85A之间。增大 U_{G1K}，峰、谷间距减小，峰变平缓。 1.60V，波形于 25～80A之间； 2.54V，波形进一步缩小到27～77A之间。

6.72V，波形至 28～75A之间。

调节 U_{G2K}：（1：1V，2：200mV） 8.4V时，波形从屏幕上消失；

13.3V，第一个波谷出现； 15.1V，第一个波峰出现；

18.4V，第二个波谷出现； 20.2V，第二个波峰出现；

23.2V，第三个波谷出现； 25.2V，第三个波峰出现；

28.1V，第四个波谷出现； 30.3V，第四个波峰出现；

33.2V，第五个波谷出现； 35.5V，第五个波峰出现；

38.2V，第六个波谷出现； 40.8V，第六个波峰出现；

42.4V，整个波形显示。

调节 U_{G2P}： 1.24V时曲线处于屏幕左上角，调节 U_{G2P} 波形由左上逐渐出现在屏幕上；

10.07V时，整个波形出现，位于屏幕上半部分，继续调节增大，波形下降且波峰、谷之间距离变小，15.31V时，波基本位于屏幕中下方，15～50A之间。

1101—145 2014.12.2500

2017.11.17

实 验 报 告

评分：

_____系_____级 姓名_____ 日期_____ No_____

实验题目：

实验目的：

各参数对激发曲线的作用机制.（均是由小到大调节）

V_F：使波峰波谷间距加大，波形变大。

V_{G1k}：使波峰波谷间距减小，波形变缓，变小。

V_{G2k}：使波形从无到有，依次显示波峰、波谷。

V_{G2P}：使波的位置发生偏移，自上而下移动。

实 验 报 告

评分：

_____系_____级 姓名_____ 日期_____ No_____

实验题目：

实验目的：

粗测 表1. 电流I_P随电压V_{G2K}变化粗测.

	峰	谷	峰	谷	峰	谷	峰	谷
电压(V)	17.6	22.4	26.4	32.6	38.0	43.2		
电流(0.1μA)	0.266	0.130	0.504	0.088	0.730	0.055		
电压(V)	48.9	54.0	59.9	65.5	71.8	77.7	83.8	89.2
电流(0.1μA)	0.920	0.114	1.042	0.233	1.162	0.446	1.251	0.739
电压(V)	96.3							
电流(0.1μA)	1.410							

17.11.15

实 验 报 告

评分：

_____系_____级 姓名_____ 日期_____ No_____

实验题目：实验记录

实验目的：表2. 电流 I_P 随电压 V_{G2K} 变化

电压(V)	电流(0.1μA)	电压(V)	电流(0.1μA)	电压(V)	电流(0.1μA)	电压(V)	电流(0.1μA)
10.0	0.015	21.5	0.147	33.0	0.116	47.5	0.841
10.5	0.037	22.0	0.137	33.5	0.174	48.0	0.885
11.0	0.064	22.5	0.145	34.0	0.274	48.5	0.910
11.5	0.098	23.0	0.184	35.0	0.474	49.0	0.909
12.0	0.118	23.5	0.229	36.0	0.627	49.5	0.884
12.5	0.146	24.0	0.285	37.0	0.724	50.0	0.832
13.0	0.176	24.5	0.340	37.5	0.743	51.0	0.678
13.5	0.191	25.0	0.388	38.0	0.745	52.0	0.441
14.0	0.198	25.6	0.440	38.5	0.723	52.5	0.344
14.5	0.217	26.0	0.474	39.0	0.680	53.0	0.247
15.0	0.234	26.6	0.494	39.5	0.620	53.5	0.165
15.5	0.247	27.0	0.508	40.0	0.543	54.0	0.124
16.0	0.260	27.6	0.512	41.0	0.352	54.5	0.157
16.5	0.259	28.0	0.499	42.0	0.167	55.0	0.227
17.0	0.261	28.5	0.476	42.5	0.109	56.0	0.458
17.5	0.263	29.0	0.429	43.0	0.073	57.0	0.664
18.0	0.260	30.0	0.319	43.5	0.088	58.0	0.840
18.5	0.256	30.5	0.258	44.0	0.164	58.5	0.931
19.0	0.245	31.0	0.199	44.5	0.252	59.0	0.985
19.5	0.228	31.5	0.150	45.0	0.395	59.5	1.023
20.0	0.208	32.0	0.109	46.0	0.612	60.0	1.039
20.5	0.186	32.5	0.092	46.5	0.718	60.5	1.033
21.0	0.162			47.0	0.790	61.0	0.997
						62.0	0.863

b

17.11.15

实 验 报 告

评分：

_____系_____级 姓名_____ 日期_____ No_____

实验题目：

实验目的：表2.(续)

电压(V)	电流(0.1μA)	电压(V)	电流(0.1μA)
63.0	0.667	78.0	0.534
64.0	0.439	78.5	0.597
64.5	0.345	79.0	0.697
65.0	0.275	80.0	0.884
655	0.258	81.0	1.046
66.0	0.302	82.0	1.164
67.0	0.470	82.5	1.216
68.0	0.752	83.1	1.248
69.0	0.887	83.5	1.264
70.0	1.050	84.0	1.268
70.5	1.104	845	1.257
71.0	1.136	85.0	1.226
71.5	1.158	86.0	1.108
72.0	1.156	87.0	0.957
72.5	1.132	88.0	0.803
73.0	1.090	89.0	0.733
74.0	0.955	91.0	0.856
75.0	0.759	93.0	1.143
76.0	0.556	94.0	1.279
76.5	0.497	95.0	1.385
77.0	0.470		
77.5	0.488		

17.11.15

实 验 报 告

评分：

系 级 姓名 日期 No

五. 数据处理

实验题目：

实验目的：用 Matlab 作图，得到相差曲线，并从曲线上获取峰值电压如下：

表3. 数据处理得到峰值电压

	1	2	3	4	5	6
电压 U/V	27.6	38	48.5	60	71.5	83.5
~~电流 I/0.1μA~~	~~0.403~~	~~0.667~~	~~0.818~~	~~0.853~~	~~0.795~~	~~0.656~~

$\Delta U_1 = 38 - 27.6 = 10.4V$，$\Delta U_2 = 48.5 - 38 = 10.5V$，$\Delta U_3 = 60 - 48.5 = 11.5V$

$\Delta U_4 = 71.5 - 60 = 11.5V$，$\Delta U_5 = 83.5 - 71.5 = 12V$.

最小逐差：

$$\overline{\Delta U} = \frac{\sum_{i=1}^{3}(U_{i+3} - U_i)}{9} = \frac{(60-27.6)+(71.5-38)+(83.5-48.5)}{9} = 11.21V$$

误差分析：

1. 实验中误差主要来源于在峰、谷值附近 I 示数不稳定，调节后会立刻发生变化，本实验中采取调节好后立即读数的办法，使总体数据保持一致。

2. 实验测得 U_0 为 11.21V，比公认值 11.55V 小了 $\Delta U = 0.34V$。

表4. 数据处理得到谷值电压

	1	2	3	4	5	6	7
电压 U/V	22	32.5	43	54	65.5	77	89

取数据 2～7，运用逐差法：

$$U_0 = \frac{\sum_{i=2}^{5}(U_{i+3} - U_i)}{9} = \frac{(89-54)+(77-43)+(65.5-32.5)}{9} = 11.33V$$

比公认值 11.55V 小 $\Delta U = 0.22V$。

1101—145 2014.12.2500

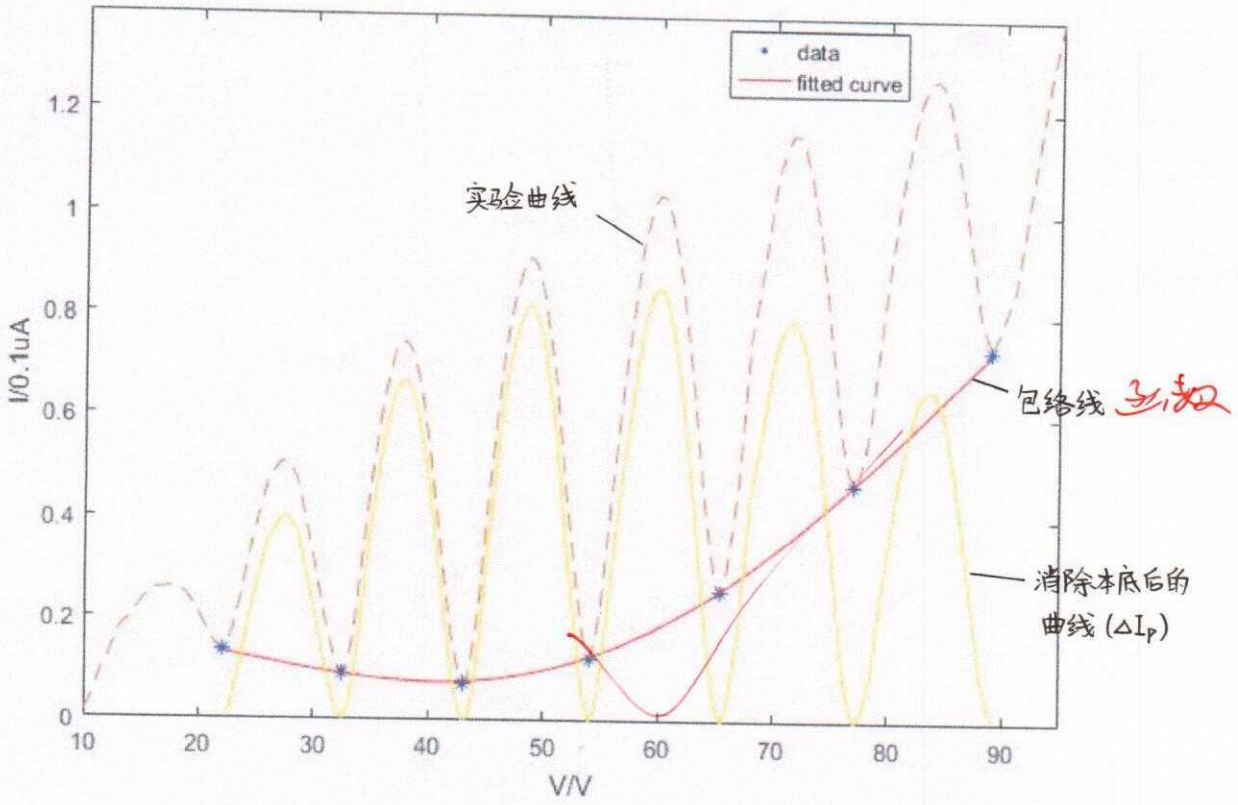

图3. 消除本底电流的关系曲线和实验曲线.

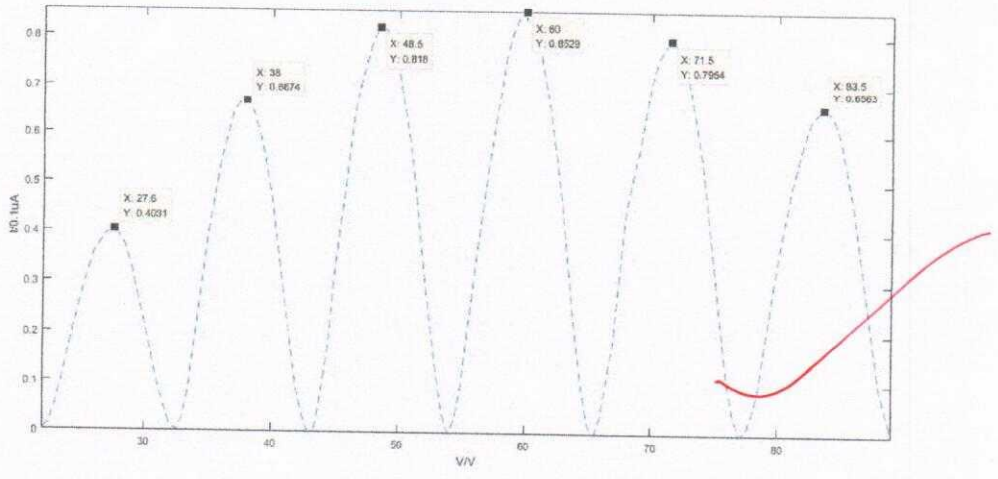

图4. 消除本底电流的关系曲线.

实 验 报 告

评分：

_____系_____级 姓名_____ 日期_____ No_____

实验题目：

实验目的：电子在汞蒸汽中平均自由程计算：

$$\lambda = \frac{kT}{\pi r^2 p}$$

$T = 80°C$, $\lambda_1 = \frac{1.38\times10^{-23}\,J\cdot K^{-1}\times(273.15+80)K}{\pi\times(0.176nm)^2\times 11.8\,Pa} = 4.24\times10^{-3}\,m$

$T = 90°C$, $\lambda_2 = \frac{1.38\times10^{-23}\,J\cdot K^{-1}\times(273.15+90)K}{\pi\times(0.176nm)^2\times 21.1\,Pa} = 2.44\times10^{-3}\,m$

$T = 100°C$, $\lambda_3 = \frac{1.38\times10^{-23}\,J\cdot K^{-1}\times(273.15+100)K}{\pi\times(0.176nm)^2\times 36.4\,Pa} = 1.45\times10^{-3}\,m$

$T = 160°C$, $\lambda_4 = \frac{1.38\times10^{-23}\,J\cdot K^{-1}\times(273.15+160)K}{\pi\times(0.176nm)^2\times 558.5\,Pa} = 1.10\times10^{-4}\,m$

$T = 170°C$, $\lambda_5 = \frac{1.38\times10^{-23}\,J\cdot K^{-1}\times(273.15+170)K}{\pi\times(0.176nm)^2\times 817.0Pa} = 7.69\times10^{-5}\,m$

$T = 180°C$, $\lambda_6 = \frac{1.38\times10^{-23}\,J\cdot K^{-1}\times(273.15+180)K}{\pi\times(0.176nm)^2\times 1172.7\,Pa} = 5.48\times10^{-5}\,m$

实 验 报 告

评分：

_____系_____级 姓名_____ 日期_____ No_____

实验题目：六思考题

实验目的：

1. 因为K极发出的热电子能量服从麦克斯韦统计分布规律，因此极电流下降不是陡然的，而是在极大、极小值附近出现"峰"、"谷"，有一定宽度。

2. 该实验中电流是热阴极发射电子经加速产生的，当加速电子与原子碰撞使原子激发，电子能量减小，电流下降，但与原子碰撞的只是部分电子，电流不为零。

而电压升高，未与原子碰撞的电子能量也升高，故波谷处电流随之变大。

3. 不等于。由于空间电荷对加速电压的屏蔽作用和Ar蒸气与热阴极金属氧化物之间有接触电势差，第一峰值不在第一激发电位，要稍大。

4. 由实验数据，Ar原子第一激发态与基态的能级差为

$$\Delta E = eU = 11.18 \times 1.6\times10^{-19} = 1.79\times10^{-18}\ J$$