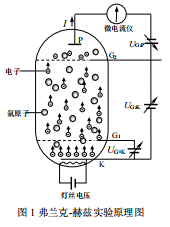
# ­实验题目：弗兰克-赫兹实验

# 实验目的：

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。了解研究原子内部能量问题时所采用的基本实验方法并了解电子与原子碰撞和能量交换过程的微观图象，以及进一步理解玻尔的原子理论

# 实验原理：

实验原理如图1所示，氧化物阴极K，阳极P，第一、第二栅极分别为、。加正向电压，为电子提供能量。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。加反向电压，形成拒斥电场。



电子从发出，在区间获得能量，如果电子进入区域时动能大于或等于，就能到达板极形成板极电流。

电子在不同区间的情况：

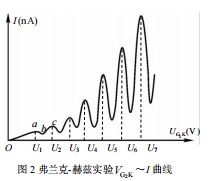
1. 区间 电子迅速被电场加速而获得能量。
2. 区间 电子继续从电场获得能量并不断与氩原子碰撞。当其能量小于氩原子第一激发态与基态的能级差时，氩原子基本不吸收电子的能量，碰撞属于弹性碰撞。当电子的能量达到，则可能在碰撞中被氩原子吸收这部分能量，这时的碰撞属于非弹性碰撞。称为临界能量。
3. 区间 电子受阻，被拒斥电场吸收能量。若电子进入此区间时的能量小于则不能达到板极。

由此可见，若，则电子带着的能量进入区域。随着的增加，电流增加（如图2中段）。

若则电子在达到处刚够临界能量，不过它立即开始消耗能量了。继续增大，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中段）。

继续增大，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中段）。

若,则电子在进入区域之前可能次被氩原子碰撞而损失能量。板极电流随加速电压变化曲线就形成个峰值，如图2所示。相邻峰值之间的电压差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



# 实验器材：

FH-Hg-6弗兰克-赫兹（汞管）实验仪，示波器。

# 实验内容：

**汞原子激发曲线观察与测量**

**1.观察汞原子的激发曲线**

（1）连接汞原子第一激发曲线测量电路，打开实验仪电源开关。

（2）设置加热炉温度：打开加热炉电源开关，根据仪器出厂给定的参考温度，设置温控器的目标温度，一般设定为 。

（3）加热炉升温过程需要 ，在此期间注意观察温控显示器。

（4）将灯丝电压、栅极电压、拒斥电压缓慢调节到仪器的“出厂检验参考值”。在参考值范围内分别调节、、，采用“自动”模式观察原子激发曲线，并用文字描述各实验参数对激发曲线的影响，分析各参数对激发曲线的作用机制。

**2.测量汞原子的第一激发电位**

（1）将灯丝电压、栅极电压、拒斥电压缓慢调节到仪器的“出厂检验参考值”。手动方式逐渐增大电压，在内，每次改变，记录一次数值，测量个完整的峰、谷数据。

（2）以栅极电压为横坐标，阳极电流为纵坐标，绘制汞的~激发曲线,并得到相差曲线。用最小二乘法处理，计算出汞原子的第一激发电位。

**3.测量汞原子较高能级的激发曲线**

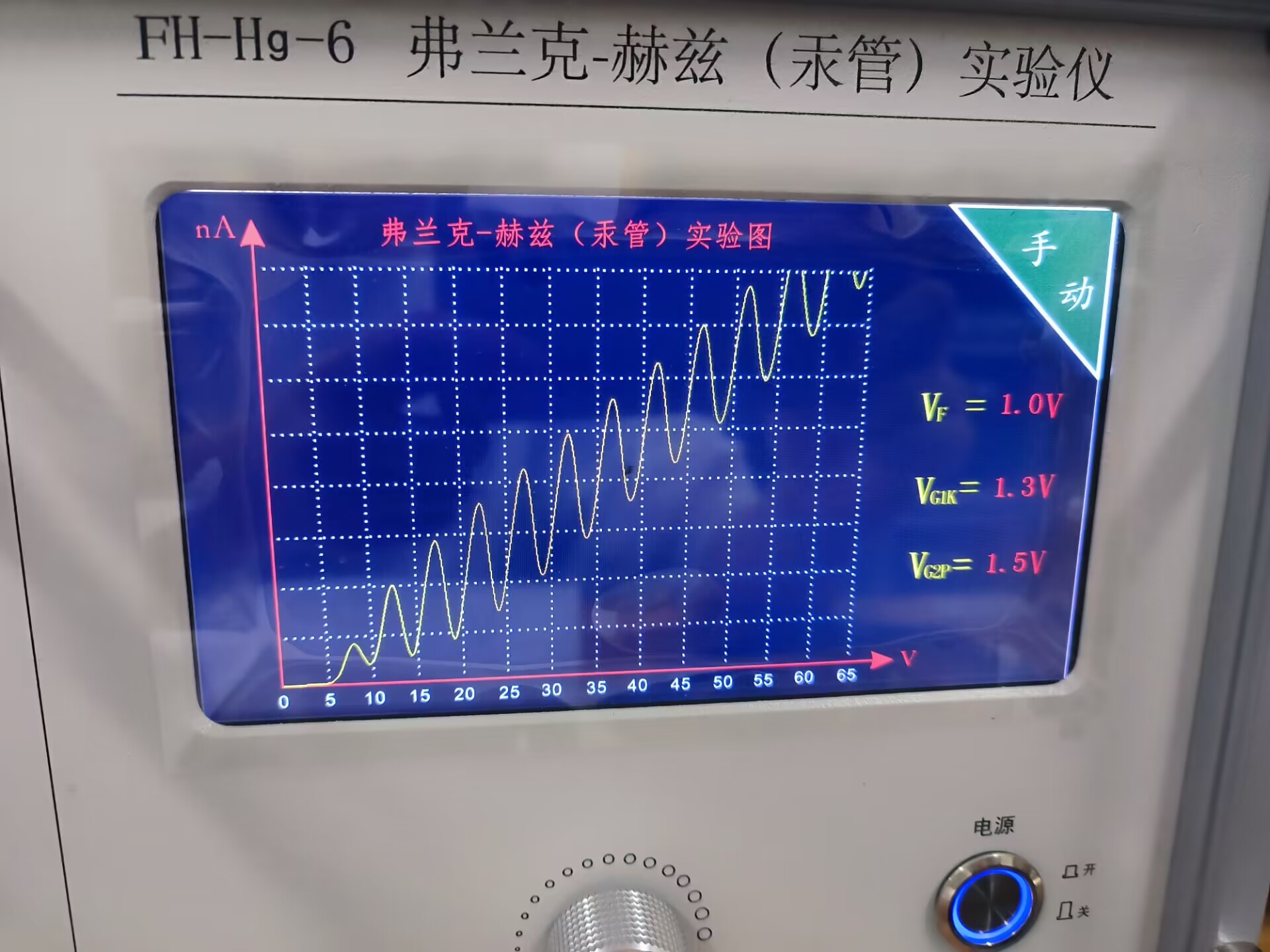
按下“高激”模式，将和短接。炉温从降至。将灯丝电压、拒斥电压缓慢调节到仪器的“出厂检验参考值”。 采用“自动”模式，在内（步长），测量汞原子较高能级的激发曲线，分析汞原子较高能级激发曲线的特征变化。

# 数据分析及实验结果：

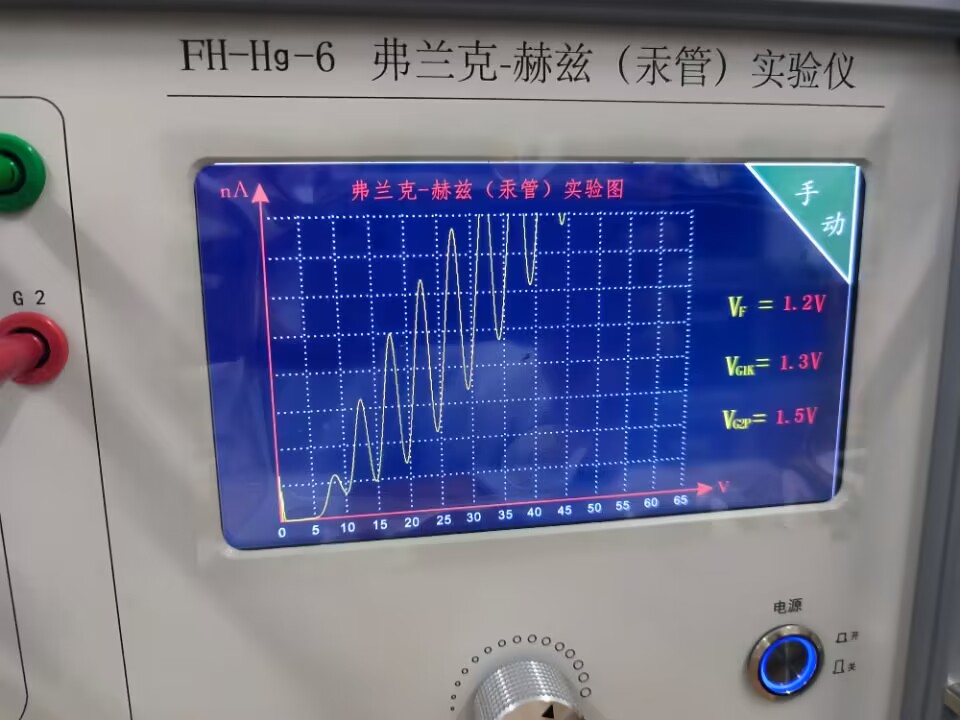
1.观察汞原子的激发曲线

、、的值及对应的照片如下：

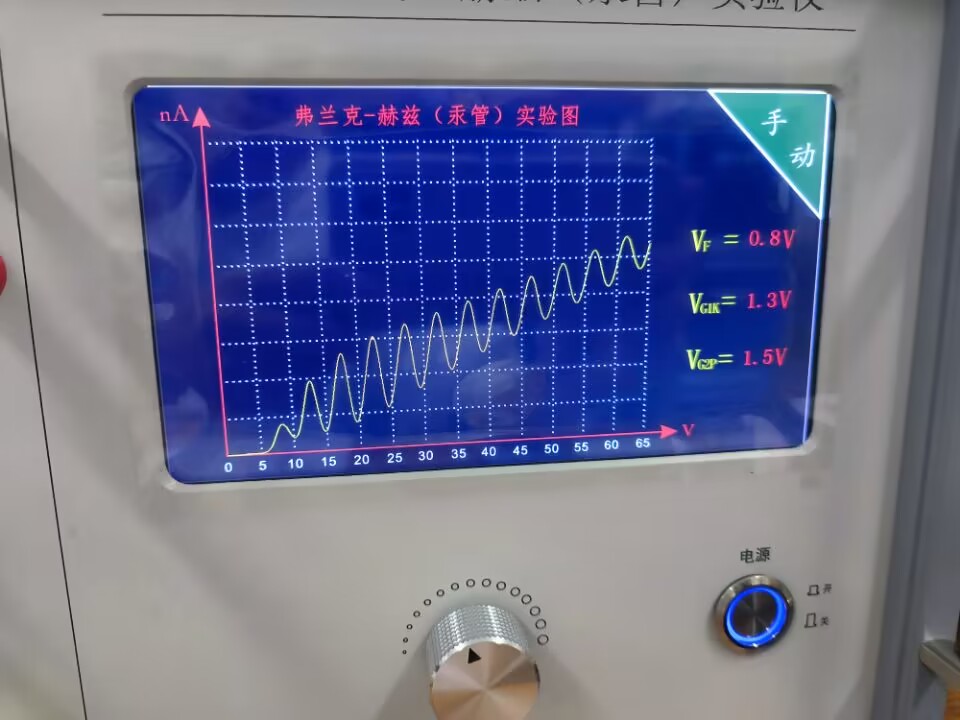
1. 、、



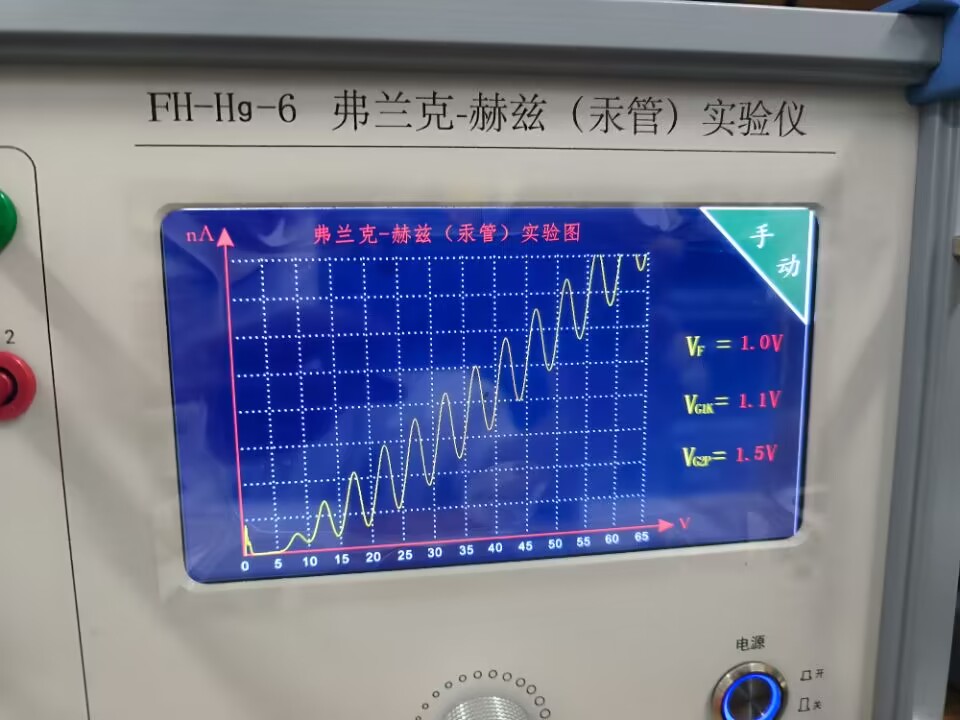
1. 、、



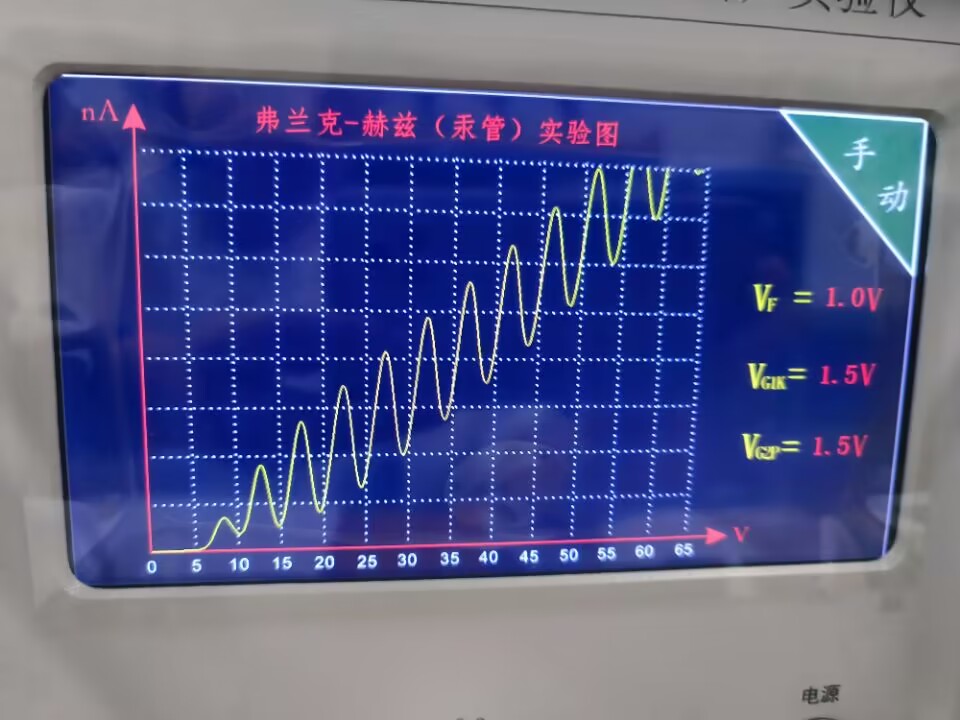
1. 、、



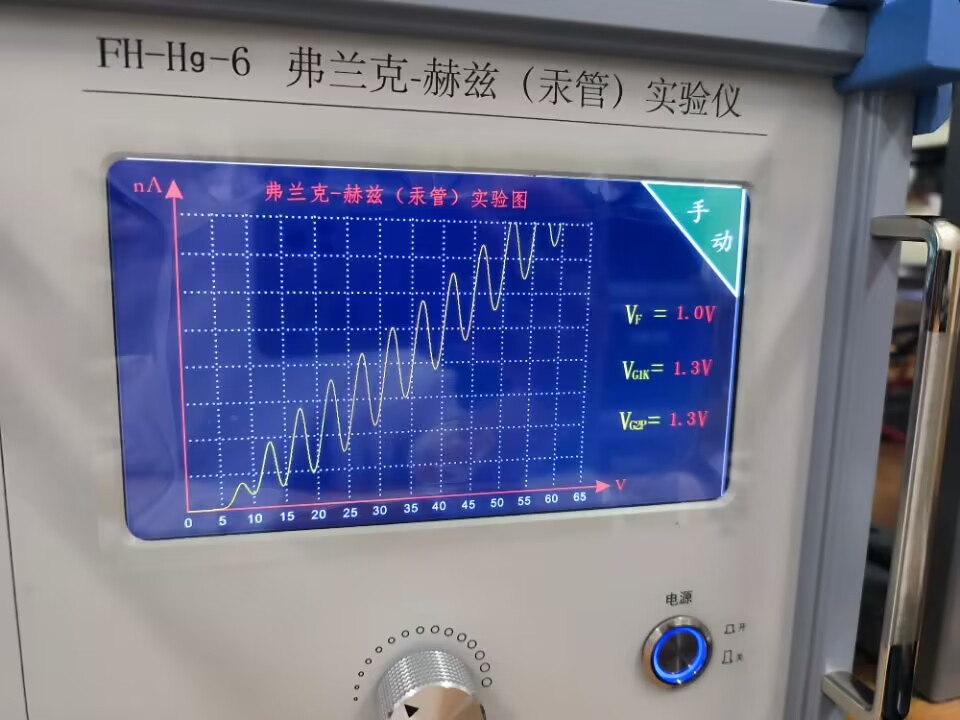
1. 、、



1. 、、



1. 、、



1. 、、

1.调节时

（1）调小，现象：波峰下降，波峰与波谷差距减小，最后几乎变为一条直线；但是T不变

（2）调大，现象：波峰波谷均上升，且二者差距逐渐增大；但T不变

（3）现象解释：灯丝温度越高阴极发射电子的能力越强；提高灯丝电压使得灯丝温度升高，阴极发射电子的能力增强。 发射的电子多，打出来的的电子数目也多，使得波峰波谷都上升，且差距增大。

2.调节时

（1）调小：无明显现象

（2）调大：无明显现象

（3）现象解释：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。改变其大小对示波器图像无影响。

3.调节时

（1）调小：波峰减少

（2）调大：波峰增加

（3）现象解释：减小，电子所带的能量减少，能打出的的电子数目减少，因此打在示波器上的电子减少，图像也就减少了。

2.测量汞原子的第一激发电位

（1）数据测量

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | 0 | 22 | 82 | 39 | 89 | 56 | 209 |
| 5.5 | 1 | 22.5 | 73 | 39.5 | 101 | 56.5 | 207 |
| 6 | 3 | 23 | 53 | 40 | 118 | 57 | 198 |
| 6.5 | 6 | 23.5 | 36 | 40.5 | 135 | 57.5 | 184 |
| 7 | 11 | 24 | 33 | 41 | 147 | 58 | 173 |
| 7.5 | 16 | 24.5 | 41 | 41.5 | 150 | 58.5 | 171 |
| 8 | 17 | 25 | 55 | 42 | 141 | 59 | 178 |
| 8.5 | 15 | 25.5 | 72 | 42.5 | 124 | 59.5 | 192 |
| 9 | 11 | 26 | 87 | 43 | 109 | 60 | 208 |
| 9.5 | 9 | 26.5 | 99 | 43.5 | 106 | 60.5 | 221 |
| 10 | 10 | 27 | 97 | 44 | 111 | 61 | 230 |
| 10.5 | 15 | 27.5 | 84 | 44.5 | 123 | 61.5 | 229 |
| 11 | 24 | 28 | 64 | 45 | 141 | 62 | 221 |
| 11.5 | 33 | 28.5 | 50 | 45.5 | 156 | 62.5 | 208 |
| 12 | 42 | 29 | 49 | 46 | 166 | 63 | 198 |
| 12.5 | 43 | 29.5 | 59 | 46.5 | 168 | 63.5 | 197 |
| 13 | 35 | 30 | 75 | 47 | 158 | 64 | 203 |
| 13.5 | 22 | 30.5 | 93 | 47.5 | 141 | 64.5 | 216 |
| 14 | 13 | 31 | 108 | 48 | 128 | 65 | 231 |
| 14.5 | 14 | 31.5 | 115 | 48.5 | 125 |  |  |
| 15 | 21 | 32 | 112 | 49 | 132 |  |  |
| 15.5 | 33 | 32.5 | 96 | 49.5 | 145 |  |  |
| 16 | 47 | 33 | 78 | 50 | 162 |  |  |
| 16.5 | 58 | 33.5 | 67 | 50.5 | 177 |  |  |
| 17 | 65 | 34 | 69 | 51 | 187 |  |  |
| 17.5 | 60 | 34.5 | 80 | 51.5 | 186 |  |  |
| 18 | 44 | 35 | 97 | 52 | 177 |  |  |
| 18.5 | 26 | 35.5 | 113 | 52.5 | 161 |  |  |
| 19 | 19 | 36 | 127 | 53 | 150 |  |  |
| 19.5 | 25 | 36.5 | 133 | 53.5 | 148 |  |  |
| 20 | 37 | 37 | 126 | 54 | 155 |  |  |
| 20.5 | 52 | 37.5 | 109 | 54.5 | 169 |  |  |
| 21 | 66 | 38 | 93 | 55 | 186 |  |  |
| 21.5 | 79 | 38.5 | 85 | 55.5 | 200 |  |  |

（2）数据处理实验曲线如下：

拟合出的包络线方程为

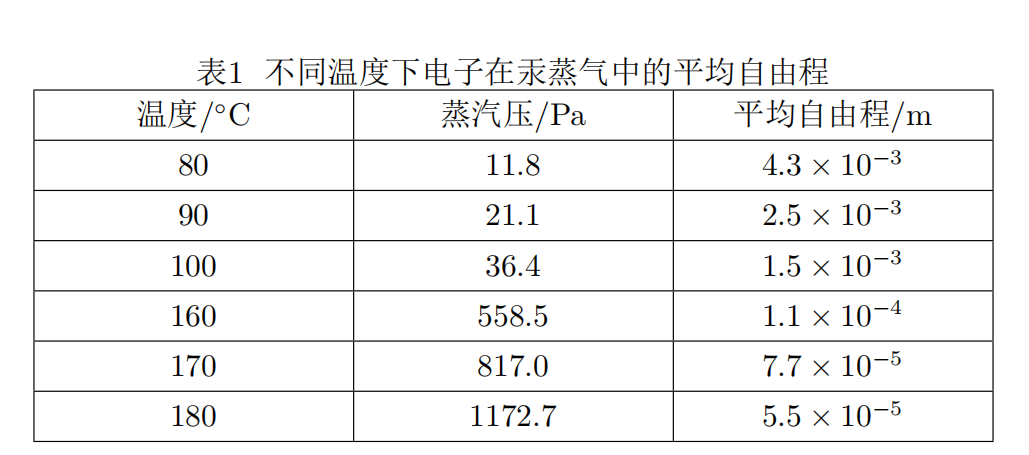
|  |  |
| --- | --- |
| 模型 | Parabola |
| 方程 | y=A+B\*x+C\*x^2 |
| A | -5.30656±1.03496 |
| B | 0.84866±0.06721 |
| C | 0.-3739±9.37144E-4 |
| Reduced Chi-Sqr | 7.90677 |
| R平方 | 0.997696 |
| 调整后的R平方 | 0.99792 |

1. 由波峰分析获取波峰对应的值利用最小二乘法求第一激发电位

查询资料，得知汞原子的第一激发电位为

3.汞蒸汽中电子的平均自由程与温度、蒸汽压 的关系为

其中为玻尔兹曼常数，汞原子原子半径r = 0.176 nm 查表可知不同温度下汞蒸气蒸汽压，并计算得该温度下电子在汞蒸气中的平均自由程，计算结果如表1所示：



# 提高内容：

测量汞原子较高能级的激发曲线

按下“高激”模式，将和短接。炉温从降至。将灯丝电压、拒斥电压缓慢调节到仪器的“出厂检验参考值”。、、。采用“自动”模式，测量汞原子较高能级的激发曲线，分析汞原子较高能级激发曲线的特征变化。



# 思考题：

1.曲线电流下降并不十分陡峭，主要原因是什么？

K极发出的电子能量不完全相同，服从麦克斯韦统计分布规律，部分电子能量不足无法将能量传递给汞原子，因此电流缓慢下降。

**2.的谷值并不为零，而且谷值依次沿轴升高，如何解释？**

由K极发出的电子并不全都与原子相撞，这些未相撞的电子能量随增大而增大，使得电流增大。

**3.第一峰值所对应的电压是否等于第一激发电位？原因是什么？**

否。原因：在较小时，电子不足以全部打到阴极上，会滞留在阴极附近，进而继续阻止其他电子，电子就不能全部参与导电。此时的峰值电压实际上还要克服这些滞留电子的阻碍，因此稍大于第一激发电位。

**4.写出氩（或汞）原子第一激发态与基态的能级差。**

过程见数据处理，汞原子：