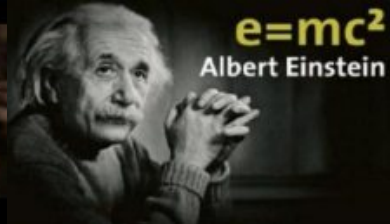


大学物理实验



$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{D} &= \rho \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 \\ \vec{\nabla} \times \vec{H} &= \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\end{aligned}$$



弗兰克-赫兹实验



弗兰克

(James Franck, 1882-1964)
1975)

G. 赫兹

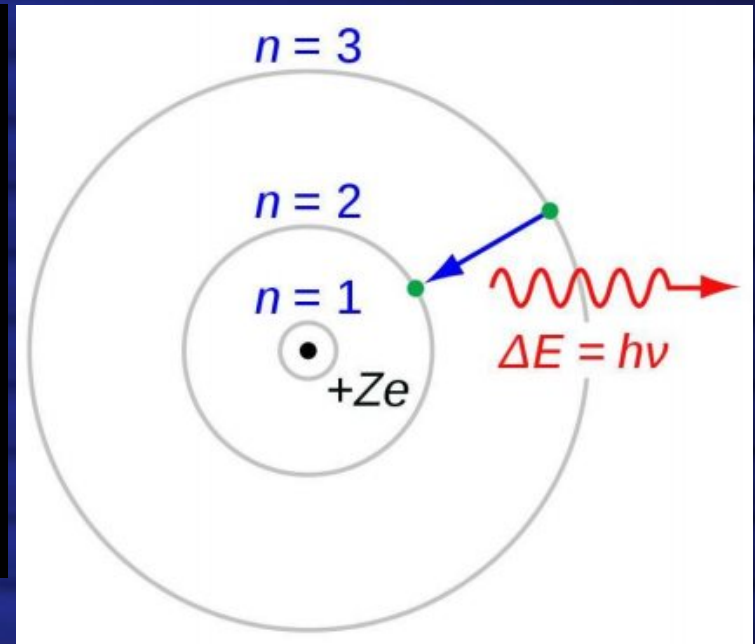
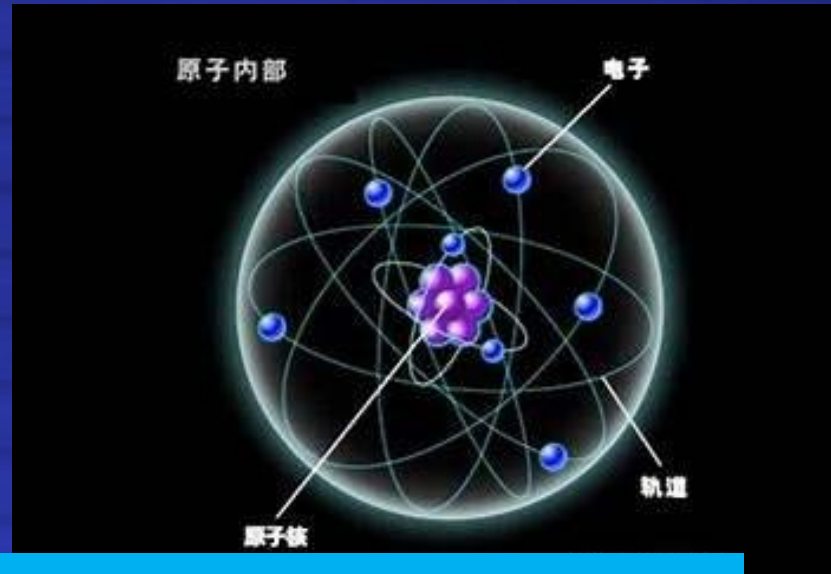
(Gustav Hertz, 1887-
1975)

1914年，弗兰克和赫兹在研究中发现，用电子轰击Hg原子时，原子吸收或发射的能量是不连续的。从而证明了原子分立能态的存在，并测量出了Hg原子的第一激发电位。

弗兰克-赫兹实验直接证明了玻尔所提出的原子量子化理论模型。证实了原子内部能量是量子化的，从而确证了原子能级的存在。由于他们的工作对原子物理学的发展起了重要作用，共同获得了1925年的诺贝尔物理学奖。



玻尔



1913年，玻尔原子理论的两条基本假设：

- (1) **定态假设**：电子在原子核库仑引力作用下，沿圆形轨道运动，且不向外辐射电磁波，因而原子处于稳定状态(定态)，其能量(称能级)保持不变。
- (2) **频率条件**：当原子由高能级 E_m 的定态跃迁至低能级 E_n 的定态要发射光子，反之要吸收光子，光子频率满足条件 $h\nu = E_m - E_n$ 。
- (3) **电子绕核轨道量子化**：电子只能在某些特定的分立轨道上运动，当电子从一个定态轨道跃迁到另一个定态轨道，会以电磁波的形式放出能量。

能级跃迁定则

$$h\nu = E_n - E_m$$

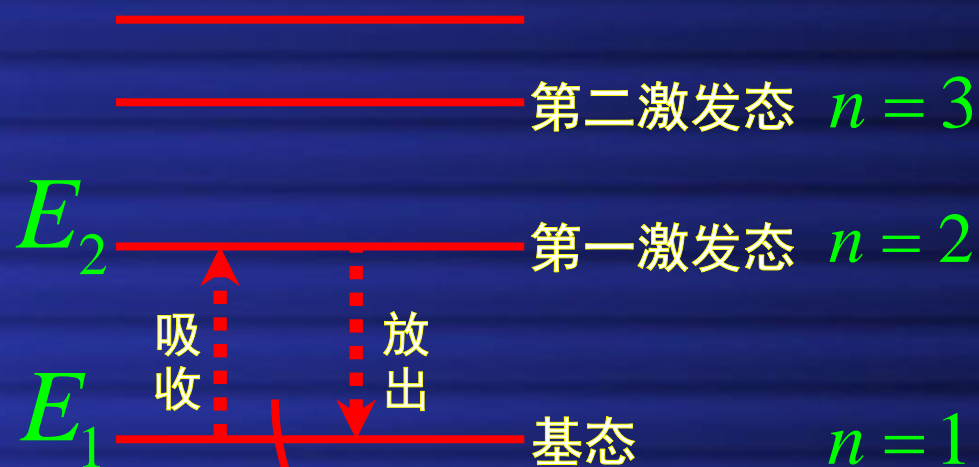
$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

(普朗克常数)

ν 为电磁波频率



原子能级示意图



$$\Delta E = E_2 - E_1$$

1. 测定Ar原子的第一激发电位；
2. 了解弗兰克和赫兹研究原子内部能量量子化的基本思想和方法；
3. 了解电子与原子碰撞和能量交换过程的微观图像，以及影响这个过程的主要物理因素。

弗兰克-赫兹实验仪



电流显示

电压显示

电压选择

电流档位

电压设置

原子状态的改变，通常发生于两种情况：

- (1) 原子本身吸收或发射电磁辐射；
- (2) 原子与其他粒子发生碰撞而交换能量。

能控制原子所处状态的最有效方法是用电子轰击原子，电子的动能可以通过改变加速电压的方法来加以调节。

当电位差为 ΔU 时，电子具有的能量 $e\Delta U$ 恰好使原子从基态跃迁到第一激发态， ΔU 就称为**第一激发电位**。

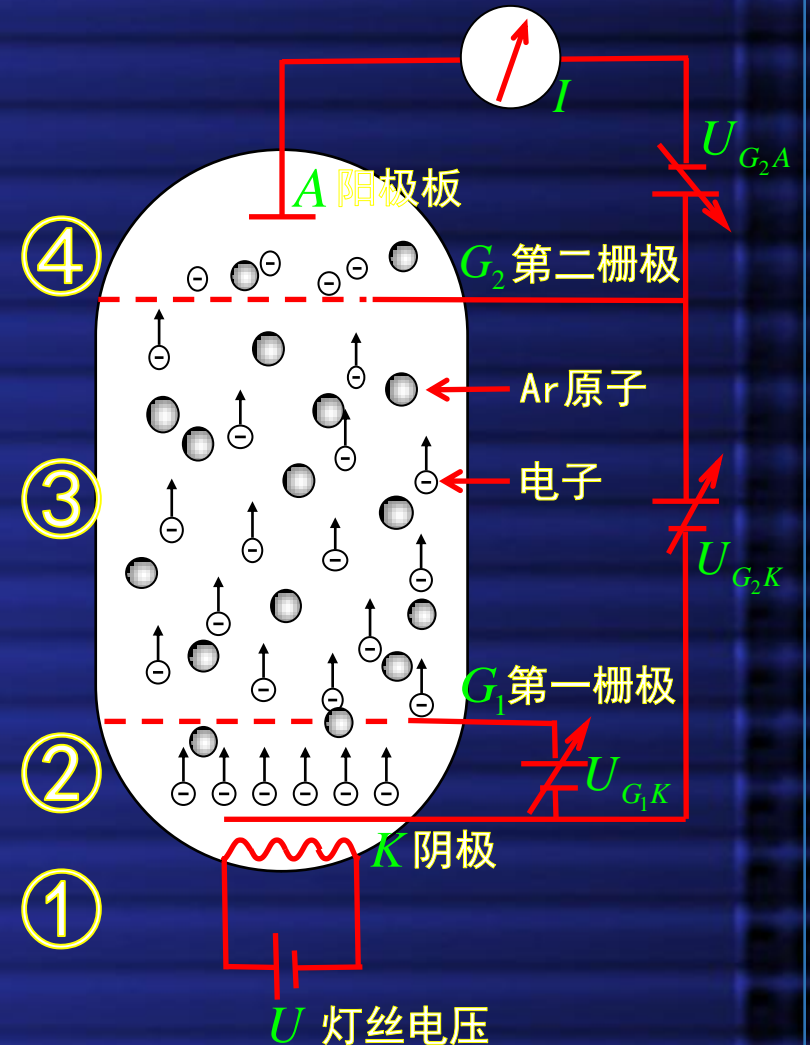
本次实验即采用：电子碰撞Ar原子，使其发生跃迁。

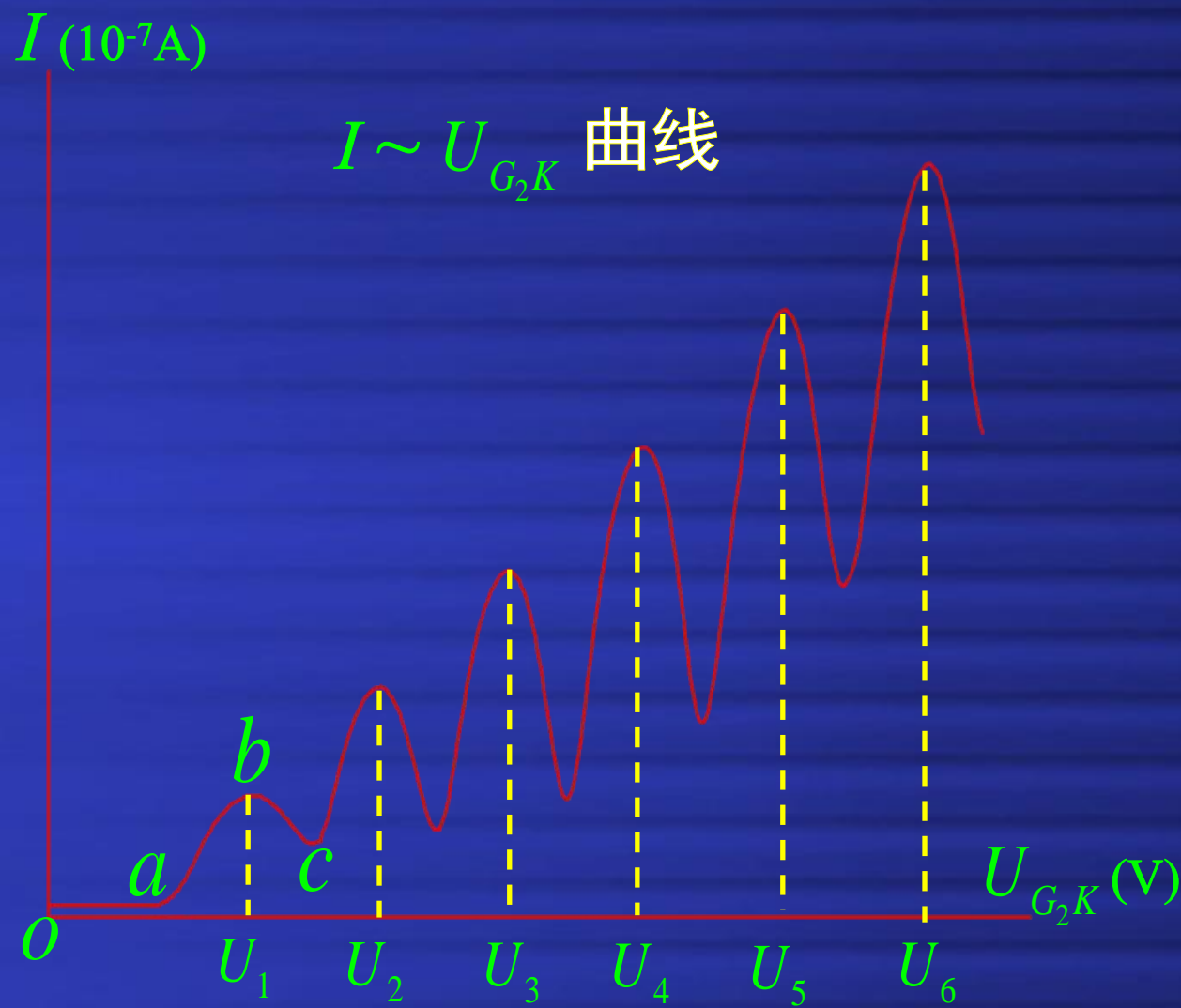
实验原理

电子与Ar原子的碰撞过程：

- ① 在灯丝电压 U 作用下，电子从**阴极 K** 发出。
- ② 电子在第一加速区间($K\sim G_1$)的 U_{G_1K} 作用下获得能量。
- ③ 电子进入第二加速区间($G_1\sim G_2$)，在 U_{G_2K} 作用下继续获得能量并与Ar原子发生碰撞。当电子能量小于 ΔE 时，电子与Ar原子发生弹性碰撞，无能量交换；当电子能量大于或等于 ΔE 时，电子与Ar原子发生**非弹性碰撞**，有能量交换，此时Ar原子获得能量 ΔE 由基态进入第一激发态，而电子相应损失能量 ΔE 。
- ④ 电子进入区间 $G_2\sim A$ ，在拒斥电压 U_{G_2A} 作用下减速往**阳极板 A** 运动。

弗兰克-赫兹实验原理图





$0 \sim a \sim b$

电子与Ar原子发生弹性碰撞，没有能量损失，电子逐渐到达阳极板A，因而电流逐渐增大。

$b \sim c$

电子与Ar原子发生非弹性碰撞，电子损失了能量，从而无法到达阳极板A，因而电流不断减小。

实验操作

1. 打开仪器电源；
2. 选择测量方式为“手动”；
3. 电流档位选择1 μA 档；
4. 根据铭牌参数设置灯丝电压、 U_{G1K} 、 U_{G2A} 三个电压值，并预热仪器10分钟；
5. 电压按钮选择到 U_{G2K} ，从0.0 V开始，步长为0.5 V，依次递增到80.0 V，记录下对应的电流值 I 。



夫兰克-赫兹管参考参数	
电流量程	1 μA 档
灯丝电源电压	2.2 V
V_{G1K} 电压	1.5 V
V_{G2A} 电压	10 V
V_{G2K} 电压	8.2 V
注：预热条件见说明书附页	

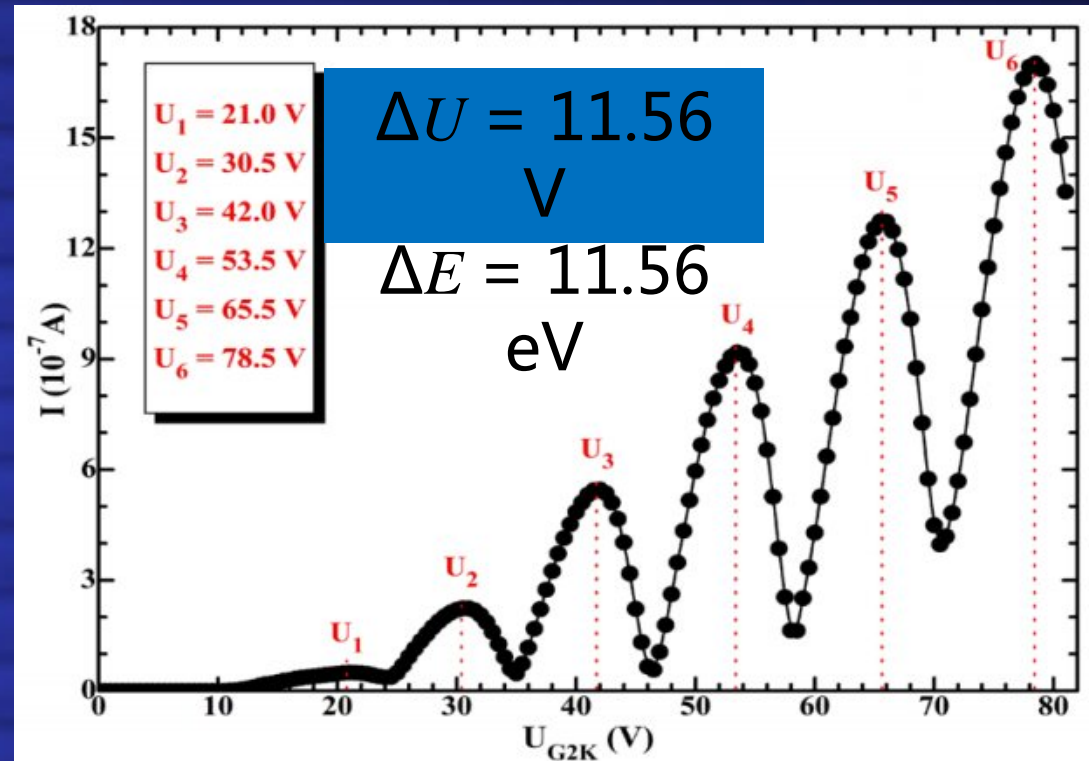
实验数据

原始数据记录表格

U_{G2K} (V)	I (10^{-7} A)
0.0	
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	
⋮	
79.5	
80.0	

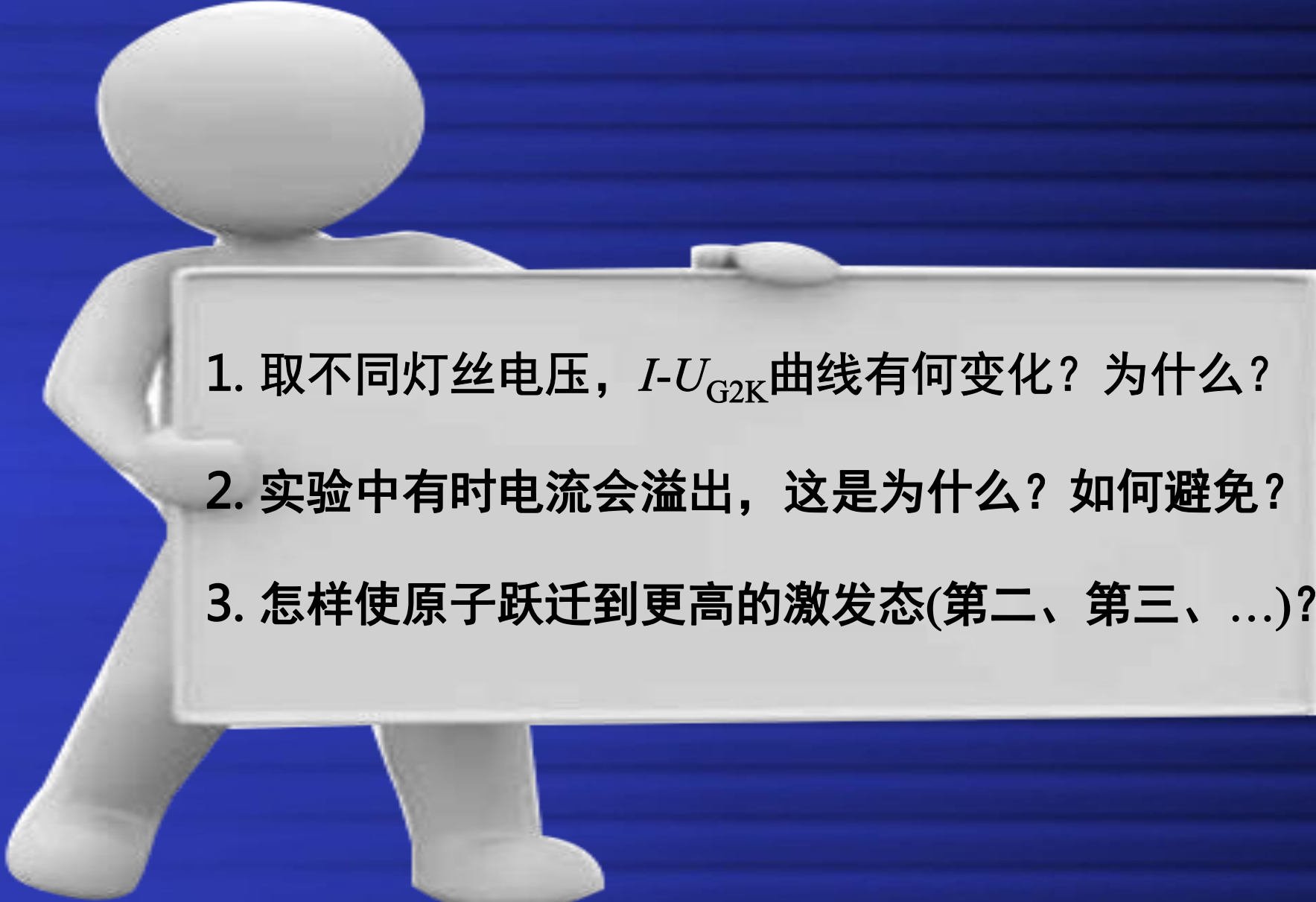
数据处理要求:

作 $I \sim U_{G2K}$ 曲线, 计算 Ar 原子的第一激发电位 ΔU 和临界能 ΔE . 用科研软件画图最好, 例如:



$$\Delta U = [(U_6 - U_3) + (U_5 - U_2) + (U_4 - U_1)] / 9$$

$$\Delta E = e \Delta U$$

- 
1. 取不同灯丝电压, $I-U_{G2K}$ 曲线有何变化? 为什么?
 2. 实验中有时电流会溢出, 这是为什么? 如何避免?
 3. 怎样使原子跃迁到更高的激发态(第二、第三、...)?