

文章编号 :1007 - 2934(2004)02 - 0034 - 06

夫兰克—赫兹实验的研究

宋文福 冯正南 朱 力

(北京大学,吉林,132013)

摘 要 夫兰克—赫兹实验测出了汞原子的第一激发电位,证明了原子能级的存在,改变实验条件,图象会变化,本文即是对图象变化的研究与解释。

关键词 激发态;平均自由程;弹性碰撞;非弹性碰撞;漏电流;峰值电流

中图分类号:O442 文献标识码:A

1 测汞原子的第一激发电位

在夫兰克—赫兹管中充斥以要测量的汞原子气体,电子由热阴极 K 出发,在 K 与栅极之间电场使电子加速,电子的加速在 K 、 G_1 间进行, K 、 G_1 距离很近,小于电子在汞气中的平均自由程,与汞原子碰撞机会少,所以有可能提高电子的能量,然后在较大的 G_1 、 G_2 区域内进行碰撞,为了让电子与汞原子在 G_1 、 G_2 区域内充分碰撞,应该尽量使汞原子的间距小于电子的平均自由程,这就使 $F-H$ 管内的气压及温度有了限制;为了使汞原

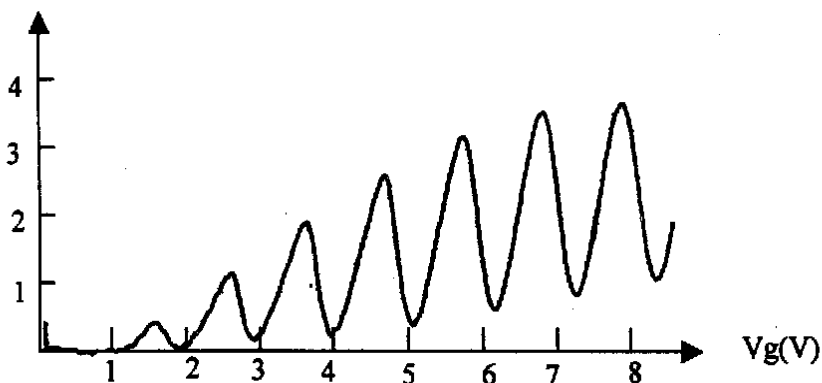


图 1 测量汞原子第一激发电位实验曲线

子不电离,我们仍要考虑加速电压的取值,同时为了区分电子与汞原子是弹性碰撞还是非弹性碰撞以便测汞原子的第一激发电位,我们要顾全 V_p 的大小,由于上述的分析与阐述,

收稿日期:2003 - 11 - 28

我们选择了在一定条件下去研究测量汞原子的第一激发电位

条件: $V_{g1} = 1.0$ 伏 $V_{g2} = 40$ 伏 $V_k = 2.4$ 伏 $V_p = 1.0$ 伏 $T = 160$

用记录仪记录图象如图 1 (V_{g1} 、 V_{g2} 代表两个栅极 G_1 、 G_2 的电压)

由图 1 我们可以知道每 1mm 所代表电压数为 $40.0\text{V}/78.0\text{mm}$

两个峰值间的平均距离为 $x = (9.5 + 9.5 + 9.6 + 9.8 + 10.0 + 9.6)/6\text{mm}$

则汞原子的第一激发电位的值

$V_g = 40.0\text{V}/78.0\text{mm} * [(9.5 + 9.5 + 9.6 + 9.8 + 10.0 + 9.6)/6\text{mm}] = 4.91$ 伏

因为 $h = eV_g$ 所以 $c/\lambda = eV_g$ $\lambda = hc/(eV_g)$

代入数值得 $\lambda = 2500$ 埃

这是汞原子退激时所辐射的光波的波长,这说明了 $F-H$ 实验证明原子内部能量是量子化的正确性。

2 改变夫兰克—赫兹实验测汞原子的第一激发电位的实验条件,实验图象改变所反映的物理过程及实质。

2.1 改变 V_k

条件: $V_{g1} = 1.0$ 伏 $V_{g2} = 40$ 伏 $V_k = 2.0$ 伏 $V_p = 1.0$ 伏 $T = 160$

用记录仪记录图象如图 2

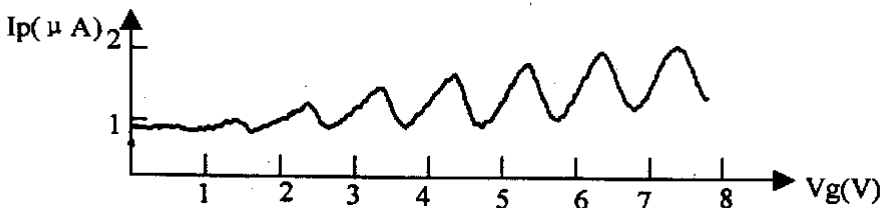


图 2 改变 V_k 后的实验曲线

与图 1 比较,到达板极 P 上的电流 I_p 减小,而且峰值有一定的宽度,电流 I_p 的减小是由于电压的减小使阴极 K 所发出的电子减少,那么在碰撞后能到达板极 P 的电子数相应减少,所以板极 P 上的电流 I_p 减小,虽然电流 I_p 减小,但电流并不降为零,这主要由于电子与汞原子的碰撞有一定的几率,当大部分电子与汞原子碰撞失去能量时,总还有一些电子与汞原子没碰撞,这些电子将到达板极 P 形成漏电流,峰有一定的宽度是因为阴极发出的热电子的能量分布遵循费米—狄拉克分布,具有统计分布而形成的。

2.2 改变 V_{g1}

条件: $V_{g1} = 2.0$ 伏 $V_{g2} = 40$ 伏 $V_k = 2.4$ 伏 $V_p = 1.0$ 伏 $T = 160$

用记录仪记录图象如图 3

与图 1 不同的是到达板极 P 的峰值电流 I_p 增大,这是因为栅极 G_1 在实验中可以起到加速电压和输导电子,以防电子堆积的作用。当 V_{g1} 增大时,无论哪一个作用都可以使到达板极 P 的电子数增多,从而使电流 I_p 增大,若 V_{g1} 过大,会减小进入碰撞空间的电子流,导致板极电流 I_p 的下降。

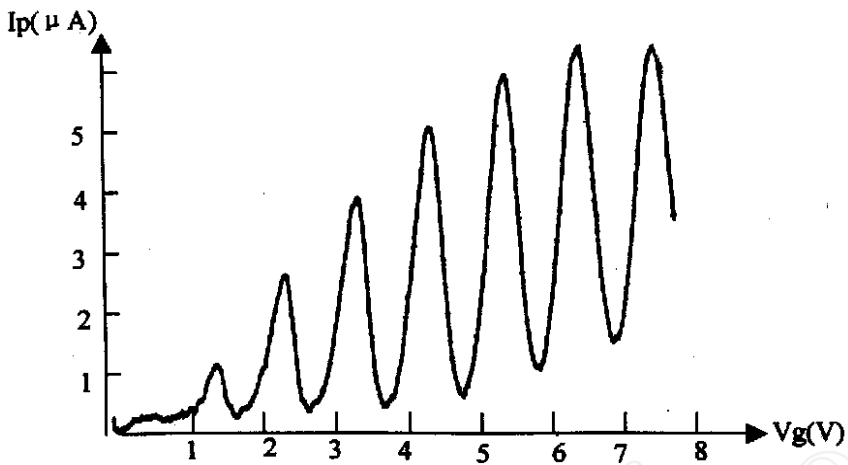


图3 改变 V_{g1} 后的实验曲线

2.3 改变 V_p

条件: $V_{g1} = 1.0$ 伏 $V_{g2} = 40$ 伏 $V_k = 2.4$ 伏 $V_p = 2.0$ 伏 $T = 160$

用记录仪记录图象如图4

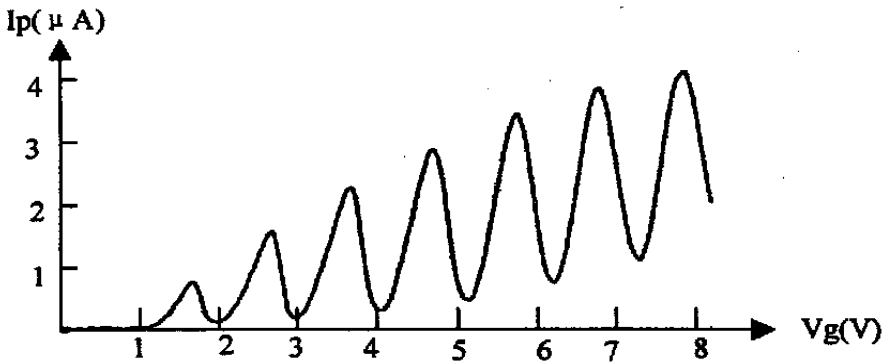


图4 改变 V_{g2} 后的实验曲线

与图1比较,无论峰值电流还是漏电流都减小,这是由于拒斥电压 V_p 增加,要求通过栅极 G_2 的电子具有更高的能量才能到达板极 P 。由于电子的能量并未提高,而拒斥电压 V_p 却增大,这使能到达板极 P 的电子数减少,故电流 I_p 减小。

2.4 改变 V_{g2}

2.4.1 条件: $V_{g1} = 1.0$ 伏 $V_{g2} = 25$ 伏 $V_k = 2.4$ 伏 $V_p = 1.0$ 伏 $T = 160$

用记录仪记录图象如图5(1)

与图1比较, V_{g2} 减小后,在加锯齿波的一个周期出现的峰的个数减少,这是因为 V_{g2} 的电压值最多可以让电子与汞原子发生

$$n = V_{g2} / V_g = 25 / (4.91) \approx 5 \text{ 次}$$

的碰撞而使汞原子激发,但由于接触电位差的存在,使真正加在电子上的加速电压不等于 V_{g2} ,而是 V_{g2} 与接触电位的代数和,这影响了夫兰克—赫兹实验曲线第一峰值的位置,使图象发生偏移,所以峰的个数减少。

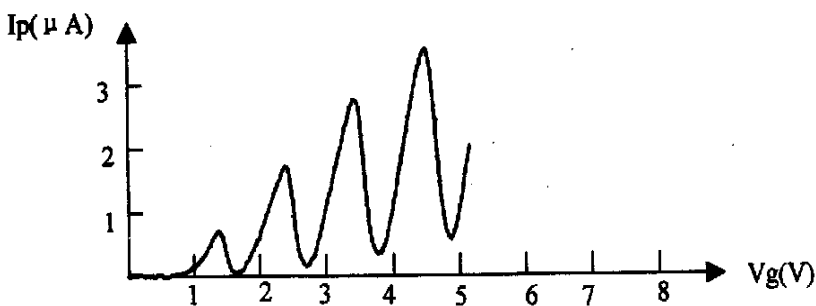


图 5(1) 改变 V_{g2} 后的实验曲线 a

2.4.2 条件: $V_{g1} = 1.0$ 伏 $V_{g2} = 60$ 伏 $V_k = 2.4$ 伏 $V_p = 1.0$ 伏 $T = 160$
用记录仪记录图象如图 5(2)

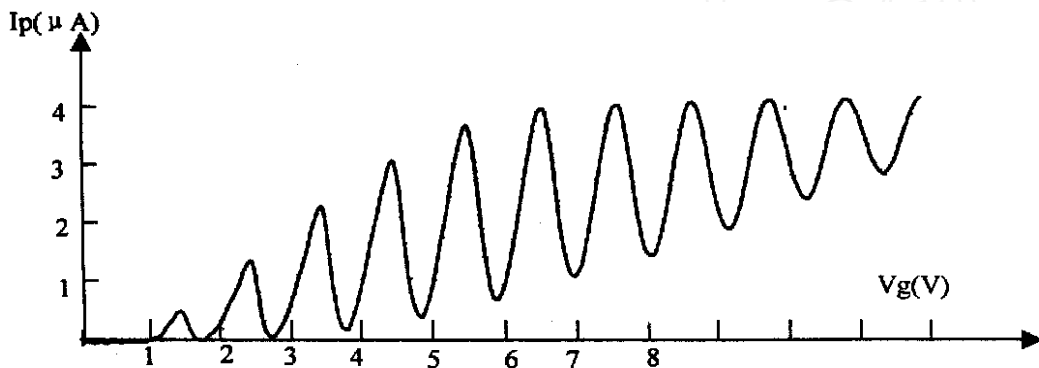


图 5(2) 改变 V_{g2} 后的实验曲线 b

与图 1 比较, 峰的个数有所增加, 这是因为 V_{g2} 的增大, 电子最多有可能通过 $n = V_{g2}/V_{g2}$ 12 次碰撞而使汞原子激发, 所以峰最多为 12 个, 此图象同样象 5(1) 那样让我们少看到一个峰, 也是因为接触电位差的存在, 使接触电位差对实际加在电子上的加速电压的影响相对变小。图中电流有缓慢增大的趋势, 这是由于 V_{g2} 增大, 电子能量增大, 通过栅极 G_2 到达板极 P 的电子数增多, 电流 I_p 增大; 当 G_2 增大到一定值时, 板极电流 I_p 缓慢上升, 这是因为 V_{g2} 的增加, 栅极 G_2 吸附电子能力增强, 使到达板极 P 的电子数减少, 因而峰值电流减小。

通过对夫兰克—赫兹实验条件的改变, 我们分析了图象改变的原因, 从而很好的说明我们的理论推测与实验现象是相符的, 同时说明夫兰克—赫兹实验成功与否与 V_{g1} 、 V_{g2} 、 V_k 、 V_p 、 T 等条件也是至关重要的。理论与实践的相符是我们成功获得结果的必然, 而理解和分析实验现象是我们掌握和运用规律的前提, 夫兰克—赫兹实验恰恰证明了这一点。

参考文献

- [1] 戴乐山、戴道宜主编. 近代物理实验, 复旦大学出版社
- [2] 吴思诚、王祖铨主编. 近代物理实验, 北京大学出版社
- [3] 郭奕玲、沙振舜. 南京大学物理系, 夫兰克—赫兹实验

THE SEARCH OF FRANCK - HERTZ EXPERIMENT

Li Yao Song WenFu Zhu Li Liu Yingjiu
(Beihua University Jilin ,132013)

Abstract: The Franck - Hertz experiment has measured the first voltage of mercuric atoms excited state ,proved existence of the atomic energy levels. Under the different conditions ,the graphs are altered. This paper is researches and explanations to the change of graphs.

Key words: excited state ,average free distance ,elastic collision ,inelastic collision ,leak current ,peak current.

(上接 31 页)

$q_x = 4.90 \times 10^{-19} C$, 根据上述方法得 $n_2 = 1.324 n_1$; $n_3 = 1.663 n_1$; $n_4 = 2.318 n_1$; $n_5 = 2.648 n_1$; $n_6 = 3.620 n_1$; $n_7 = 3.979 n_1$ 。经分析, 取 $n_1 = 3$, 则 $n_2 = 3.972$ 4, $n_3 = 4.989$ 5, $n_4 = 6.954$ 7, $n_5 = 7.944$ 8, $n_6 = 10.86$ 11, $n_7 = 11.937$ 12。

学生可以清晰地看到电荷具有量子性, 并可求出各量子数和基本电荷值 e 。

要做好这一实验, 除了选择合适的油滴外, 还要引导学生探求合理的处理数据的方法, 锻炼数据处理的能力, 只有这样学生才会有较大的收获。

参 考 文 献

1. 潘人培等. 物理实验教学参考书. 高等教育出版社, 1989
2. 郑立军等. 密立根油滴实验中油滴带电荷数的辅助分析. 大学物理实验, 2003
3. 潘守清等. 大学物理实验. 大连海事大学出版社, 1998
4. 陈远容. 油滴实验中数据处理的一种新方法. 物理实验, 1993
5. 赵仁. 密立根实验数据的一种处理方法. 物理实验, 2000

PAY ATTENTION TO THE PARTS IN MILLIKANS OIL DROPS EXPERIMENT

Zhu Shikun
(Three Gorges university, yichang, 443002)

Abstract: This paper discusses two problems which are easy ignored in mil likans oil drops experiment and work out solution forthe problems.

Key words: Millkans oil drops experiment ;the number of electr onic charges ;dealing with datas.