



弗兰克-赫兹实验

沈嘉泓 13307110052

杨卉 14300200028





弗兰克-赫兹实验的重要性

1914年，弗兰克、赫兹在研究充汞放电管的气体放电现象时，发现透过汞蒸气的电子流随电子的能量变化显现出周期性的变化，同年拍摄到汞发射253.7 nm的谱线。1920年，测得了汞较高的激发能级。

——证实了原子内部能量是量子化的。



弗兰克-赫兹实验口头报告

1

实验原理

2

实验内容

1. 汞原子第一激发电位的测量
2. 汞原子较高激发能级的测量
3. 汞原子电离电位的测量

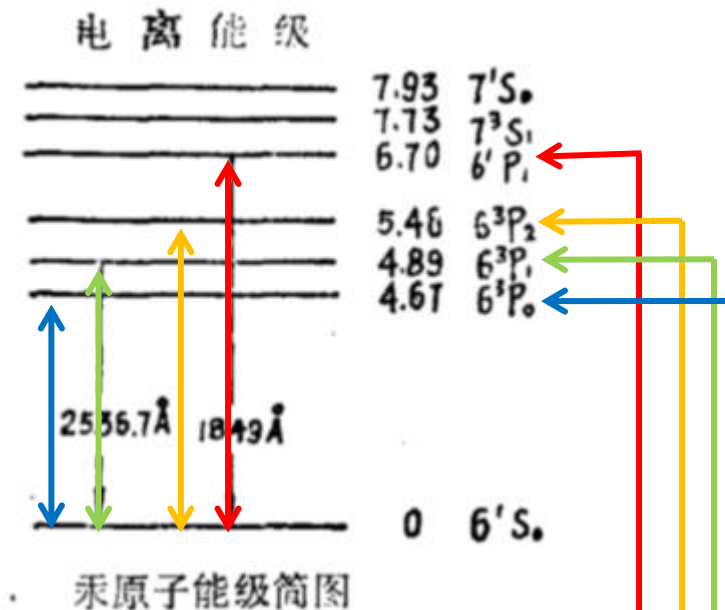
3

讨论

4

实验结果

汞原子最外层有两个电子，决定汞原子的能态。



HF = hyperfine induced transition 超精细诱导跃迁

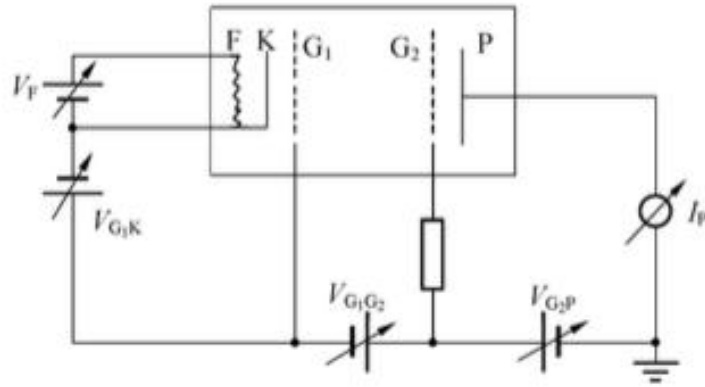
NIST Atomic Spectra Database Lines Data

Ion	Observed Wavelength Vac (nm)	Ritz Wavelength Vac (nm)	Rel. Int. (?)	A_{ki} (s ⁻¹)	Acc.	E_i (cm ⁻¹)	E_k (cm ⁻¹)	Lower Level Conf., Term, J	Upper Level Conf., Term, J	Type	TP Ref.
Hg I	184.94994	184.949946	5000r	7.46e+08	A	0.000 - 54 068.6829	5d ¹⁰ 6s ² 1S 0	5d ¹⁰ 6s6p 1P ^o 1	1		T7227
Hg I	226.980	226.98113				0.000 - 44 042.909	5d ¹⁰ 6s ² 1S 0	5d ¹⁰ 6s6p 3P ^o 2	2	HF	
Hg I	253.6521	253.65209	900000	8.40e+06	A+	0.000 - 39 412.237	5d ¹⁰ 6s ² 1S 0	5d ¹⁰ 6s6p 3P ^o 1	1		T7227
Hg I	265.58	265.56062				0.000 - 37 644.982	5d ¹⁰ 6s ² 1S 0	5d ¹⁰ 6s6p 3P ^o 0	0	HF	

图：刘复汉. 汞原子较高激发能级测量的研究[J]. 物理实验, 1985, 5(6): 209-212

数据：NIST Atomic Spectra Database Line Data

以测量汞第一激发电位的电路为例：



加热灯丝——电子源；

电子在金属栅极K，G2间加速：

电子能量 \geq 汞的第一激发势，电子能量传递给汞原子，电子能量变小，汞原子跃迁；

电子能量 $<$ 汞的第一激发势，电子与汞原子发生弹性碰撞，最终被收集；

减速电压——电子减速（如果没有减速电压，那么会收集到发生能量转移而能量变低的电子）。



弗兰克-赫兹实验口头报告

1

实验原理

2

实验内容

1. 汞原子第一激发电位的测量
2. 汞原子较高激发能级的测量
3. 汞原子电离电位的测量

3

讨论

4

实验结果

实验内容

PART

01

汞原子第一激发电位的测量

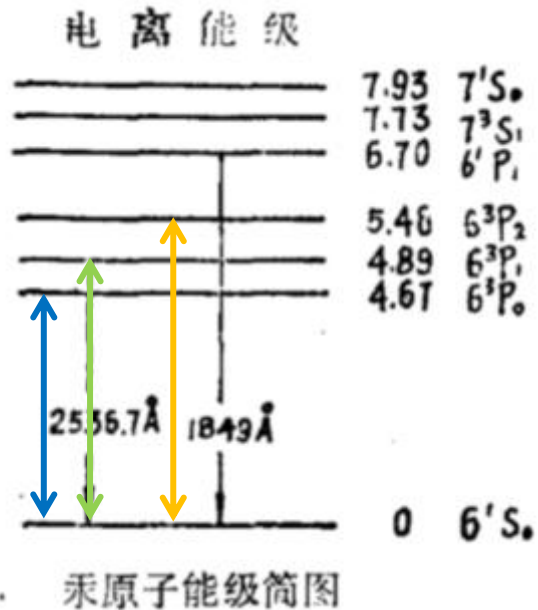


汞原子第一激发电位的测量

目的与实验装置

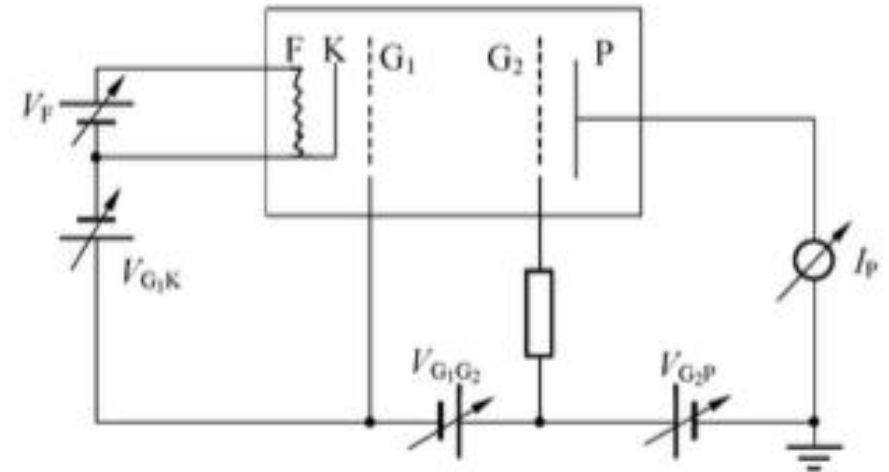
实验目的:

希望测量得到汞的第一激发态



实验电路原理:

K、G1间加速，G1、G2间加速碰撞，
G2、P间减速



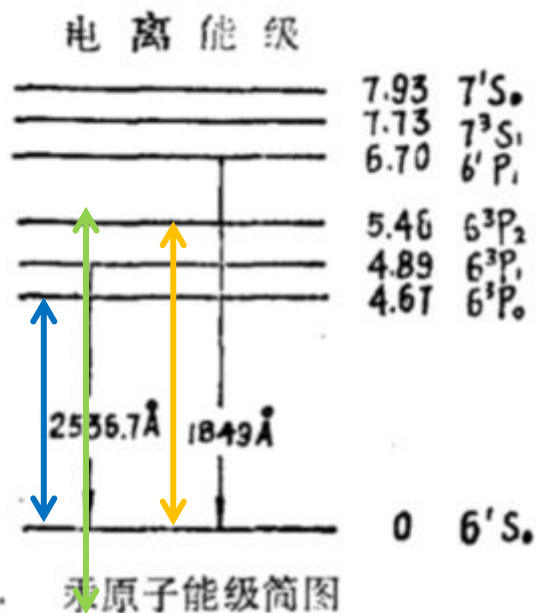


汞原子第一激发电位的测量

目的与实验装置

实验目的:

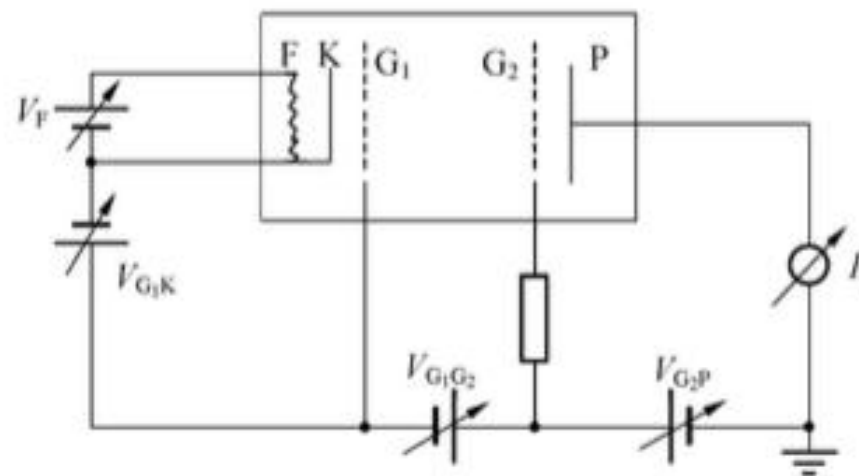
希望测量得到汞的第一激发态



4.89 eV

实验电路原理:

K、G1间加速，G1、G2间加速碰撞，
G2、P间减速

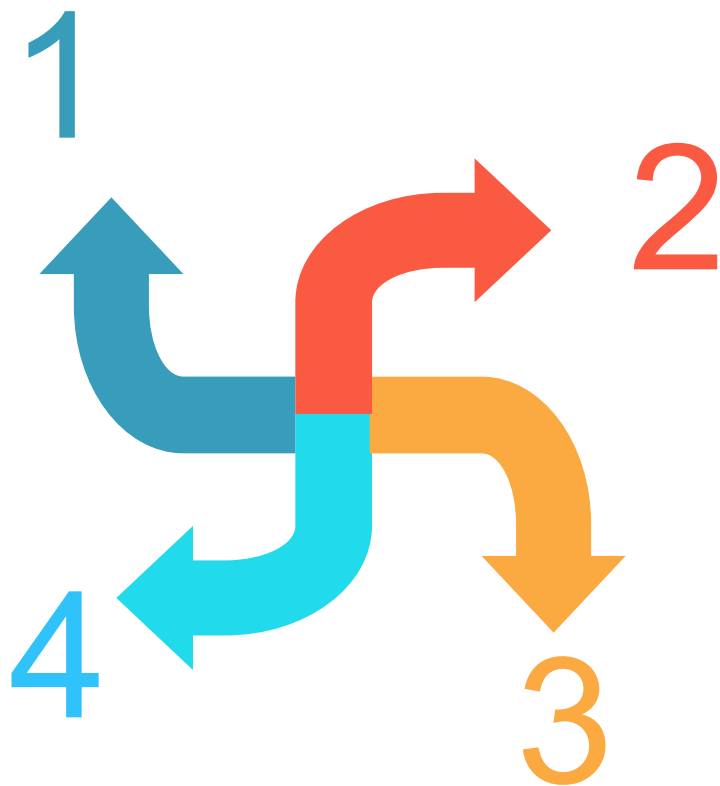


汞原子第一激发电位的测量

最佳实验条件选择

灯丝电压 V_F

汞蒸气温度



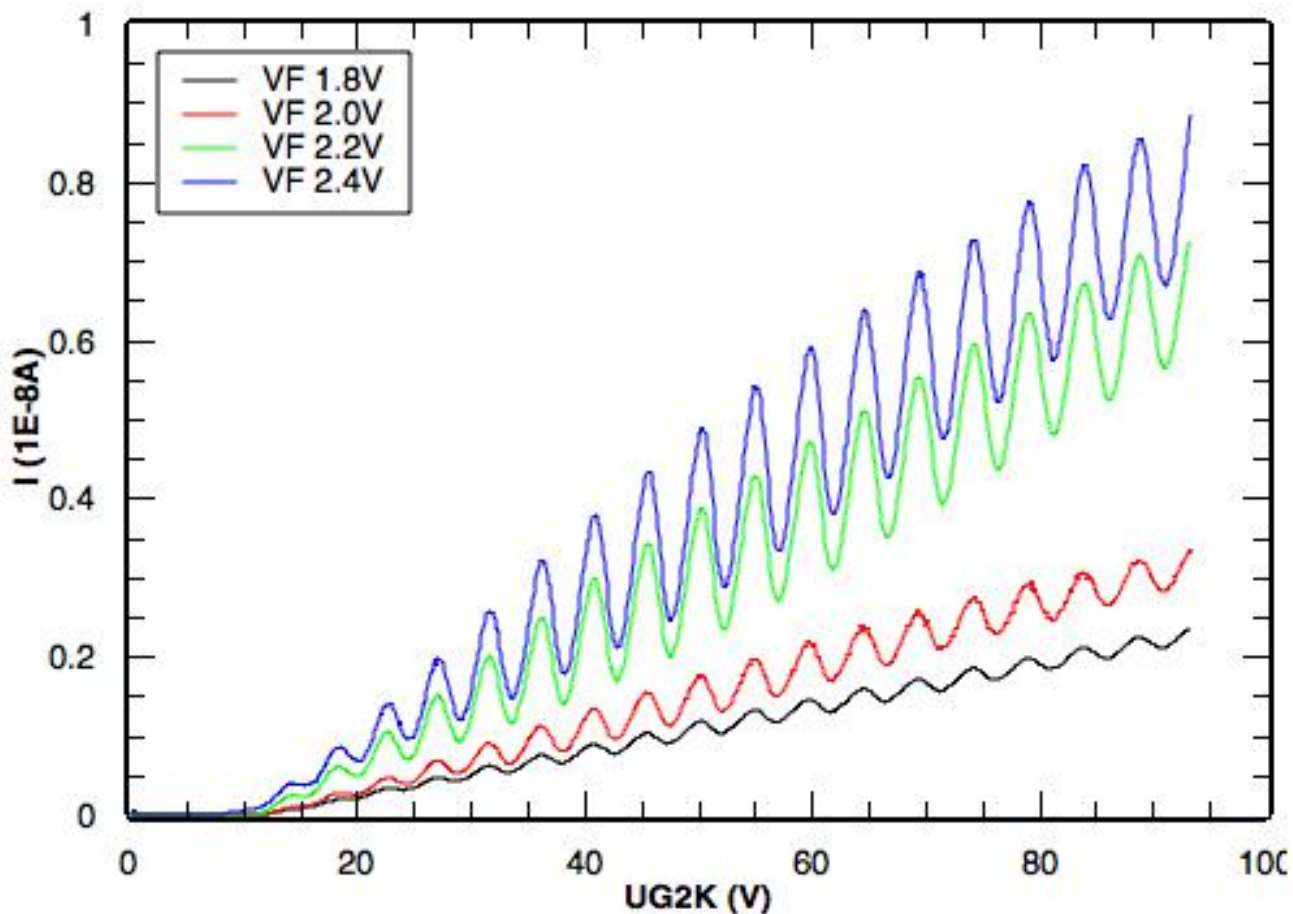
控制栅电压 V_{G1K}

减速电压 V_{G2P}



汞原子第一激发电位的测量

$I-U_{G2K}$ 曲线与灯丝电压 V_F 的关系



实验条件

$T = 180\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{G1K} = 1\text{ V}$, $V_{G2P} = 1.5\text{ V}$;

$V_F = 1.8, 2.0, 2.2, 2.4\text{ V}$

观察结果

随着灯丝电压 V_F 增大，曲线明显上移，峰谷间差值变大，峰位没有明显移动。

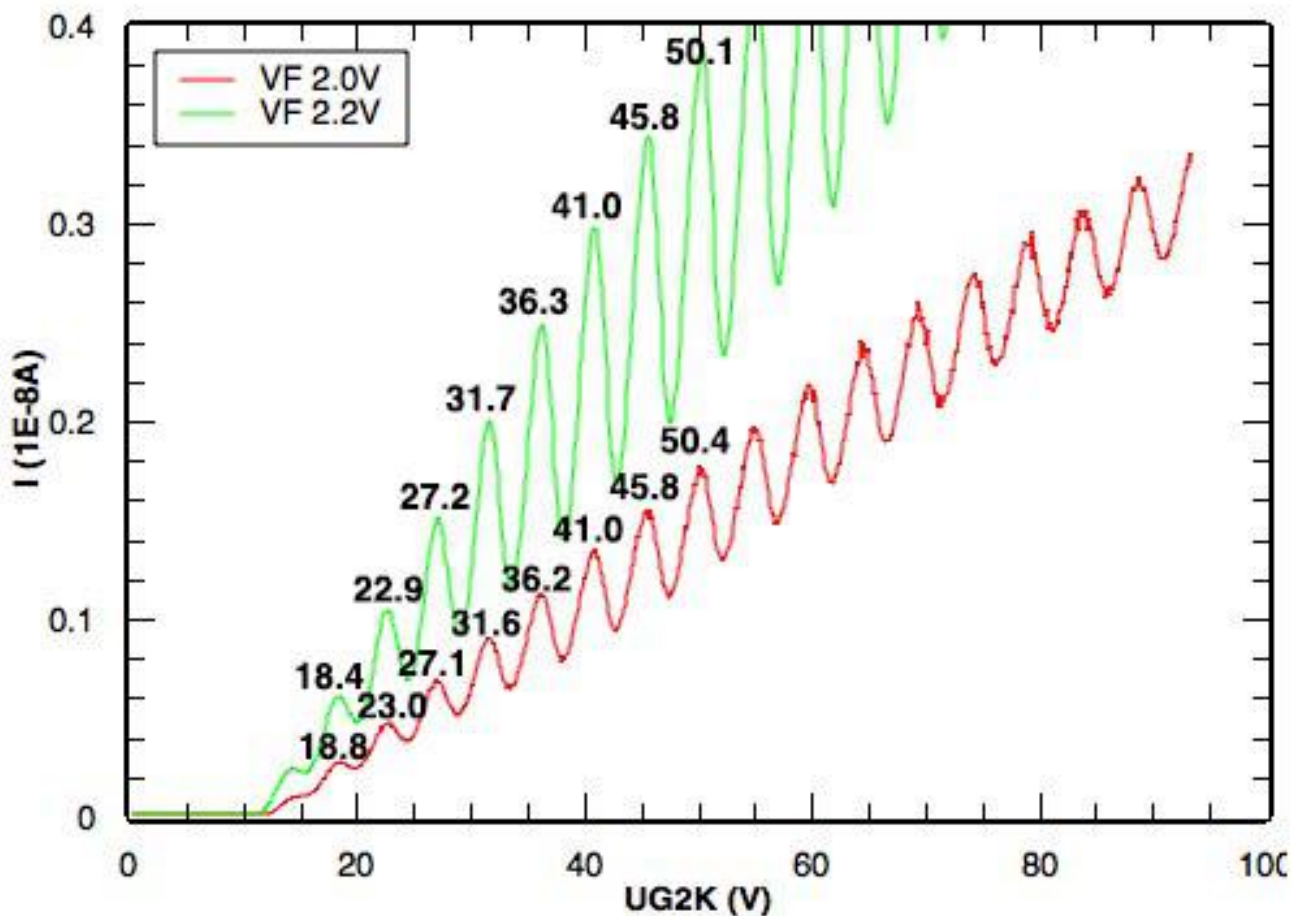
结果分析

V_F 升高，灯丝温度升高，单位时间阴极发射电子增多，热阴极发射电子平均初动能增加，单位时间到达极板电子增多，使板流 I_P 增大，曲线上移。



汞原子第一激发电位的测量

$I-U_{G2K}$ 曲线与灯丝电压 V_F 的关系



数据处理

寻找 $I-U$ 曲线峰位，发现前几峰峰位左移。

现象分析

热阴极发射电子平均初动能增加，电子在较小加速电压下就可以获得足够能量激发汞原子到第一激发态，因此所需加速电压减小，峰位左移。

问题提出

为什么只有前几峰左移？

结论猜想

1. 灯丝电压不稳定。
2. 在较大加速电压下，由于灯丝电压变化而带来的电子能量的变化不明显。

汞原子第一激发电位的测量

最佳实验条件选择

灯丝电压 V_F

越大越好，但不能太大，不然会超过量程，造成测量误差和麻烦，初步选定2.4V

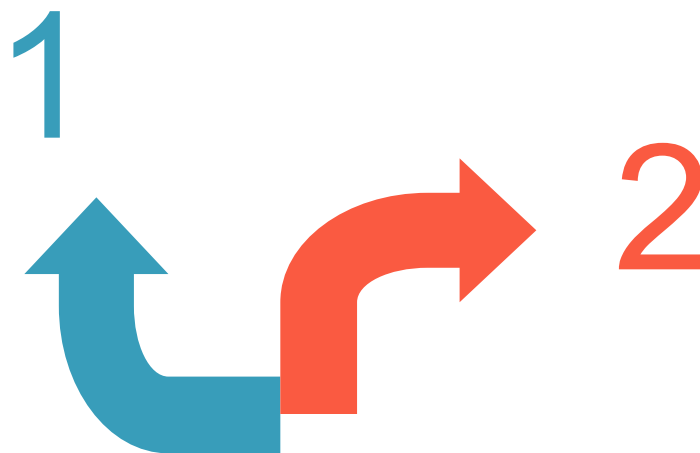


汞原子第一激发电位的测量

最佳实验条件选择

灯丝电压 V_F

越大越好，但不能太大，不然会超过量程，造成测量误差和麻烦，初步选定2.4V

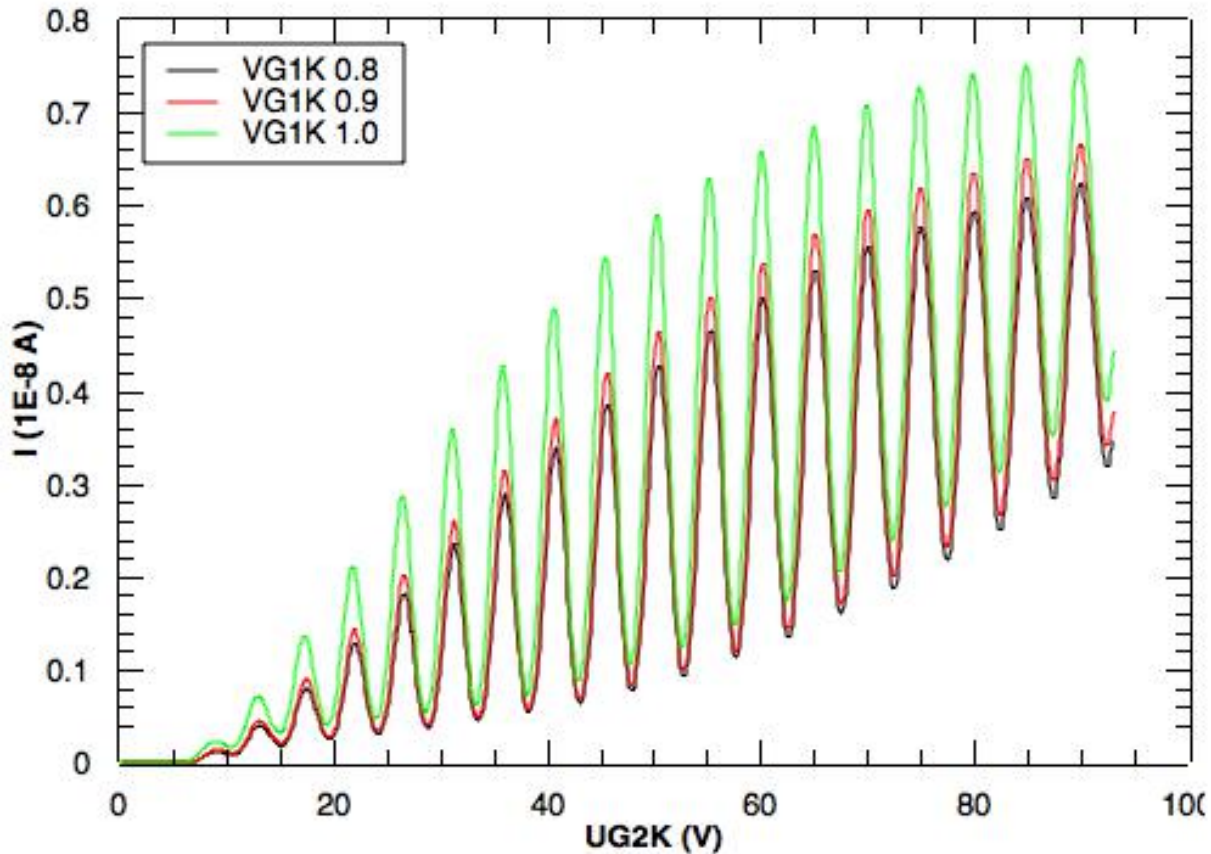


控制栅电压 V_{G1K}



汞原子第一激发电位的测量

$I-U_{G2K}$ 曲线与控制栅电压 V_{G1K} 的关系



实验条件

$T = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_F = 2.4\text{ V}$, $V_{G2P} = 1.5\text{ V}$;

$V_{G1K} = 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2\text{ V}$

观察结果

当控制栅电压 V_{G1K} 增不超过1.0V时，随着 V_{G1K} 增大，曲线上移，峰谷间差值变大，峰位没有明显移动。

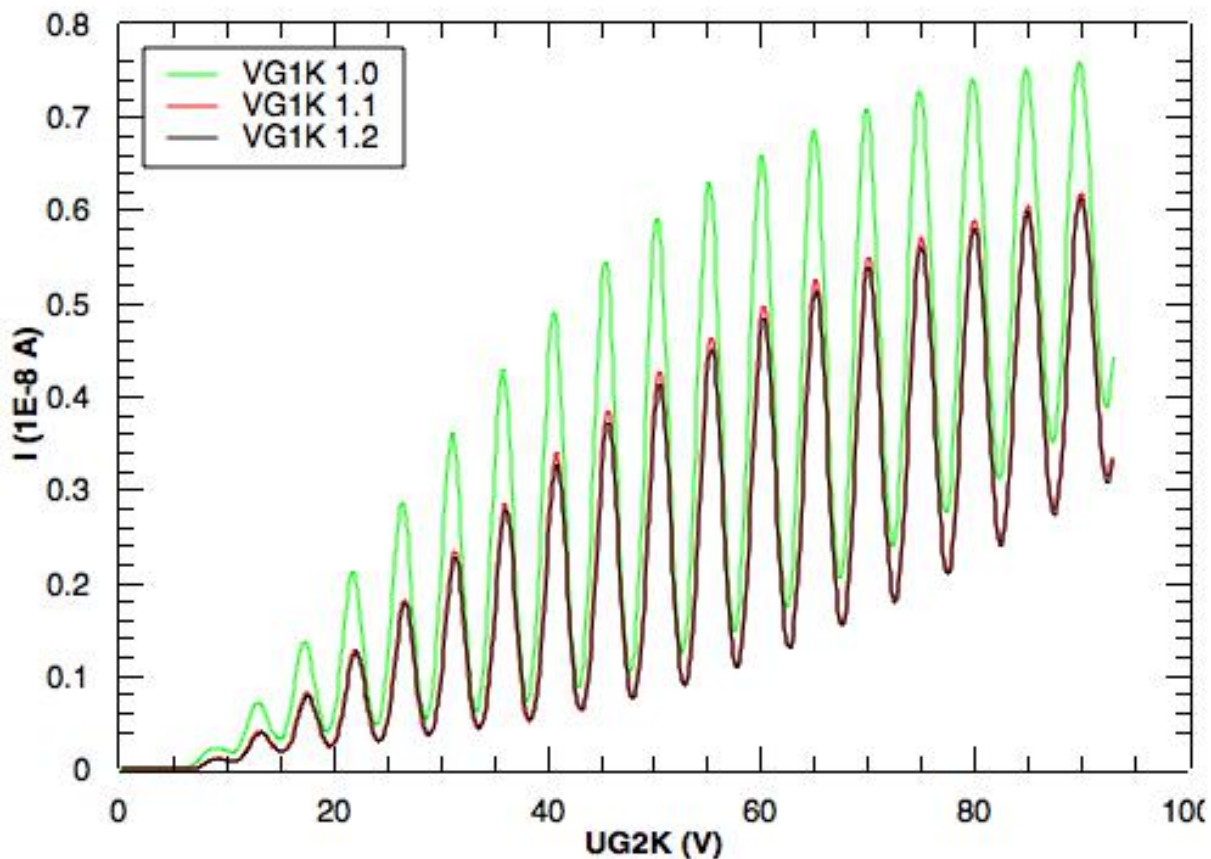
结果分析

阴极发射的电子初速度很小，聚集在阴极附近形成空间电荷层， V_{G1K} 的作用是消除电子在阴极附近的堆积效应。增大 V_{G1K} ，就是提高了发射效率，因此单位时间到达极板电子也增多，使板流 I_P 增大，曲线上移。



汞原子第一激发电位的测量

$I-U_{G2K}$ 曲线与控制栅电压 V_{G1K} 的关系



观察结果

当 V_{G1K} 超过1.0V以后，随着 V_{G1K} 增大，曲线下移，峰谷间差值变小，峰位没有明显移动。

结果分析

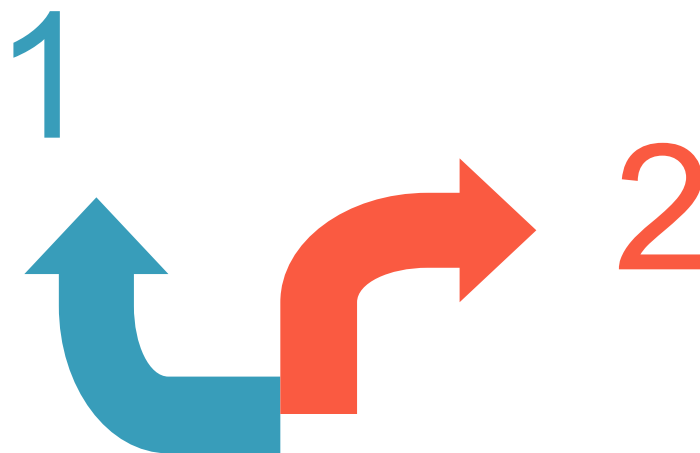
V_{G1K} 过大时，电子会被吸引到G1极上，进入碰撞空间的电子流减小，单位时间到达极板电子减少，反而使板流IP减小，曲线下移。

汞原子第一激发电位的测量

最佳实验条件选择

灯丝电压 V_F

越大越好，但不能太大，不然会超过量程，造成测量误差和麻烦，初步选定2.4V



控制栅电压 V_{G1K}

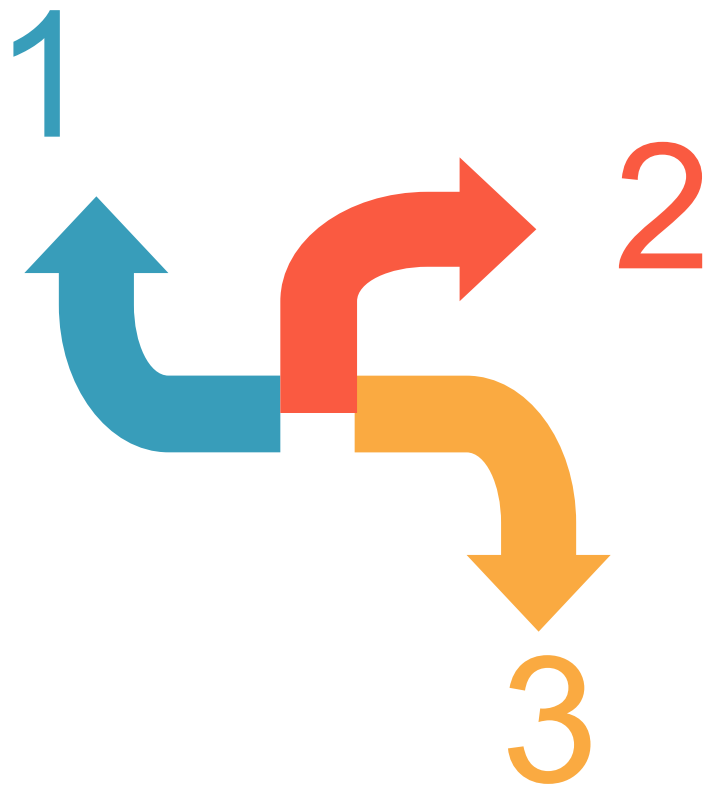
在1.0V处达到最好的效果。过小无法消除空间电荷效应，过大会减少进入碰撞空间的电子流。

汞原子第一激发电位的测量

最佳实验条件选择

灯丝电压 V_F

越大越好，但不能太大，不然会超过量程，造成测量误差和麻烦，初步选定2.4V



控制栅电压 V_{G1K}

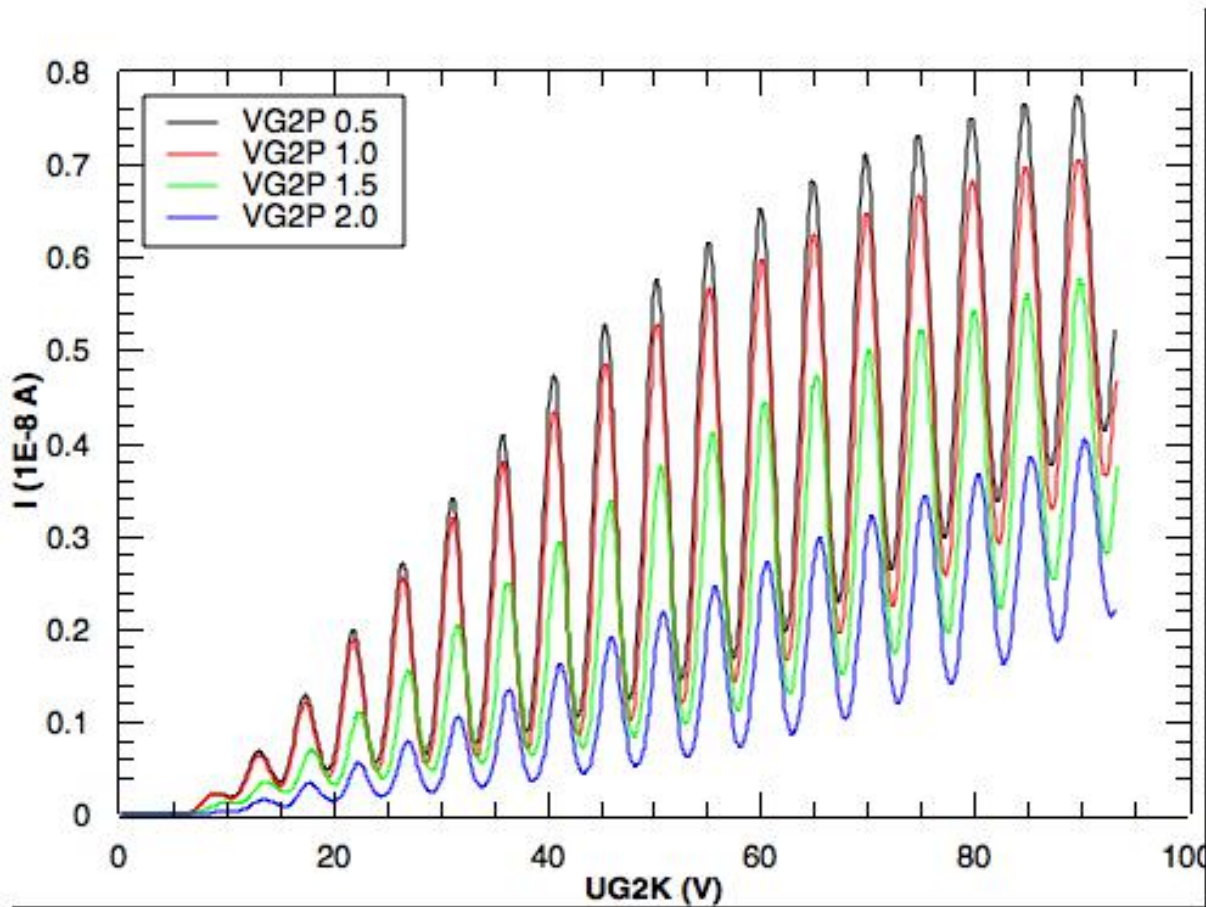
在1.0V处达到最好的效果。过小无法消除空间电荷效应，过大会减少进入碰撞空间的电子流。

减速电压 V_{G2P}



汞原子第一激发电位的测量

$I-U_{G2K}$ 曲线与减速电压 V_{G2P} 的关系



实验条件

$T = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_F = 2.4\text{ V}$, $V_{G1K} = 1.0\text{ V}$;

$V_{G2P} = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0\text{ V}$

观察结果

随着减速电压 V_{G2P} 增大，曲线下移，峰谷间差值变小，峰位没有明显移动。

结果分析

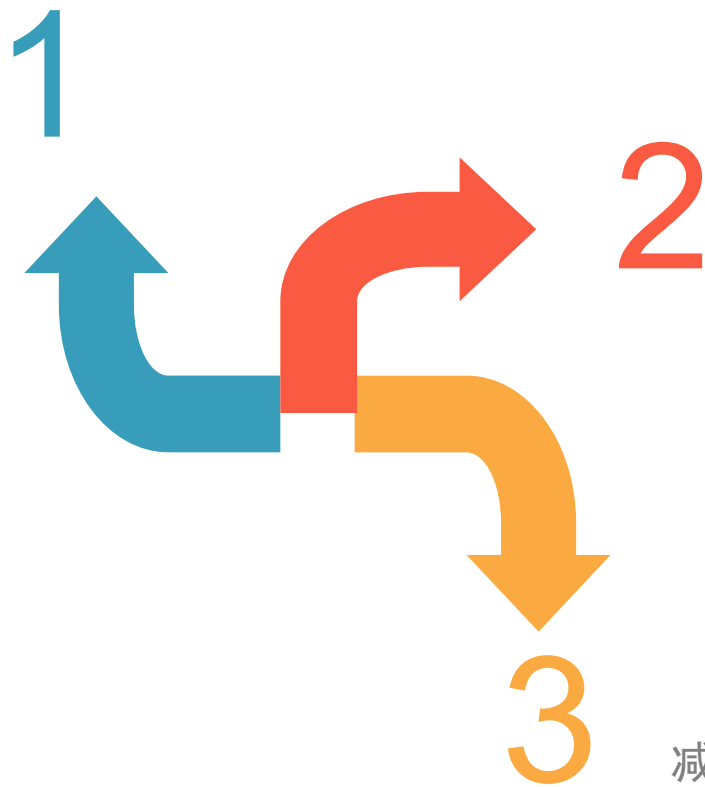
V_{G2P} 的作用是使G2处能量较低电子不能到达极板。因此增大 V_{G2P} ，单位时间到达极板电子减少，使板流 I_P 减小，曲线下移。

汞原子第一激发电位的测量

最佳实验条件选择

灯丝电压 V_F

越大越好，但不能太大，不然会超过量程，造成测量误差和麻烦，初步选定2.4V



控制栅电压 V_{G1K}

在1.0V处达到最好的效果。过小无法消除空间电荷效应，过大会减少进入碰撞空间的电子流。

减速电压 V_{G2P}

减速电压越小，更多的电子能到达极板。但是过小会使电流超量程。初步选定0.5V。

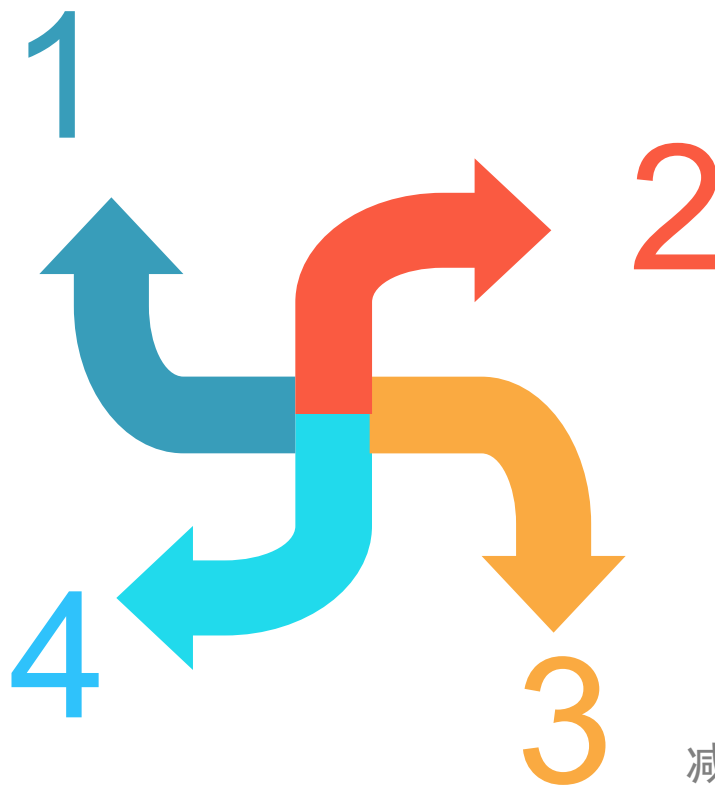
汞原子第一激发电位的测量

最佳实验条件选择

灯丝电压 V_F

越大越好，但不能太大，不然会超过量程，造成测量误差和麻烦，初步选定2.4V

汞蒸气温度



控制栅电压 V_{G1K}

在1.0V处达到最好的效果。过小无法消除空间电荷效应，过大会减少进入碰撞空间的电子流。

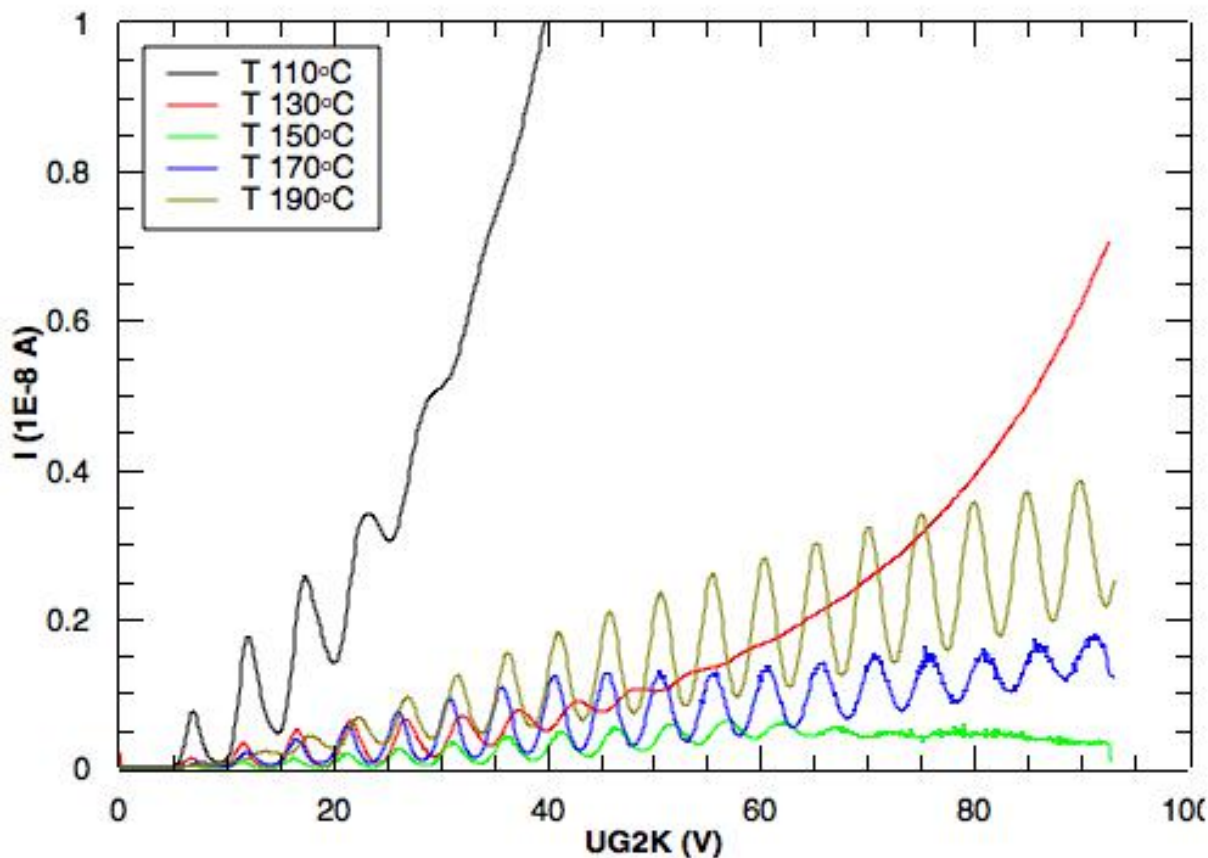
减速电压 V_{G2P}

减速电压越小，更多的电子能到达极板。但是过小会使电流超量程。初步选定0.5V。



汞原子第一激发电位的测量

$I-U_{G2K}$ 曲线与汞蒸汽温度 T 的关系



实验条件

$V_F = 2.4 \text{ V}$, $V_{G1K} = 1.0 \text{ V}$, $V_{G2P} = 1.5 \text{ V}$;

$T = 110、130、150、170、190 \text{ } ^\circ\text{C}$

观察结果

在低温区 (110-150度), 曲线随温度升高而降低; 在高温区 (150-190度), 温度升高, 曲线升高, 峰数量增加, 峰谷间差值变大, 峰位存在移动现象。

结果分析

温度低时, 管内容易因气体电离而击穿, 这解释了图中低温区曲线突然上升的现象。此时汞原子密度小, 电子平均自由程大, 电子能量高, 因此可以观测到第一个峰。若要观测到较多的峰, 需要较高的温度。

可发现峰位的移动左右不定, 猜想是由于设备升温时不稳定造成的。



汞原子第一激发电位的测量

I-U_{G2K}曲线与汞蒸汽温度T的关系

平均自由程与温度的关系

电子在稀薄气体中的平均自由程为 $\bar{\lambda} = \frac{4kT}{\pi d^2 p}$

其中k为玻耳兹曼常数，d为气体分子的直径，T为温度，p为压强。而汞管中汞的蒸气压与温度的关系为：

$$\log(p) = -\frac{3200}{T} + 10.125$$

综合两式，得到 $\bar{\lambda}$ 和T的函数关系 $\bar{\lambda} = f(T)$ ，容易算得 $f'(T) < 0$ 。因此电子平均自由程随温度的升高而降低。

因此，温度升高时，电子的平均自由程减小，电子和汞原子碰撞几率增大，有更多的电子和汞原子发生非弹性碰撞使电子失去能量，从而使峰谷差增大。

汞原子第一激发电位的测量

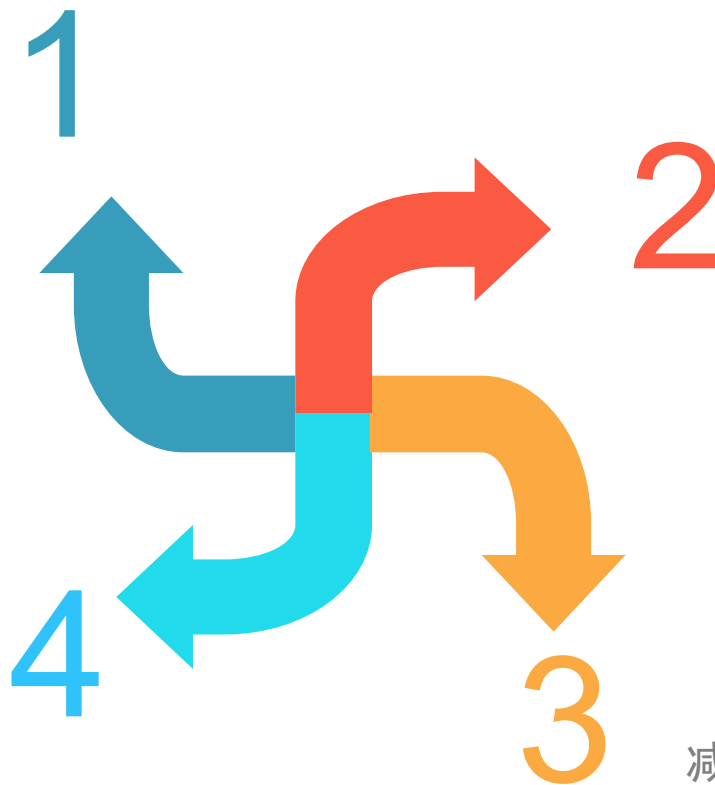
最佳实验条件选择

灯丝电压 V_F

越大越好，但不能太大，不然会超过量程，造成测量误差和麻烦，初步选定2.4V

汞蒸气温度

为得到更多的峰，需要选取尽可能高的温度。初步选定190度。



控制栅电压 V_{G1K}

在1.0V处达到最好的效果。过小无法消除空间电荷效应，过大会减少进入碰撞空间的电子流。

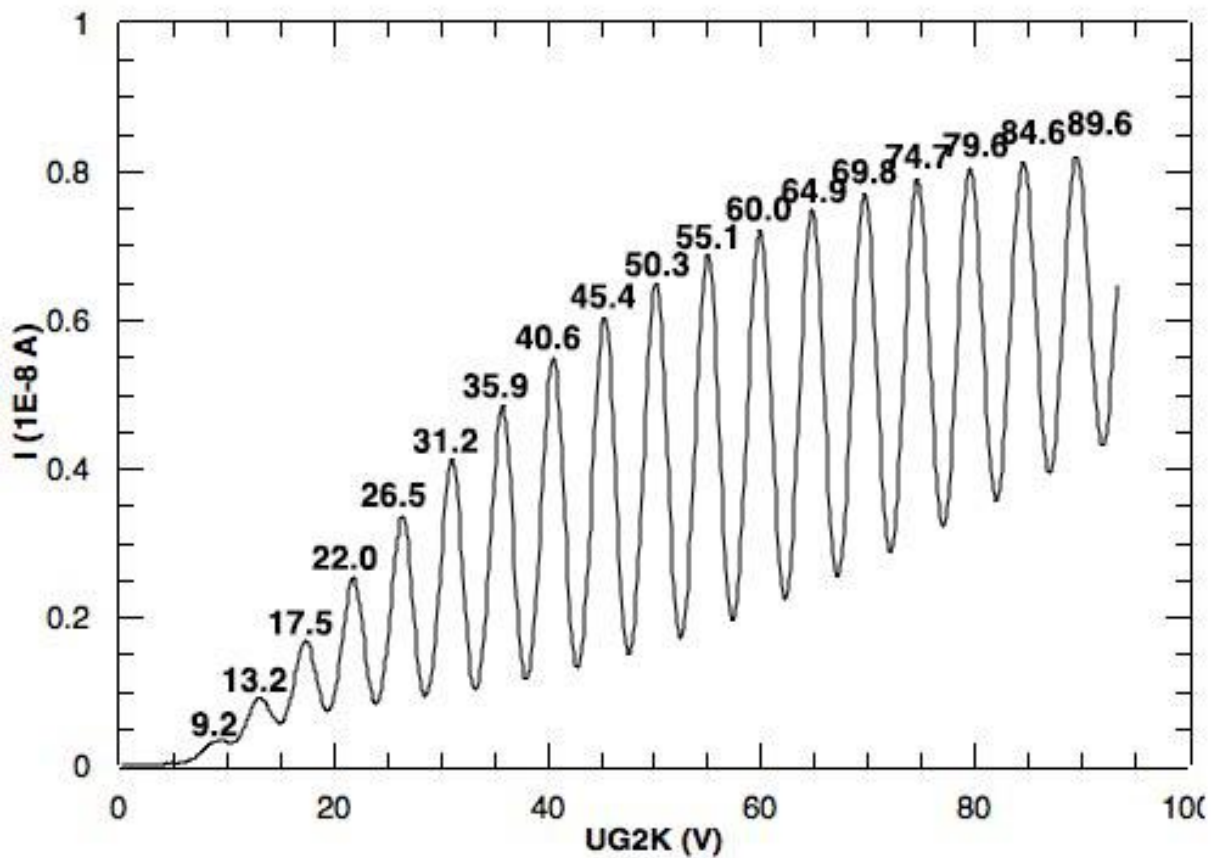
减速电压 V_{G2P}

减速电压越小，更多的电子能到达极板。但是过小会使电流超量程。初步选定0.5V。



汞原子第一激发电位的测量

最佳条件下的第一激发电位测量



实验条件

$T = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_F = 2.4\text{ V}$, $V_{G1K} = 1.0\text{ V}$, $V_{G2P} = 0.5\text{ V}$



汞原子第一激发电位的测量

最佳条件下的第一激发电位测量

相邻峰位差值 (V)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Avg
4.0	4.3	4.5	4.5	4.7	4.7	4.7	4.8	4.9	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	4.73

现象发现

我们发现峰间距逐渐变大，从第一二个峰之间4.0V的间距，变为最后两峰间5.0V的间距。

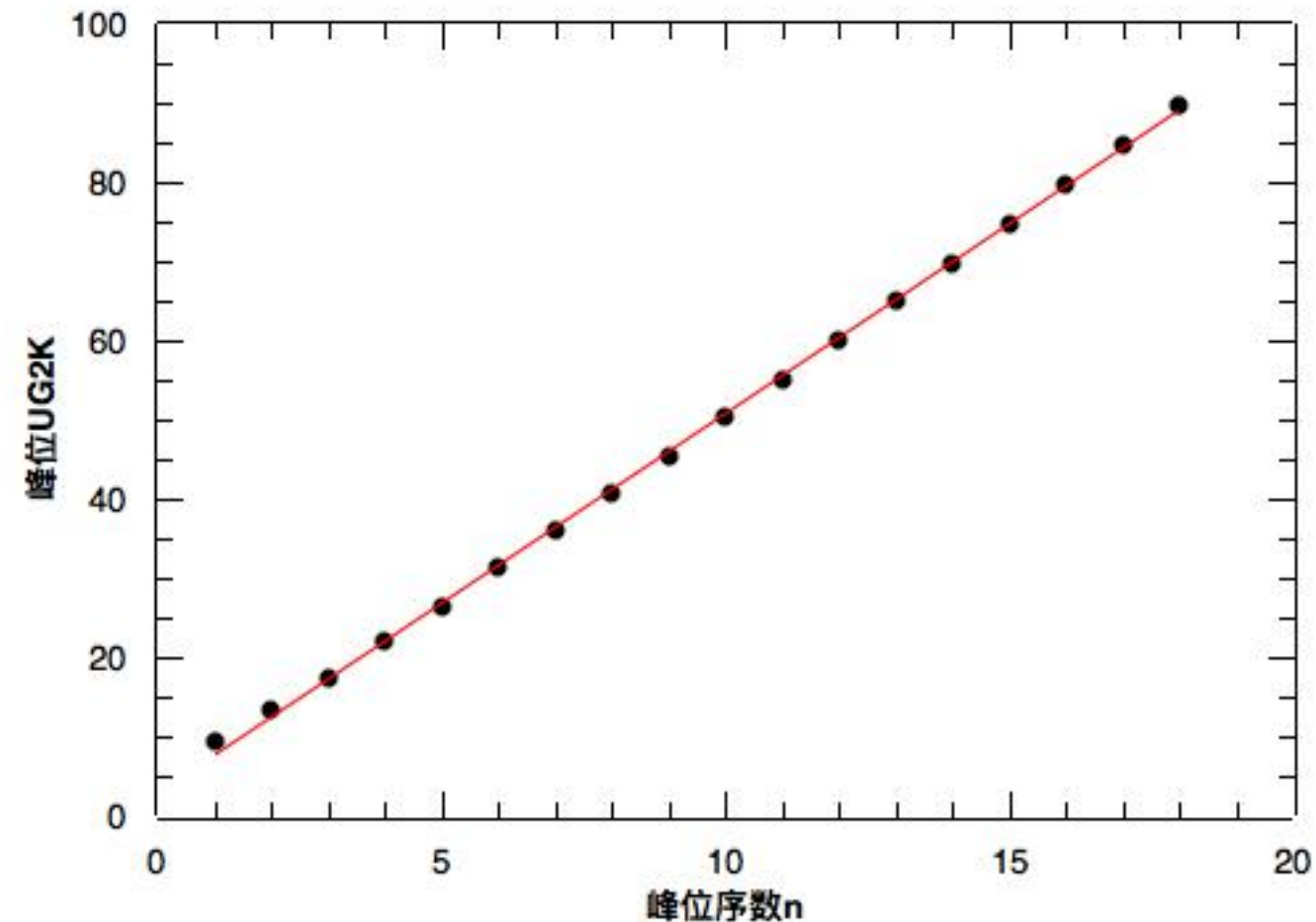
原理分析

由于我们不能保证电子一旦加速到汞原子第一激发态能量时，就立刻与汞原子发生非弹性碰撞，因而电子在激发能级之前，会走一段额外的加速路程。在加速电压较小的时候，如果电子在额外加速过程中累积的能量小于0.22eV（即4.67~4.89eV之差），在这种条件下，起主导作用的是 6^3P_0 激发态，因而前几峰间距会较小。随着加速电压逐渐增大， 6^3P_1 激发的比例会上升。而当额外能量达到0.79eV时， 6^3P_2 的影响又会增大。因此，随着加速电压的逐渐增大，发生较高能级激发的电子比例会增加，最终导致峰峰间距增大。



汞原子第一激发电位的测量

最佳条件下的第一激发电位测量



峰位拟合

$$a=3.052\pm 0.272$$

$$b=4.767\pm 0.025$$

$$R^2=0.9996$$

汞的第一激发电压： 4.77 ± 0.03 V



汞原子第一激发电位的测量

最佳条件下的第一激发电位测量

相邻峰位差值 (V)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Avg
4.0	4.3	4.5	4.5	4.7	4.7	4.7	4.8	4.9	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	4.73

实验分析

1. 使用线性拟合的结果4.77eV比使用平均值求得的结果4.73eV更接近汞的第一激发能级的真实值4.89eV，但是仍然存在一定的误差。相对误差2.45%。
2. 猜想可能是因为汞最低激发态中还有一个能量为4.67eV的 6^3P_0 能级，但根据资料的查阅，发现该能级为亚稳能级，激发截面很小，很难由实验仪器观测到。
3. 第一二峰间距为4.0V，是本实验较大误差的主要原因。对于这个现象，我们通过查阅文献，发现在较高温度（大于180度）测量汞原子第一激发电位实验中，第一个峰间距的测量值往往就是4.0V。这个不能用之前所说的 6^3P_0 、 6^3P_1 、 6^3P_2 能级共同激发来解释，这个可能是由Heddle预言的 $6s6p^2\ 4P_{1/2,3/2,5/2}$ 汞负离子共振态引起的。



汞原子第一激发电位的测量

Table 2. Energies (in eV) of terms of the $6s^26p$ and $6s6p^2$ configurations relative to the $6s^26p\ ^2P_{1/2}$ terms.

	Bi III	Pb II	Tl I	Hg ⁻	
				a	b
$6s6p^2\ ^4P_{1/2}$	2.577	1.746	0.966	0.10	0.24
$6s6p^2\ ^4P_{3/2}$	8.710	7.180	5.606	4.03	3.99
$6s6p^2\ ^4P_{5/2}$	10.295	8.198	6.178	4.16	4.24
$6s6p^2\ ^2D_{3/2}$	11.064	9.163	6.577	3.99	3.31
$6s6p^2\ ^2D_{5/2}$	13.463	10.301	7.701	5.10	5.66
$6s6p^2\ ^2D_{5/2}$	14.434	11.031			
$6s6p^2\ ^2P_{1/2}$	13.394	10.939	8.324	5.71	6.56
$6s6p^2\ ^2P_{3/2}$	16.235	12.975			
$6s6p^2\ ^2S_{1/2}$	16.237	12.929			

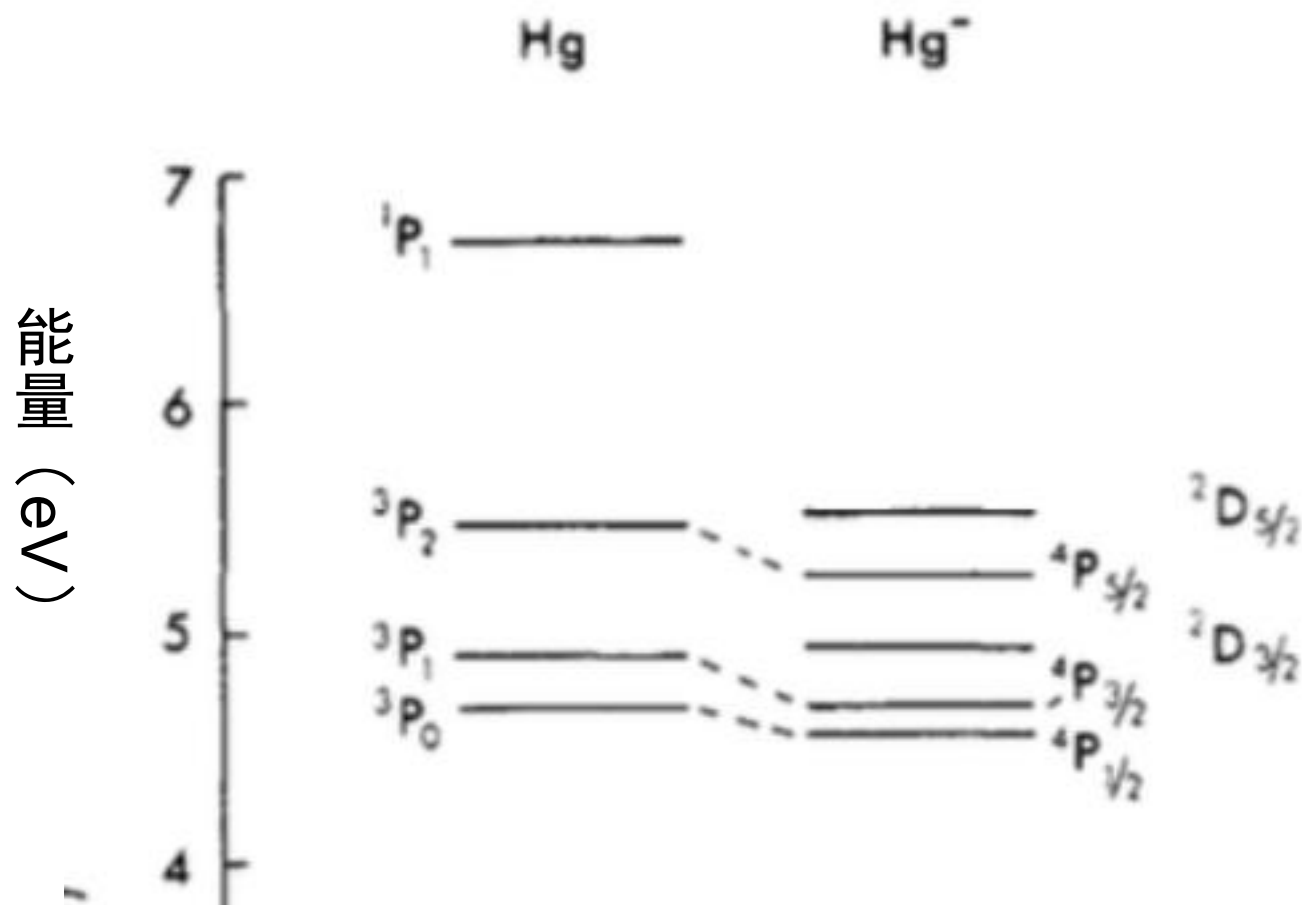
a Linear extrapolation.

b Quadratic extrapolation.



汞原子第一激发电位的测量

最佳条件下的第一激发电位测量



实验内容

PART | 02

汞原子较高激发能级的测量

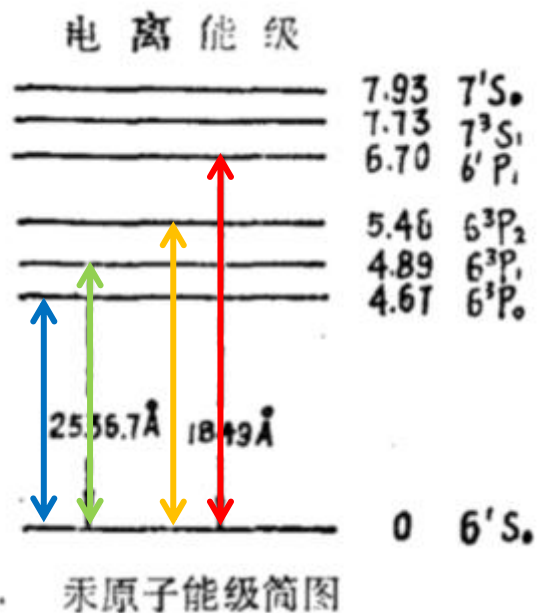


汞原子较高激发能级的测量

目的与实验平台

实验目的:

希望测量得到汞的较高激发态



实验电路原理:

K、G1间加速，G1、G2间碰撞激发

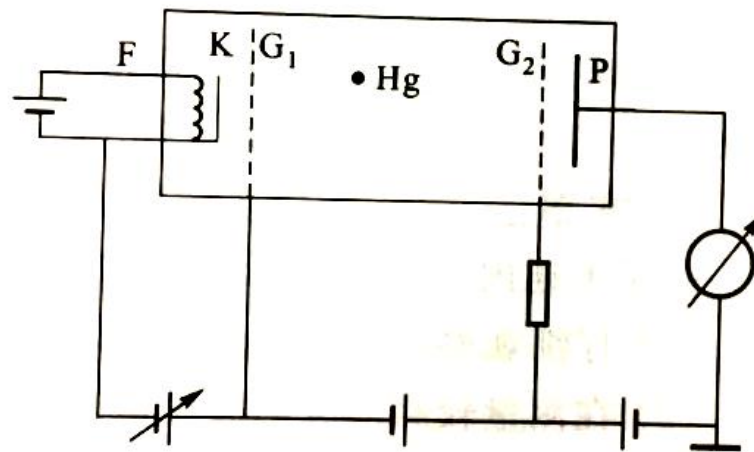


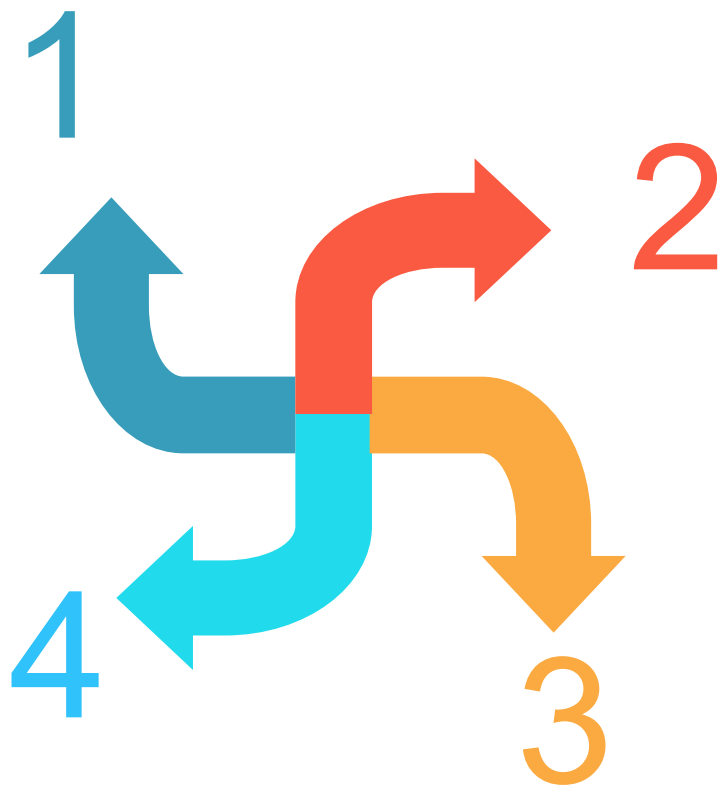
图 1-7 汞原子的较高激发电压的测量线路示意图

汞原子较高激发电位的测量

最佳实验条件选择

汞蒸气温度 T

等势区内势差 V_{G2G1}



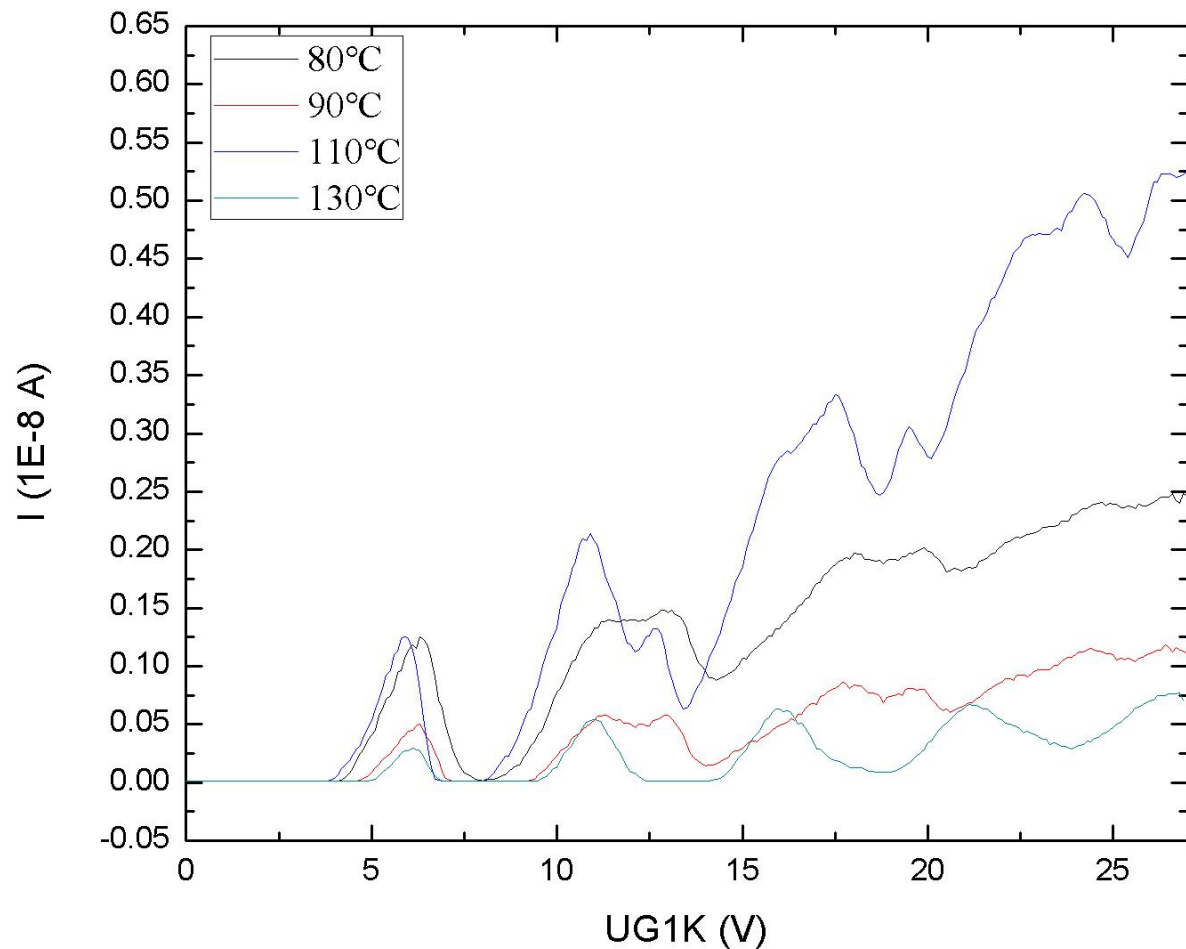
灯丝电压 V_F

减速电压 V_{G2P}



汞原子较高激发能级的测量

$I-U_{G1K}$ 曲线与汞蒸气温度 T 的关系



实验条件

不变：灯丝电压1.5 V，等势区内势差0.2 V，减速电压为1.5 V；

变：温度分别为80、90、110、130 °C

观察结果

80、90、110 °C时，曲线形状相似

(90 °C比110°C分辨效果更好，80 °C涨落较大)；

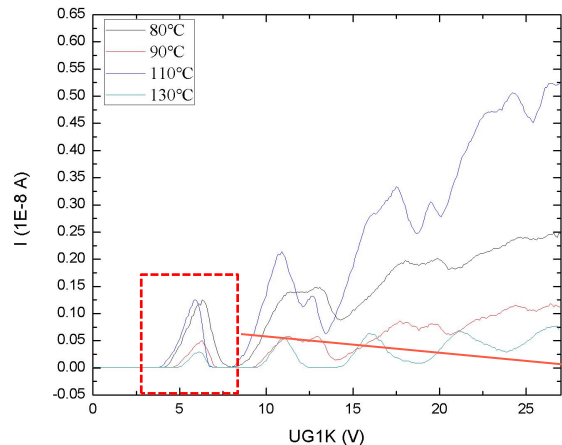
130 °C时，曲线与第一激发电位测量中曲线类似

(温度高，汞原子密度大，易发生低能态激发)。



汞原子较高激发能级的测量

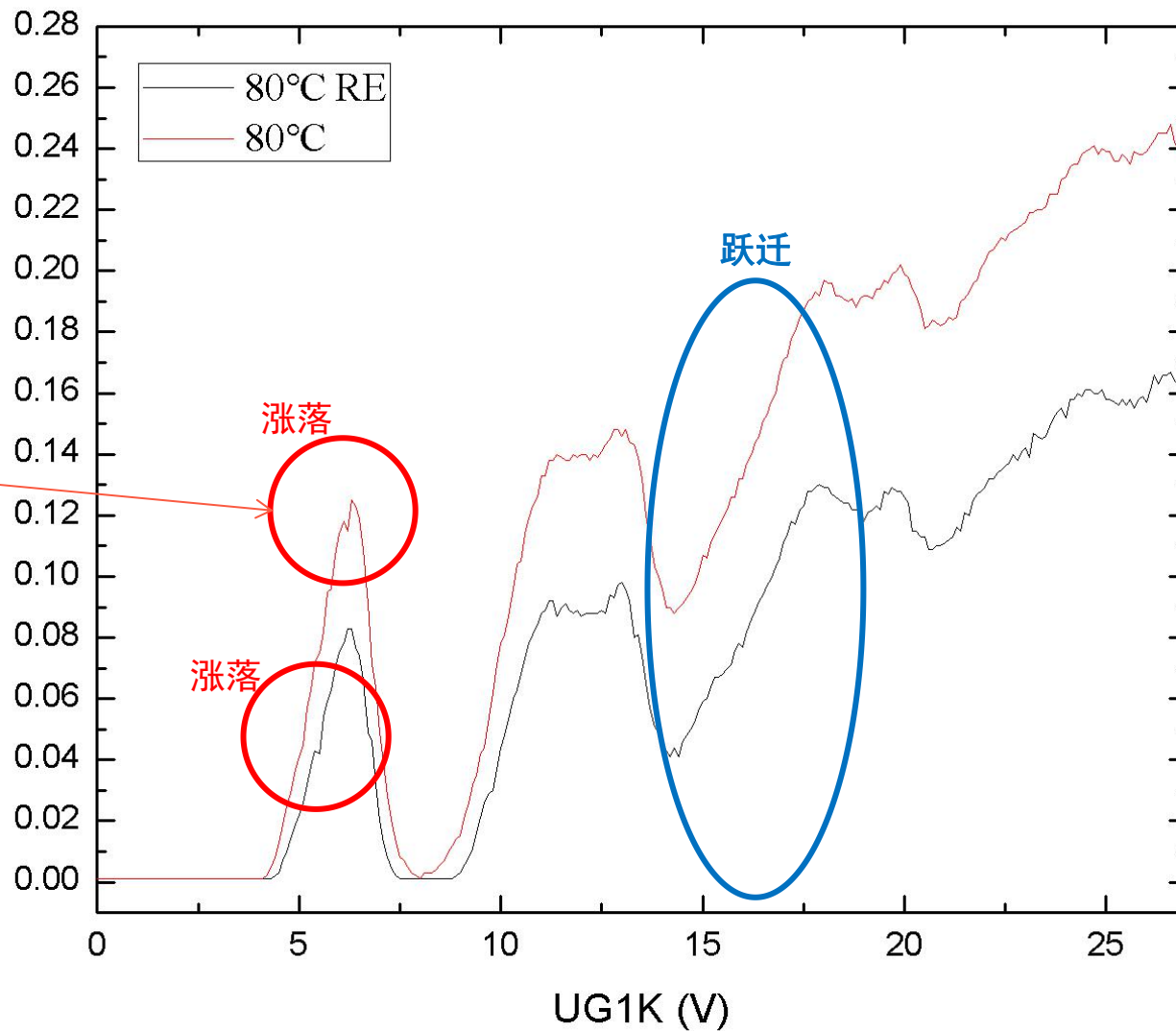
$I-U_{GIK}$ 曲线与汞蒸气温度 T 的关系



80°C

$I (1E-8 A)$

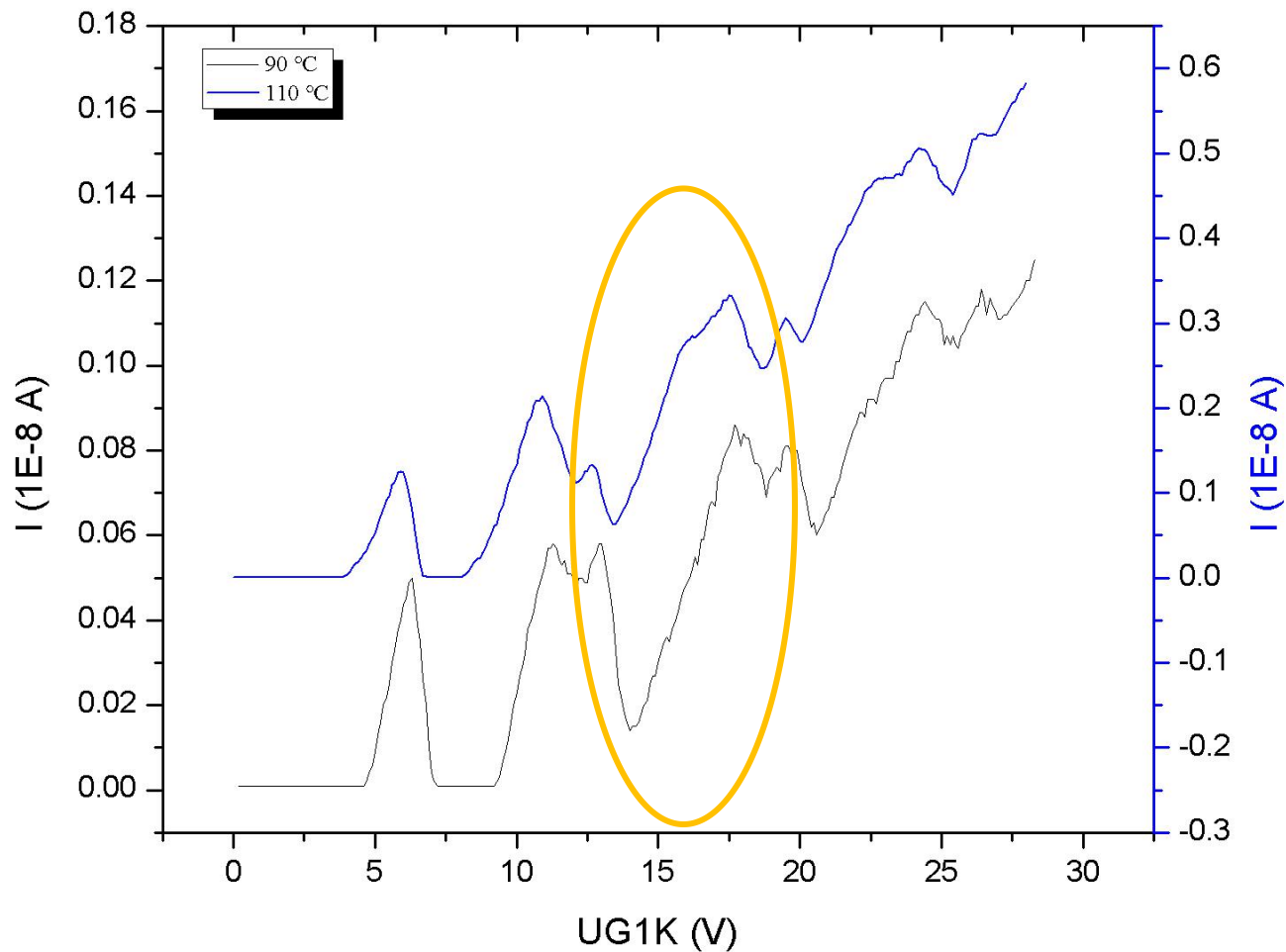
80°C时，存在涨落导致曲线突变；
同样条件重新测量，该处涨落消失，但出现了在别处新的涨落！
没有理论数据与这些涨落对应。
涨落尺度 \sim 跃迁导致的曲线变化
→ 影响对高激发态的判断





汞原子较高激发能级的测量

I-U_{G1K}曲线与汞蒸气温度T的关系



90 °C与110 °C相比，分辨能力更强：

因为温度升高，

汞蒸气压下降，

电子平均自由程 ($\bar{\lambda} = \frac{4kT}{\pi d^2 p}$) 增大，

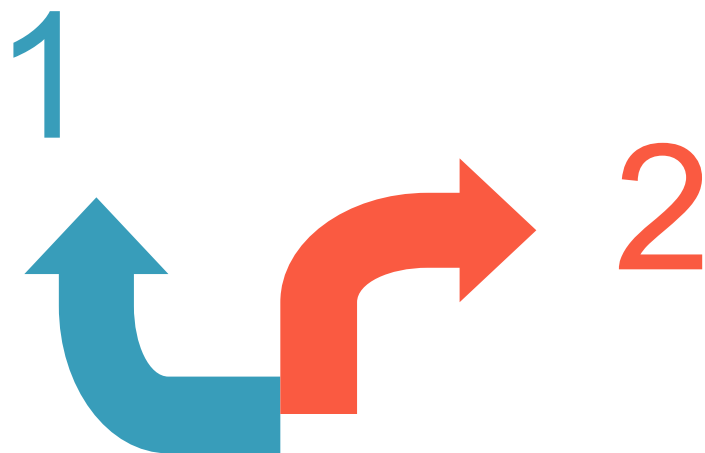
加速区内电子与原子发生碰撞的概率减小，

更易积聚比较高的能量。

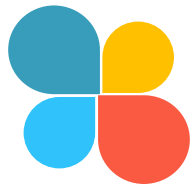
汞原子较高激发电位的测量

最佳实验条件选择

汞蒸气温度 T

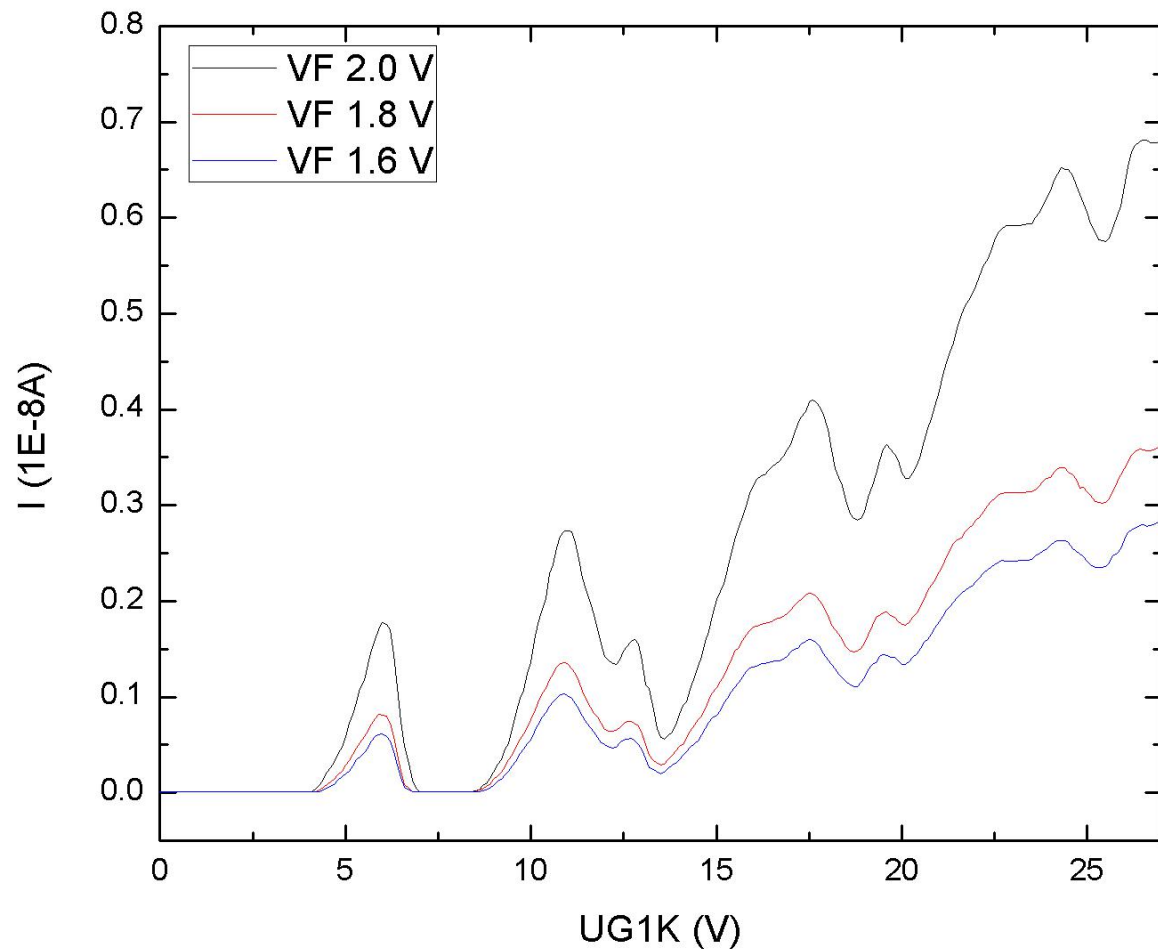


灯丝电压 V_F



汞原子较高激发能级的测量

$I-U_{G1K}$ 曲线与灯丝电压 V_F 的关系



实验条件

不变：温度 90°C ，等势区内势差 0.2 V ，减速电压为 1.5 V ；

变：灯丝电压 1.6 、 1.8 、 2.0 V

观察结果

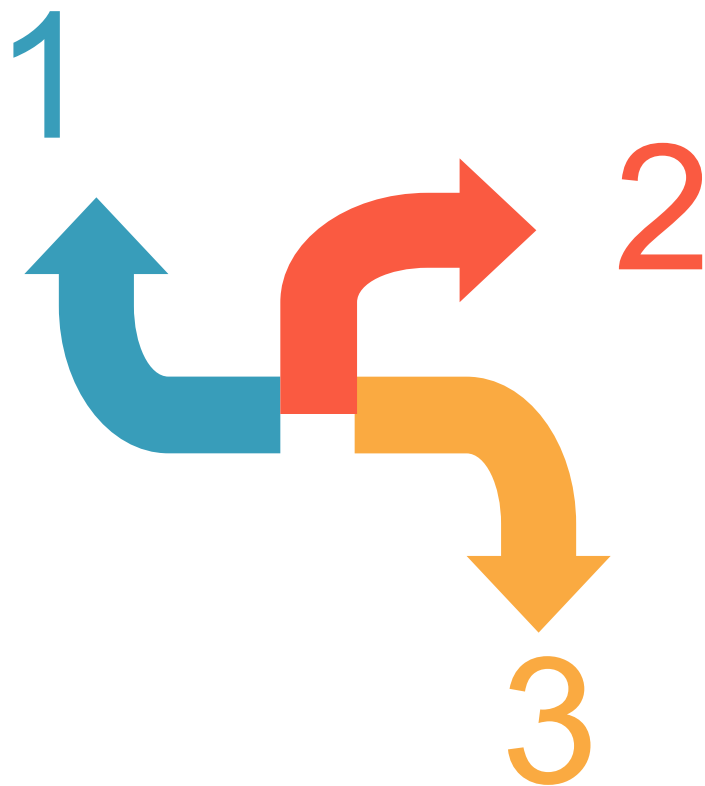
灯丝电压 V_F 增大，曲线上移，峰位没有明显移动。

灯丝电压增大，热功率增大，温度升高，电子束流增加。

汞原子较高激发电位的测量

最佳实验条件选择

汞蒸气温度 T



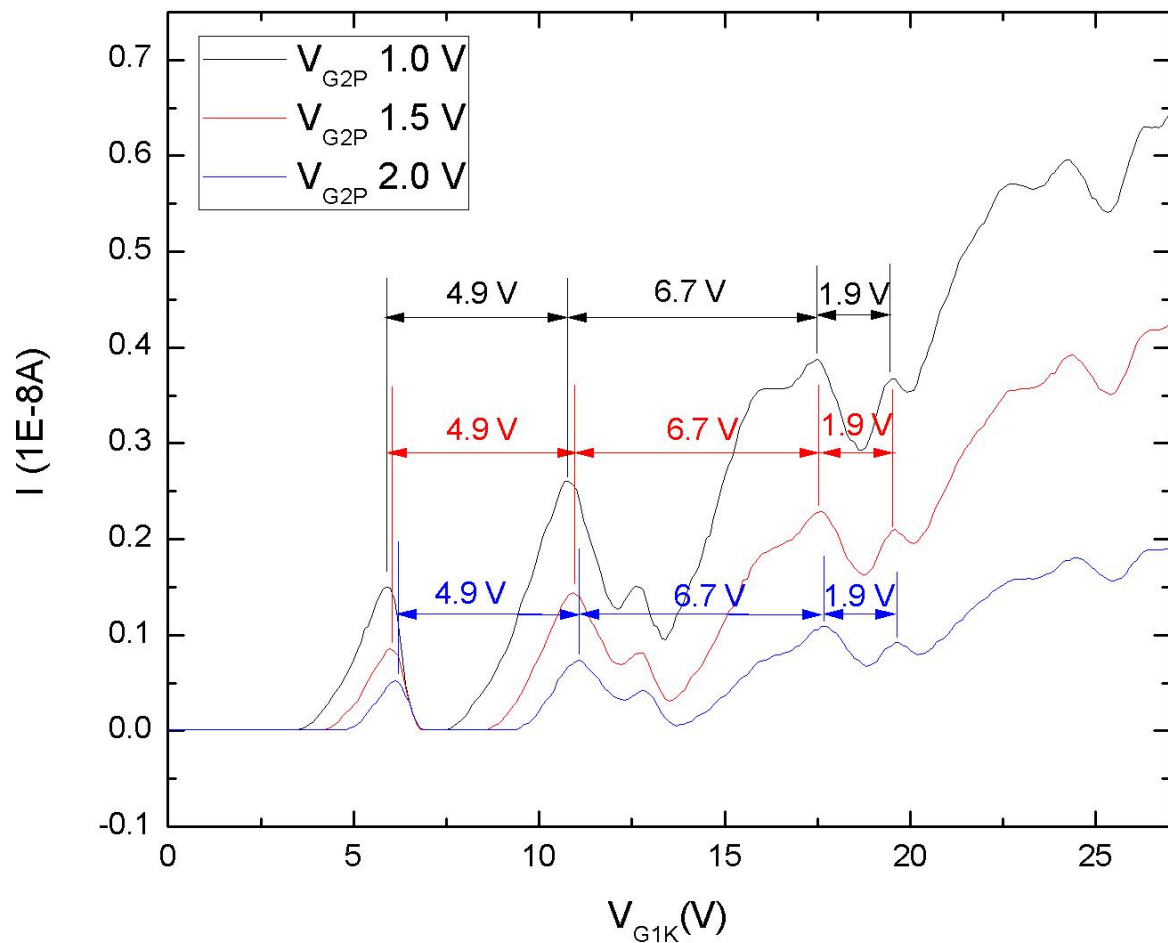
灯丝电压 V_F

减速电压 V_{G2P}



汞原子较高激发能级的测量

$I-U_{G1K}$ 曲线与减速电压 V_{G2P} 的关系



实验条件

不变：温度 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，灯丝电压 1.8 V ，等势区内势差 0.2 V ；

变：减速电压 V_{G2P} 分别为 1.0 、 1.5 、 2.0 V 。

观察结果

减速电压 V_{G2P} 增大，

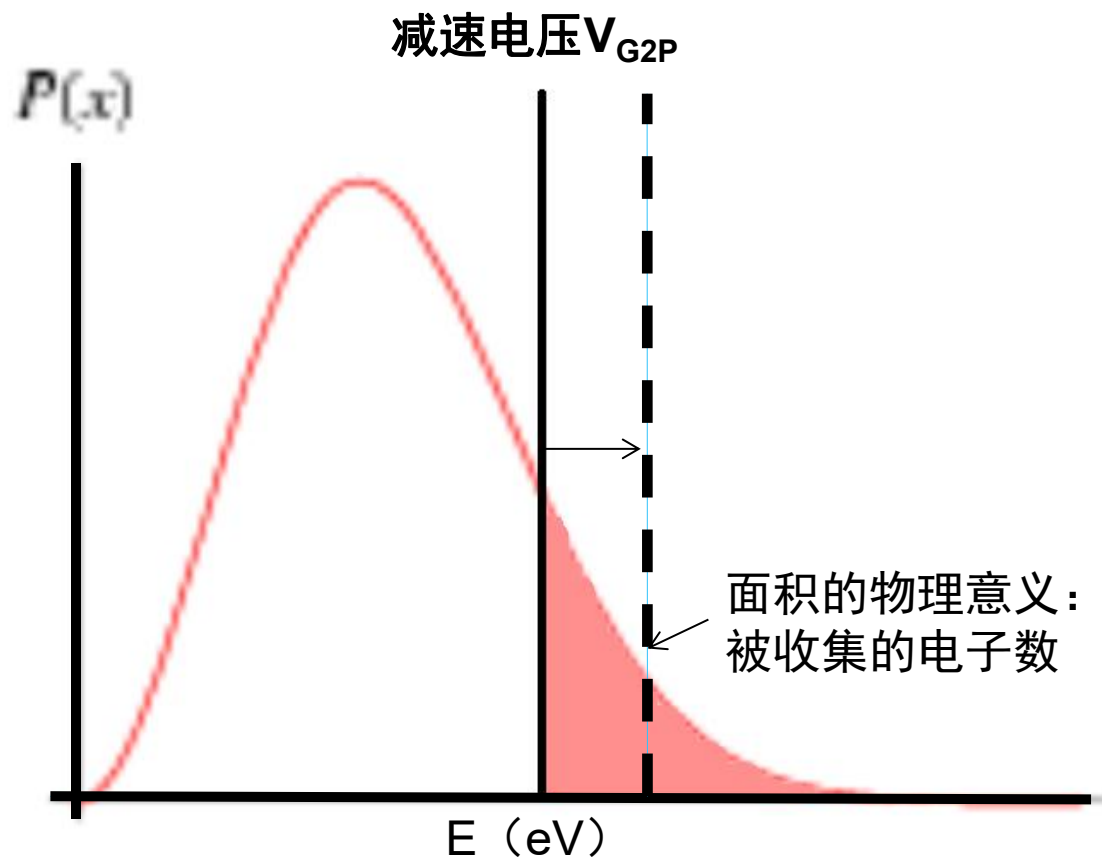
曲线下降，

峰位向右偏移（峰位差不变）。



汞原子较高激发能级的测量

$I-U_{G1K}$ 曲线与减速电压 V_{G2P} 的关系



减速电压 V_{G2P} 增大，

被收集电子总数减少，即曲线的幅度减小；

被收集的电子平均能量增大，即峰位右移。

汞原子较高激发电位的测量

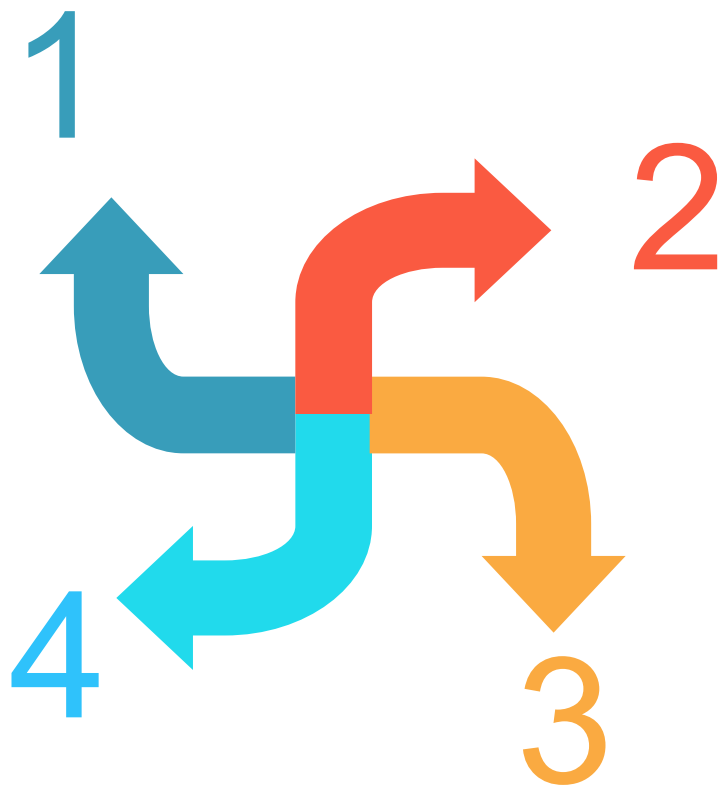
最佳实验条件选择

汞蒸气温度 T

灯丝电压 V_F

等势区内势差 V_{G2G1}

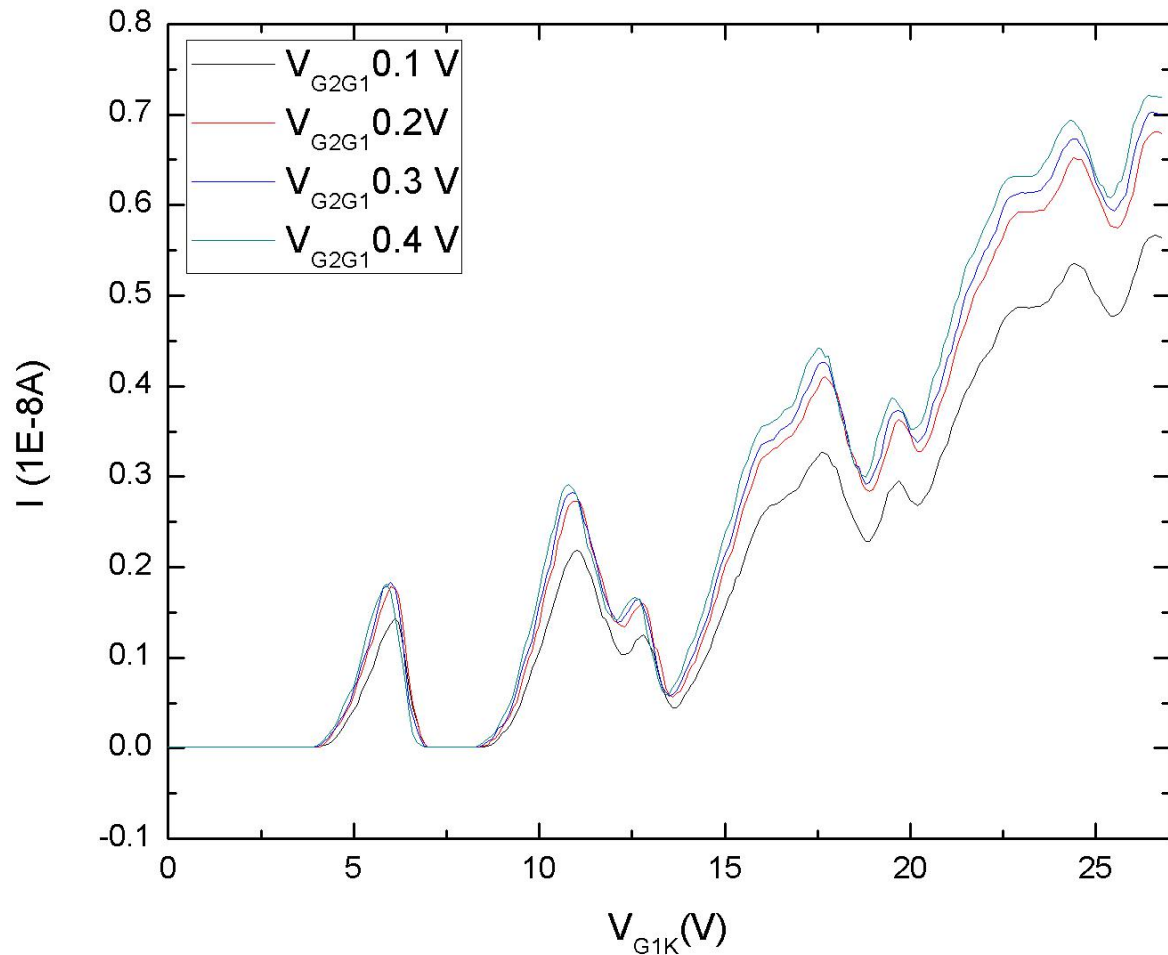
减速电压 V_{G2P}





汞原子较高激发能级的测量

$I-U_{G1K}$ 曲线与等势区内势差 V_{G2G1} 的关系



实验条件

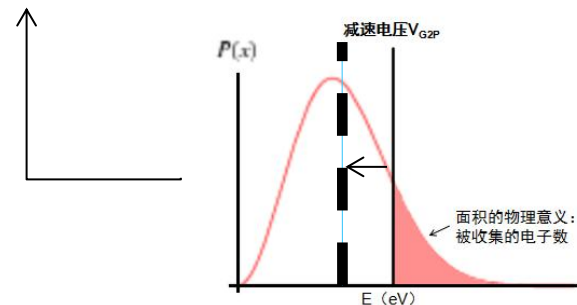
不变：温度 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，灯丝电压 2.0 V ，减速电压为 1.5 V ；

变：等势区内势差分别为 0.1 、 0.2 、 0.3 、 0.4 V 。

观察结果

等势区内势差 V_{G2G1} 增大，曲线上移，峰位左移。

对于电子而言，势差 V_{G2G1} 使得电子加速，电子越过减速电压的流量增大，（相当于减速电压变小）。





汞原子较高激发能级的测量

$I-U_{G1K}$ 曲线与各参量的关系

小结：

温度 T 升高，汞蒸气压下降，电子平均自由程增大，与原子发生碰撞的概率减小，更易积聚比较高的能量。

灯丝电压 V_F 增大，曲线上移，峰位没有明显移动

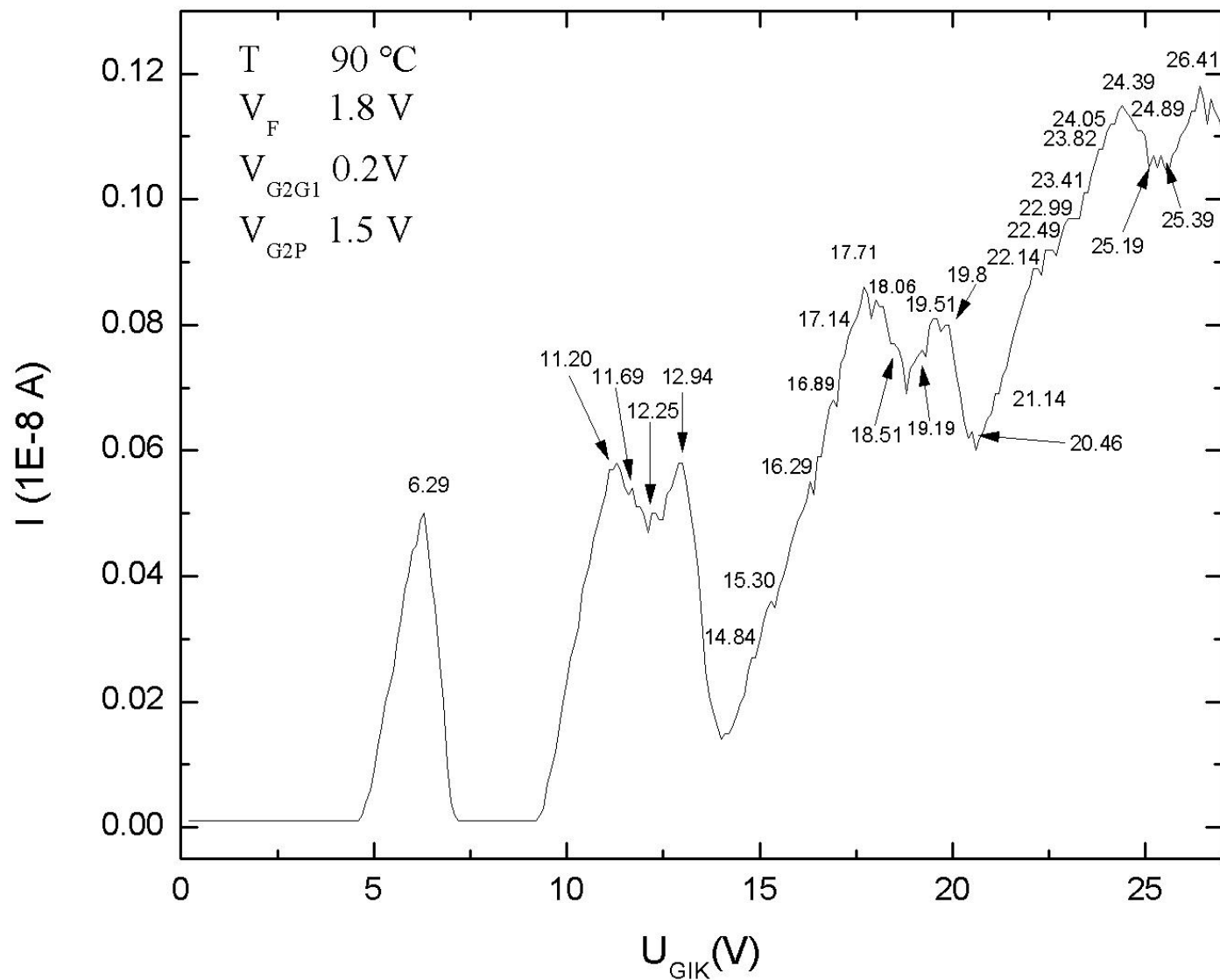
减速电压 V_{G2P} 增大，曲线下降，峰位向右偏移（峰位差不变）。

等势区内势差 V_{G2G1} 增大，曲线上移，峰位左移（峰位差不变）。



汞原子较高激发能级的测量

测量高激发态的I-U_{G1K}曲线





汞原子较高激发能级的测量

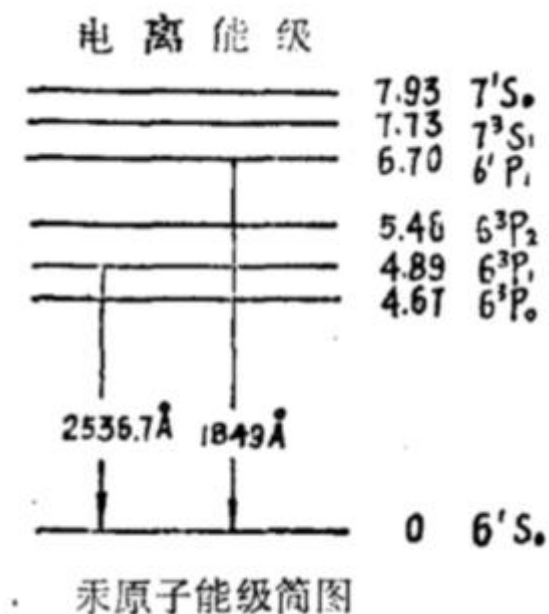
测量高激发态的 $I-U_{GIK}$ 曲线

读谱并判断能态：

通过高斯拟合或多峰拟合将 $I-U_{GIK}$ 曲线中的峰对应的加速电压 U_{GIK} 值。

峰峰相对位置可以用来判断能量差值；

能量差值由跃迁的上下能级决定，可以由不同跃迁能量累积：

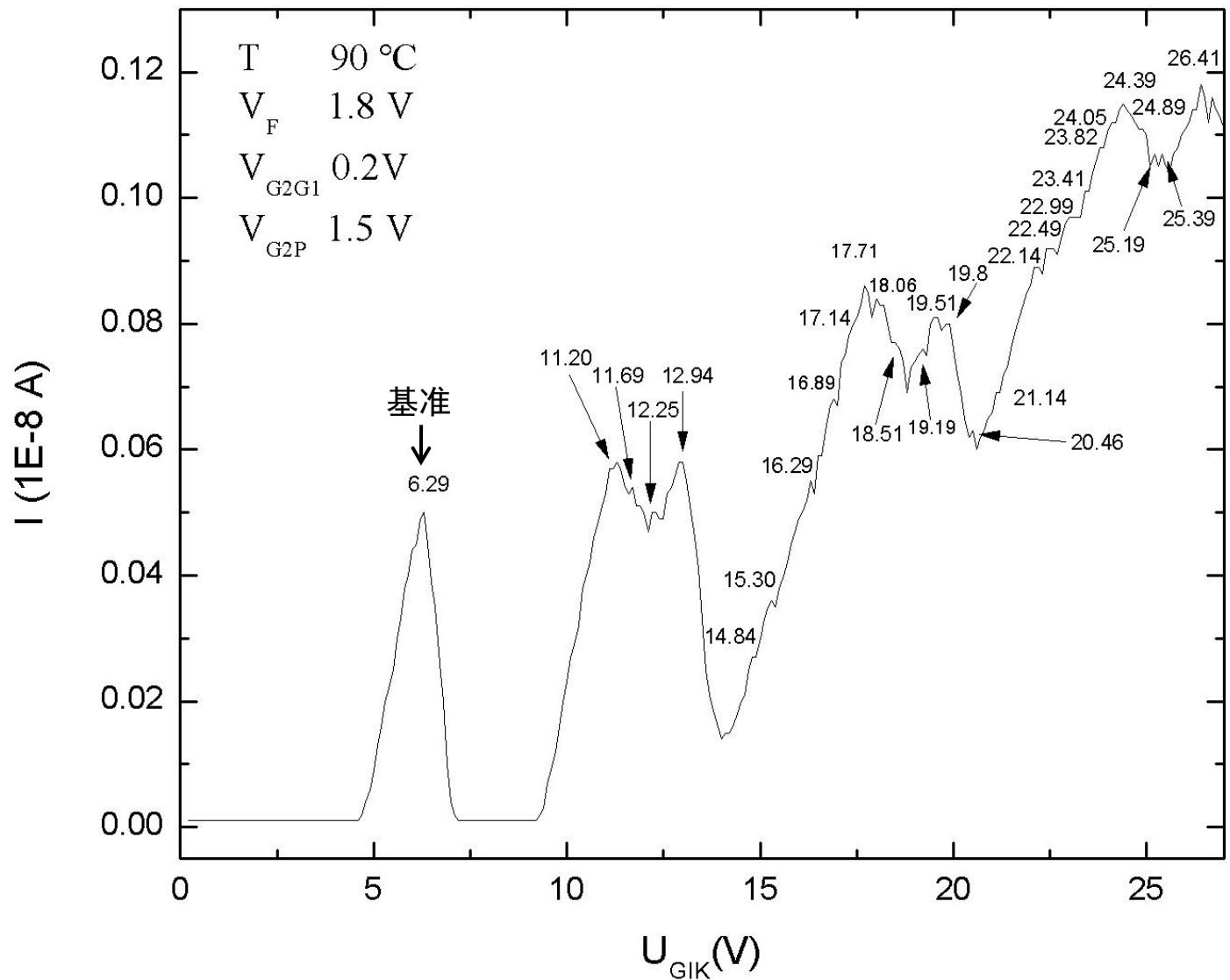




汞原子较高激发能级的测量

测量高激发态的I-U曲线

* 以第一个峰的加速电压 (6.29 V) 为基准, 将其他峰与其比较, 通过峰峰间距判断其他峰的来源





汞原子较高激发能级的测量

测量高激发态的I-U曲线

峰位测量值 (V)	峰位测量值 与 第一个峰位 (6.29 V) 的差值 (V)	能级差值 与 激发能的关系 (eV)	理 论 值 (eV)	相 对 误 差 (%)
6.29	/	/	/	/
11.20	4.91	4.89	4.89	0.000
11.69	5.40	5.46	5.46	0.000
12.25	5.96	?	?	?
12.94	6.65	6.70	6.70	0.000
14.83	8.54	?	?	?
15.30	9.01	?	?	?
16.29	10.00	4.89×2	9.78	2.25
16.89	10.60	$4.89 + 5.46$	10.35	2.42
17.14	10.85	?	?	?



汞原子较高激发能级的测量

测量高激发态的I-U曲线

峰位测量值 (V)	峰位测量值 与 第一个峰位 (6.3 V) 的差值 (V)	能级差值 与 激发能的关系 (eV)	理 论 值 (eV)	相 对 误 差 (%)
17.71	11.42	$4.67+6.70$	11.37	0.440
18.06	11.77	$4.89+6.70$	11.59	1.55
18.51	12.22	$5.46+6.70$	12.16	0.493
19.19	12.90	$4.90+7.93$	12.83	0.546
19.51	13.22	$5.46+7.73$	13.19	0.227
19.82	13.53	6.70×2	13.40	0.970
20.46	14.17	$4.67 \times 2+4.89$	14.23	0.422
21.14	14.85	4.89×3	14.67	1.23
22.14	15.85	$4.89+5.46 \times 2$	15.81	0.253
22.49	16.20	$4.67 \times 2+6.70$	16.04	0.998



汞原子较高激发能级的测量

测量高激发态的I-U曲线

峰位测量值 (V)	峰位测量值 与 第一个峰位 (6.3 V) 的差值 (V)	能级差值 与 激发能的关系 (eV)	理 论 值 (eV)	相 对 误 差 (%)
22.99	16.70	?	?	?
23.41	17.12	$4.89+5.46+6.70$	17.05	0.411
23.82	17.53	$5.46 \times 2 + 6.70$	17.62	-0.511
24.05	17.76	$5.46 \times 2 + 6.70$	17.62	0.795
24.39	18.10	$4.67 + 6.70 \times 2$	18.07	0.166
24.89	18.60	?	?	?
25.19	18.90	$5.46 + 6.70 \times 2$	18.86	0.212
25.39	19.10	?	?	?
26.41	20.12	6.70×3	20.10	0.100



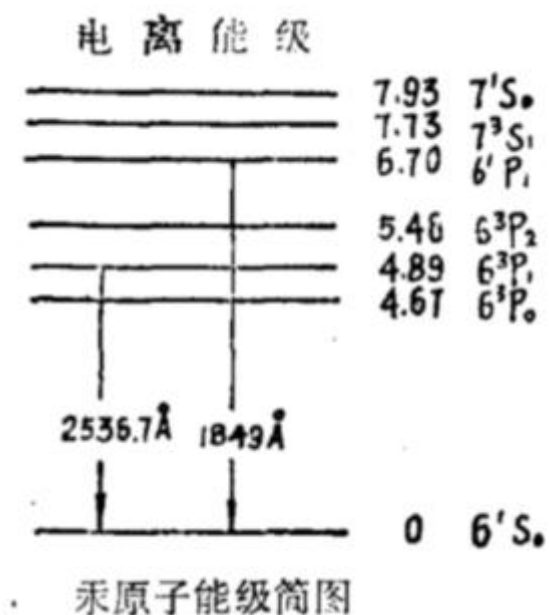
汞原子较高激发能级的测量

测量高激发态的I-U曲线

实验中遇到的困难：

1. 没有办法通过其他实验方法从另一个角度确定上述分析是否合理；
2. 如果要求数据更加精确（HF激发截面小），考虑长时间的慢扫，但是又要考虑电子束流的不稳定；
3. 有一些能量差值很明显没有办法通过跃迁能级或其累积来解释（排除更高激发能），比如：

峰位测量值 (V)	峰位测量值 与 第一个峰峰位 (6.29 V) 的差值 (V)	与4.89 eV 的 能量差值 (eV)	理 论 值 (eV)	相 对 误 差 (%)
12.25	5.96	?	?	?



实验内容

PART

03

汞原子电离电位的测量

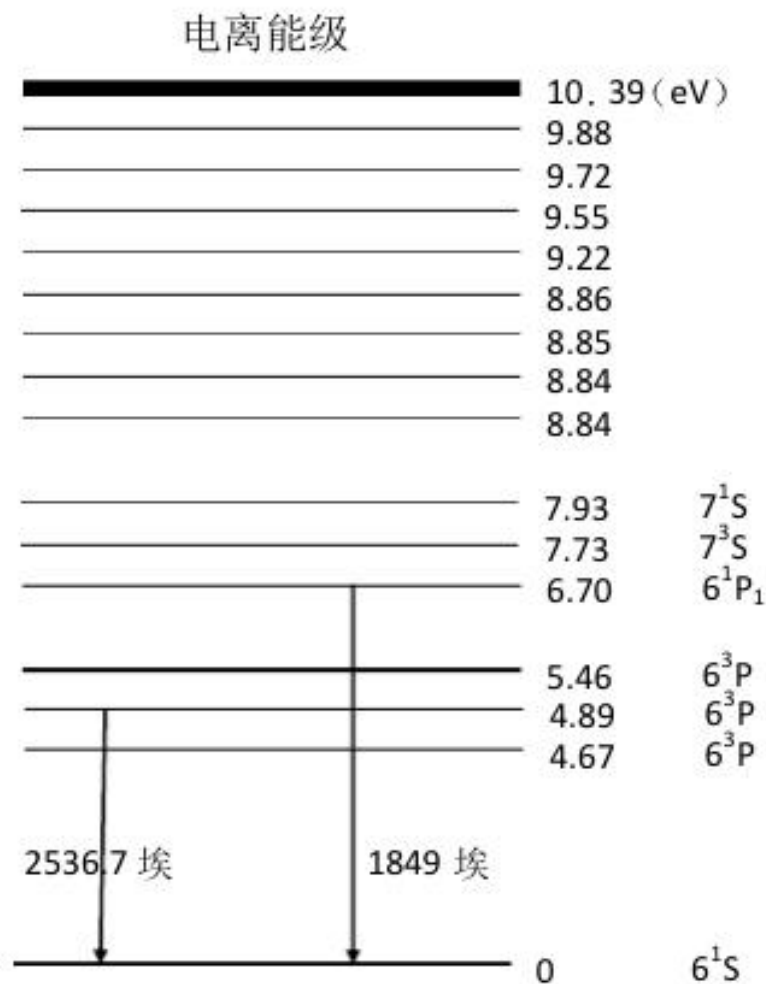


汞原子电离电位的测量

目的与实验装置

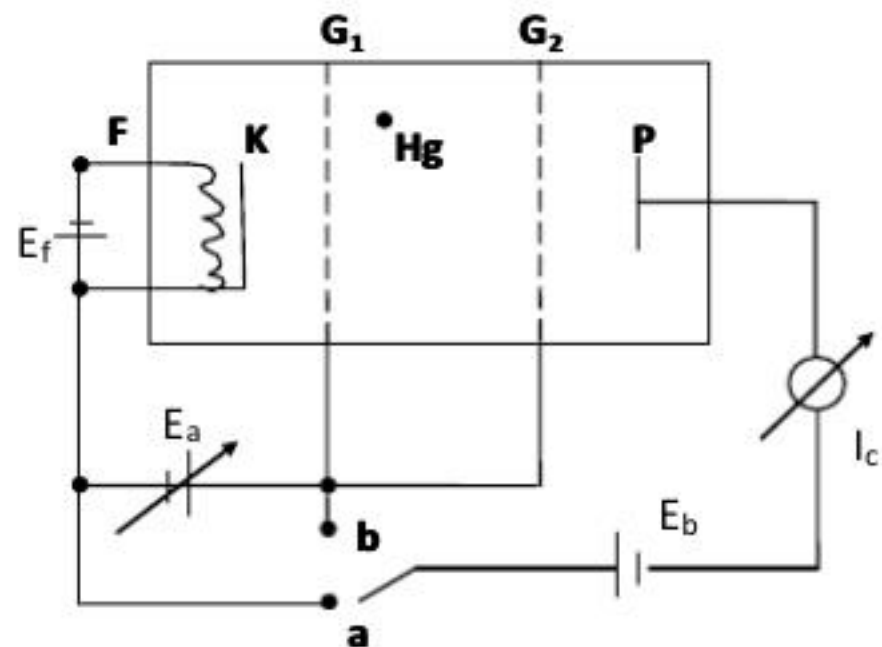
实验目的:

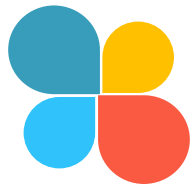
希望测量得到汞电离电位



实验电路原理:

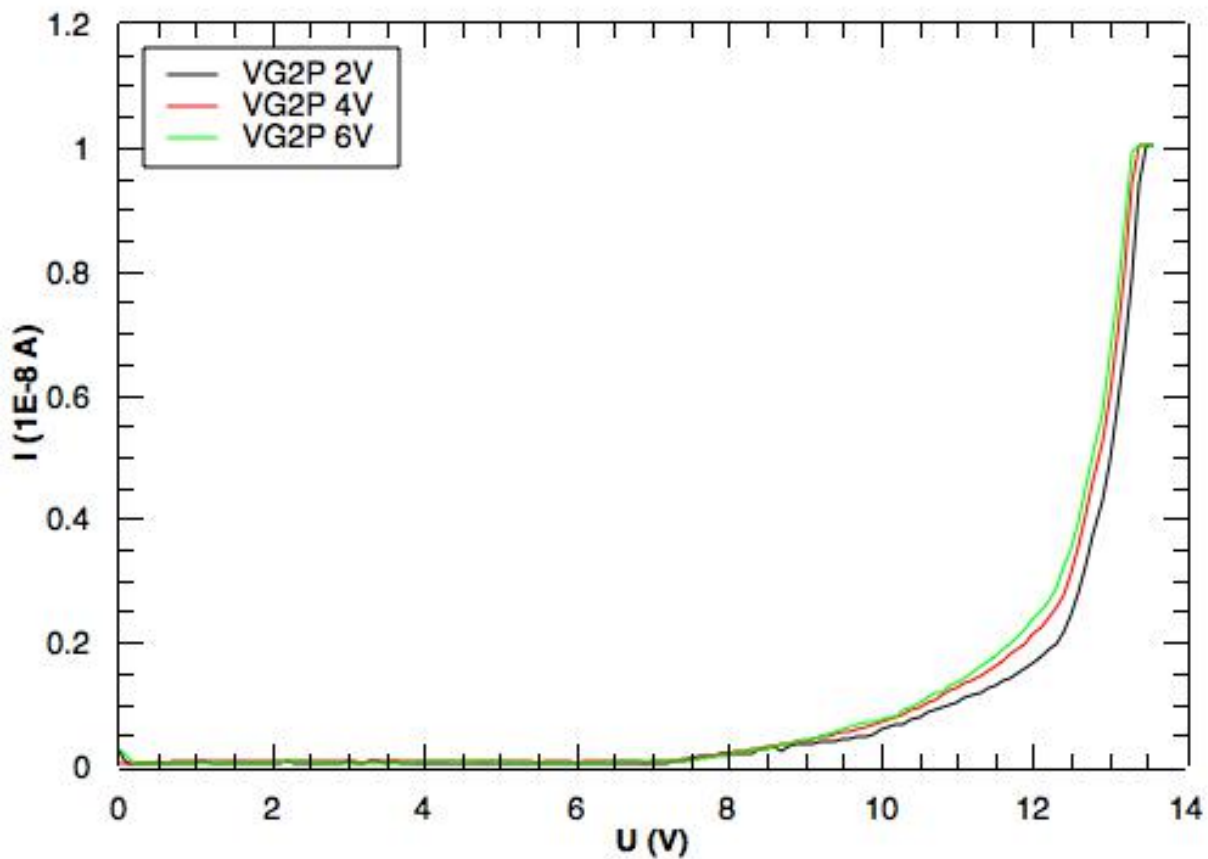
K、G1间加速，G1、G2短接，极板P对阴极K是处于负电位，电子不能达到P。当汞原子电离时，极板收到离子流。





汞原子电离电位的测量

$I-U_a$ 曲线与VG2P的关系



实验条件

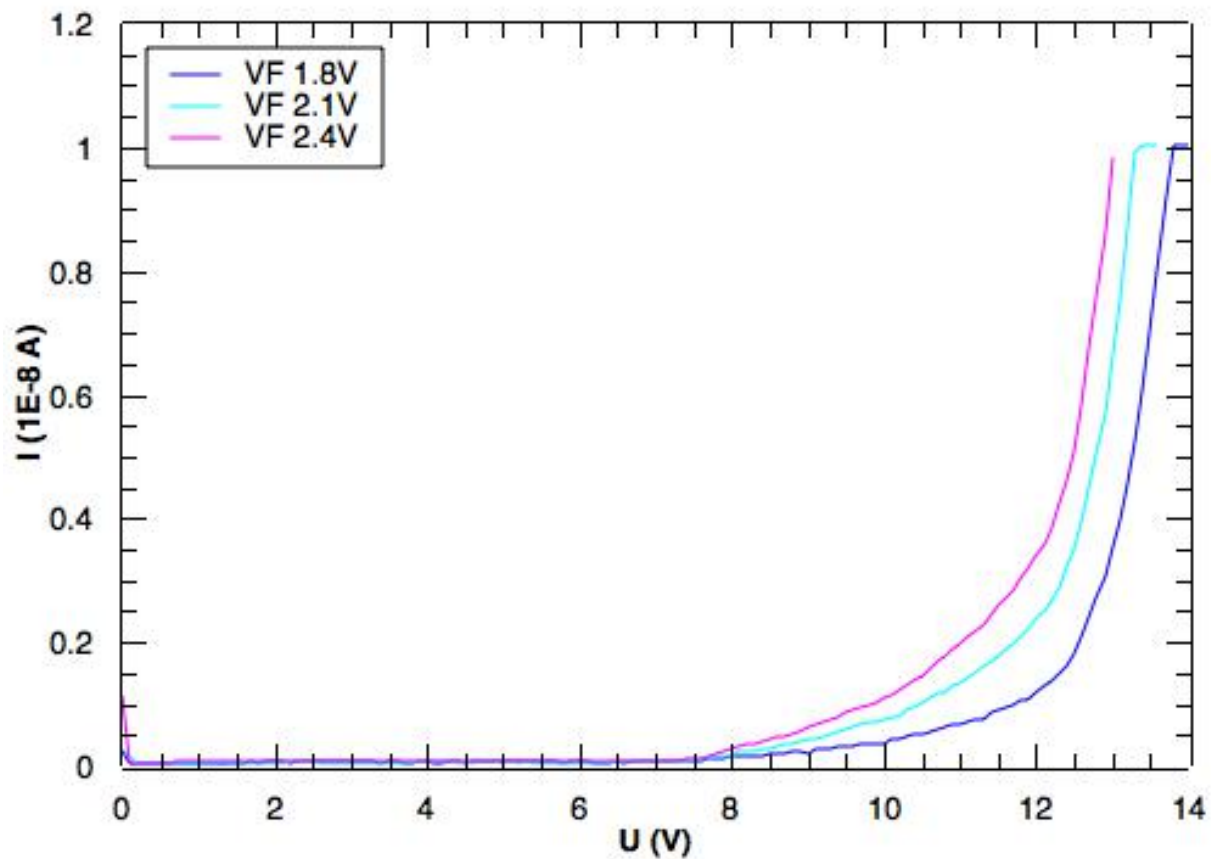
$T = 80^{\circ}\text{C}$, $V_F = 2.1 \text{ V}$, $V_{G1K} = 0 \text{ V}$;

$V_{G2P} = 2, 4, 6 \text{ V}$



汞原子电离电位的测量

$I-U_a$ 曲线与VF的关系



实验条件

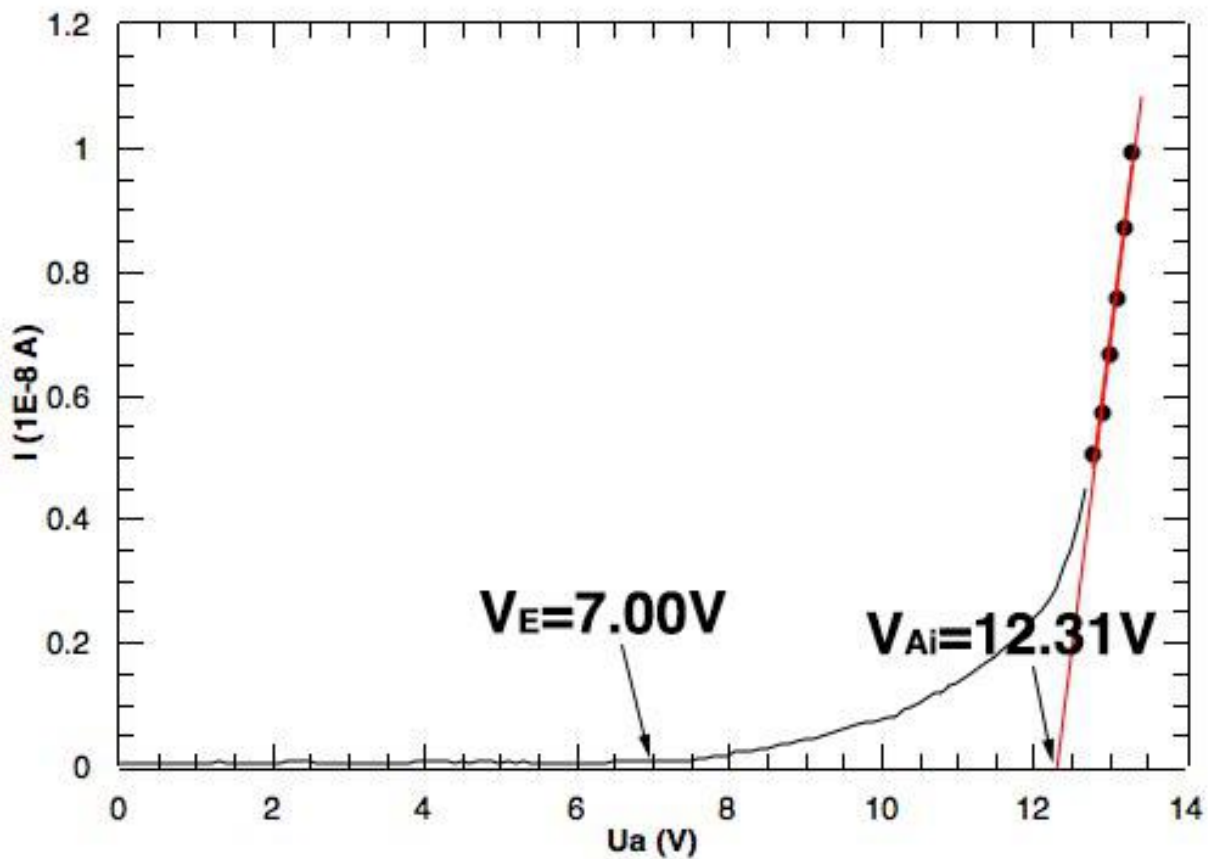
$T = 80^\circ\text{C}$, $V_{G1K} = 0$ V , $V_{G2P} = 6$ V ;

$V_F = 1.8$ 、 2.1 、 2.4 V



汞原子电离电位的测量

电离电位计算



$$E_i = V_{Ai} - V_E + 4.89 = 10.20\text{V}$$

$$u(E_i) = 0.02\text{V}$$

$$E_i = (10.20 \pm 0.02)\text{V}$$



弗兰克-赫兹实验口头报告

1

实验原理

2

实验内容

1. 汞原子第一激发电位的测量
2. 汞原子较高激发能级的测量
3. 汞原子电离电位的测量

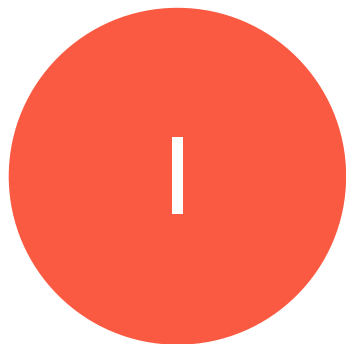
3

讨论

4

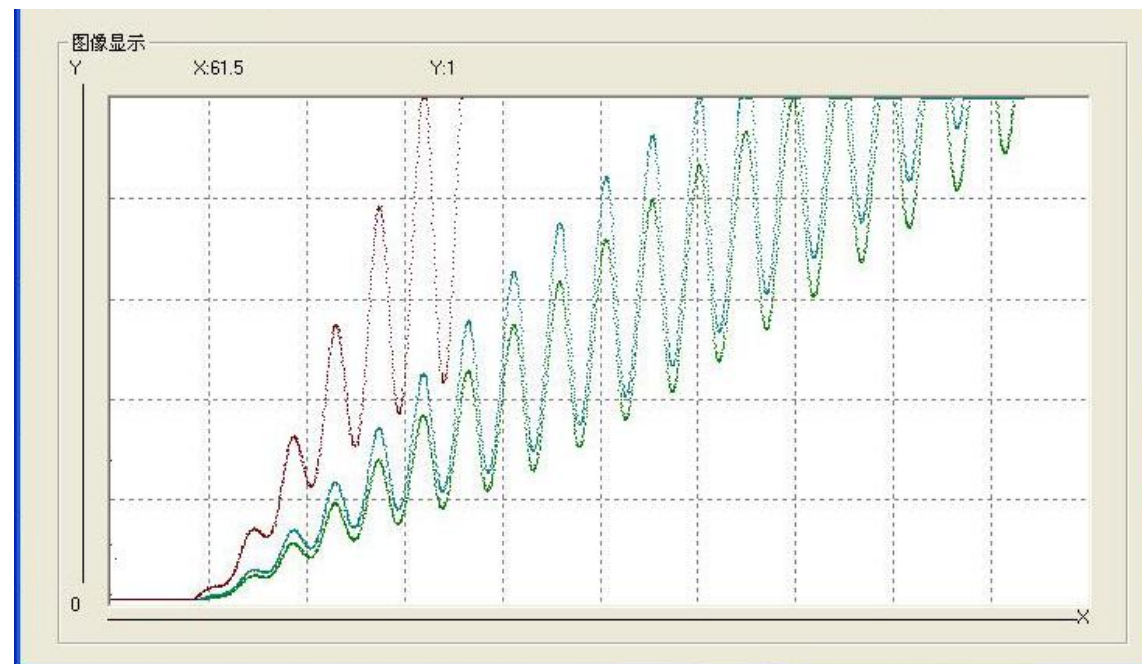
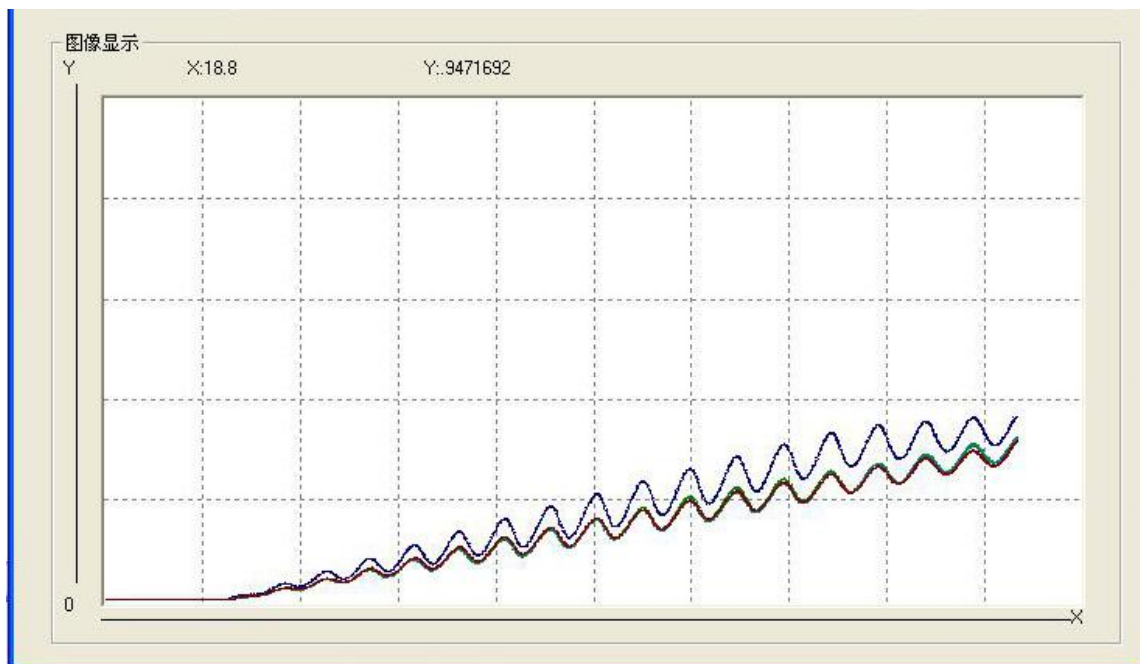
实验结果

讨论： 实验中遇到的问题



实验条件相同的情况下（时间尺度：分钟），

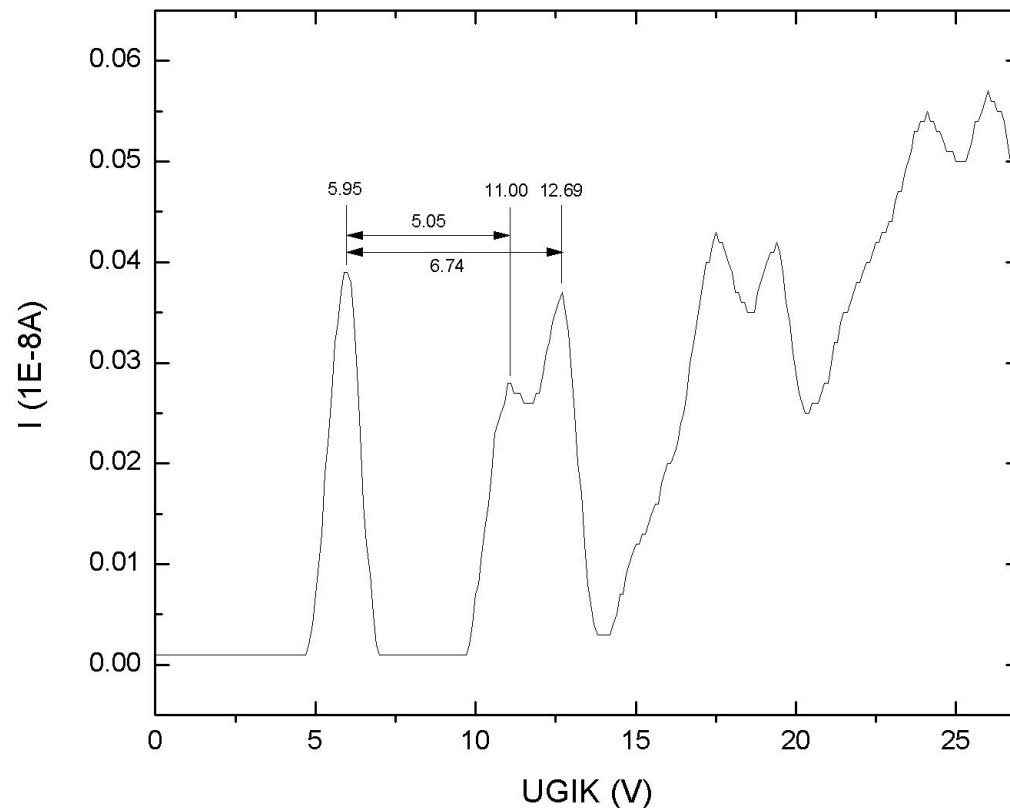
- 1) 灯丝电压不稳定
- 2) 灯丝电压稳定后，电子束流不稳定。



讨论： 实验中遇到的问题

2

实验条件相同的情况下，另一个弗兰克-赫兹实验管的高激发态第一峰和第二峰之间差值为5.05 eV，与理论值4.89 V不符合，但第一峰和第三峰之间的差值6.74eV，与理论值6.70eV符合较好。





弗兰克-赫兹实验口头报告

1

实验原理

2

实验内容

1. 汞原子第一激发电位的测量
2. 汞原子较高激发能级的测量
3. 汞原子电离电位的测量

3

讨论

4

结论



实验结论

1. 测量了汞第一激发电位曲线：探究了收集到的电流 I 与加速电压 $V_{G_2G_1}$ 的关系曲线，灯丝电压 V_F 、控制栅电压 V_{G_1K} 、减速电压 V_{G_2P} 、汞蒸气温度 T 的关系；选取合适的条件，计算得到汞第一激发电位为 4.77 ± 0.03 V；
2. 测量了汞较高激发电位曲线：探究了收集到的电流 I 与加速电压 V_{G_1K} 的关系曲线，灯丝电压 V_F 、等势区内势差 $V_{G_2G_1}$ 、减速电压 V_{G_2P} 、汞蒸气温度 T 的关系；选取合适的条件，测量了汞较高激发态曲线；
3. 测量了汞的电离电位较高激发电位(10.20 ± 0.02)V。

THANKS!