

## 夫兰克-赫兹实验中的现象及原因分析

詹思维 06300220062

### 摘要(Abstract)

本文通过说明在实验中调节各参数：管内汞蒸气的温度，灯丝电压，控制栅电压与减速电压。观察与分析他们对  $I_P-V_{G2K}$  曲线的影响，选定上述各参数的最佳值，然后测得理想的  $I_P-V_{G2K}$  曲线，并由此计算汞的第一激发电位。

### 关键词 (Keywords)

弗兰克-赫兹 第一激发电位 灯丝电压 控制栅电压 减速电压 汞蒸气温度

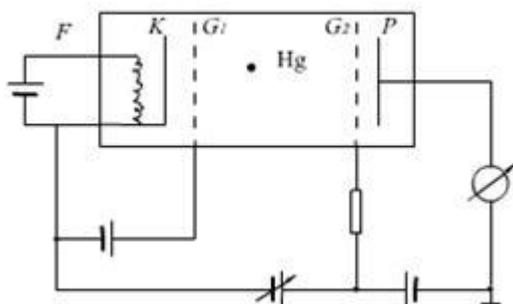
### 引言 (Introduction)

1911 年，弗兰克和赫兹为研究气体中的低能电子与原子间的相互作用，他们设计了电子与原子碰撞的实验。1920 年，弗兰克对原有的装置进行了改进，在改进后的碰撞管中，可以使电子在加速区内获得相当高的能量，可测得汞原子的一系列的量子态。

我们现在通过实验室的设备，重新进行实验。通过在实验中调节管内汞蒸气的温度，灯丝电压，控制栅电压与减速电压，观察与分析他们对  $I_P-V_{G2K}$  曲线的影响，由此计算汞的第一激发电位。

### 理论/实验部分(Theory parts/Experimental details)

测量汞原子的第一激发能原理图 实验步骤：



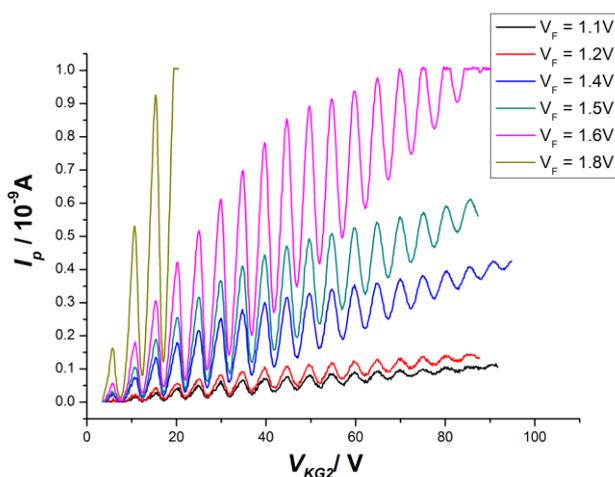
1. 讨论灯丝电压对测量结果的影响。
2. 讨论控制栅电压对测量结果的影响。
3. 讨论减速电压对测量结果的影响。
4. 讨论管内汞蒸气温度对测量结果的影响。

5. 求得理想的第一激发态曲线，并算出第一激发态能级值。

实验仪器：复旦自制双栅柱面型四极式弗兰克—赫兹管

## 结果与讨论 (Results and Discussion)

1. 调节灯丝电压，观察  $I_p-V_{G2K}$  曲线的变化。

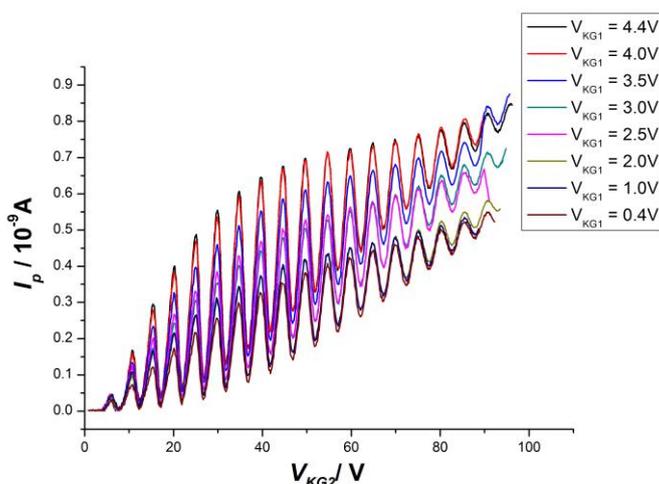


现象分析：由图可知，在其他条件一定的情况下，灯丝电压越大，波峰的高峰值越大，而峰的位置不发生变化。当灯丝电压过小时，接受到的板流过小，现象不明显。当灯丝电压过大时，板流过大，容易超过微电流计的量程。

原因：阴极发射的电子的速度分布与阴极温度有关。而击穿电压随着管内的板流的增加而减小。灯丝温度对阴极的发射

系数有很大的影响。因为，当灯丝温度上升时，灯丝发射的电子数增多，发射的电子的初动能增大，到达阴极的电子数也增多，板极电流增大。

2. 调节控制栅电压，观察  $I_p-V_{G2K}$  曲线的变化。

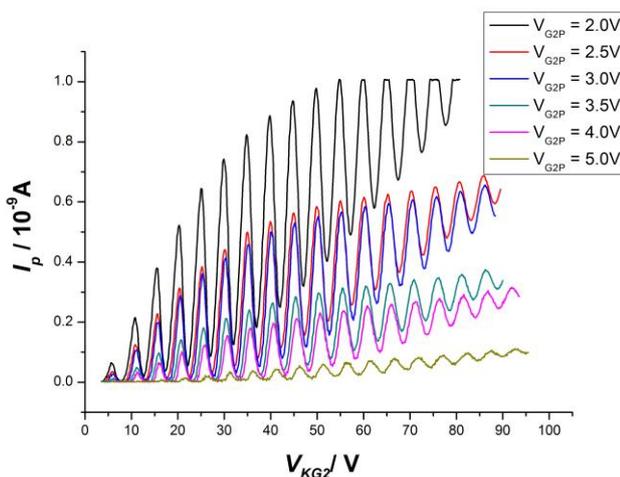


现象分析：控制栅电压越大，波峰的峰值越大。在  $1\sim 3V$  之间时，波形变化较小。而当电压大于  $3.5V$  时，波形出现了明显的变化。

原因：控制栅电压是用于消除电子在阴极附近的堆积效应，控制阴极发射的电子流的大小。控制栅电压取决于阴极的发射系数与  $G_1$  与  $K$  的间距。当控制栅电压越大，对阴极附近的电子的堆积效用减小越明显，更多的电

子进入了碰撞区，板流随之增大。

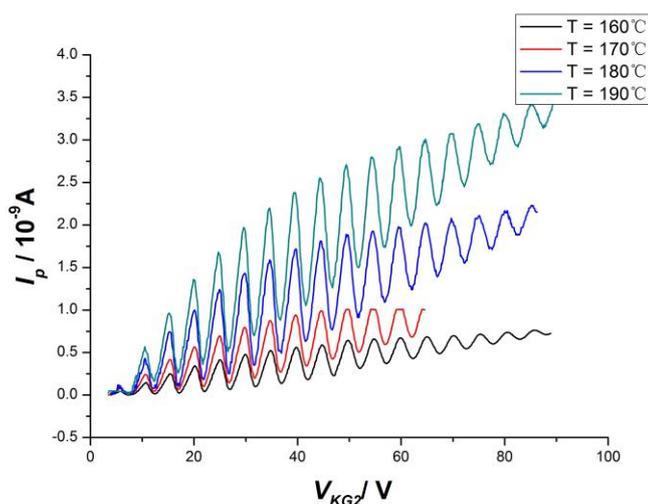
3. 调节减速电压，观察  $I_p-V_{G2K}$  曲线的变化。



现象：减速电压越大，波峰的峰值就越小，当减速电压大于 5V 时，波形退化成了一条直线。

原因：使  $G_2$  处的能量较低电子不能到达极板，减速电压越大，板流越小，即通过的电子越小，通过电场所需的能量也越大。电压越大，没有电子通过的时候，曲线就变成一条直线了。

4. 调节管内汞蒸气温度，观察  $I_p-V_{G2K}$  曲线的变化。



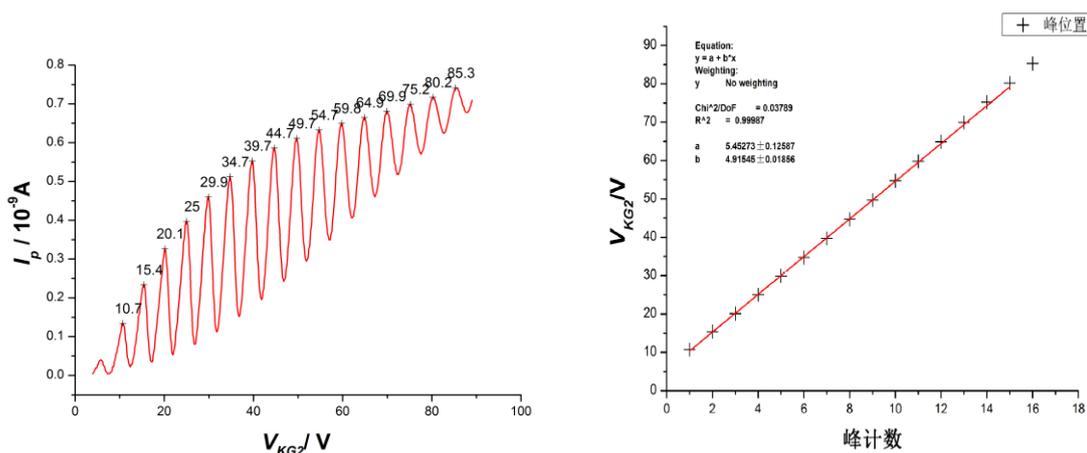
现象：温度越高，波形的峰值就减小，而且波峰的位置会右移。

原因：对于能量高的电子，平均自由程较大，所以与汞蒸气碰撞的概率较小。提高汞蒸气的温度，改变了汞气体的密度，减小了平均自由程，提高了碰撞的概率。高温下，可以得到更多的第一激发态的峰。

5. 综合以上情况，选择合适的参数，如以下表格所示：

$T/^\circ\text{C}$	$V_F/\text{V}$	$V_{KG1}/\text{V}$	$V_{G2P}/\text{V}$
170	1.45	3.5	1.5

最终得到理想的第一激发态能线图和线性拟合图：



结果分析:

相关系数=0.99987，符合较好。

实验中汞原子的第一激发态能级的实验值为(4.915 ± 0.018)eV

而汞原子的第一激发态能级的理论值为 4.89eV

两者的误差为(4.915-4.89)/4.89=0.5%，这个误差在允许的范围內。

结论/小结 (Conclusion/Summary)

1. 这个实验是用控制变量法，控制 3 个变量，改变 1 个变量来进行的。
2. 总的来说这个实验在操作方面比较简单，但是实验过程中，灯丝电流的大小，实验管内温度，控制栅电压，减速电压都会对实验结果产生影响，因此实验一开始要积极调整各数值的大小，先得到视觉上的最佳图形，来确定最佳的实验条件。
3. 本文通过调节各参数，最后得到较为理想的第一激发态能级曲线，最后算得的第一激发态能级也与理论值的误差在 0.5%，在允许范围内。

致谢 (Acknowledgments)

感谢和我合作实验的安克难同学，感谢实验室老师的辛勤指导。

参考文献 (References)

近代物理实验 第二版 戴道宣 戴乐山 主编 高等教育出版社  
原子物理学 第二版 杨福家 高等教育出版社