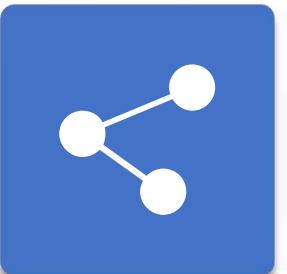




弗兰克-赫兹实验

Franck-Hertz experiment

主讲教师 2025.06
浙江大学 物理实验教学中心



目录 CONTENTS

实验背景

EXPERIMENT BACKGROUNDS

实验目的

EXPERIMENT OBJECTIVE

实验原理

EXPERIMENT PRINCIPLE

1

2

3

4

5

6

实验装置

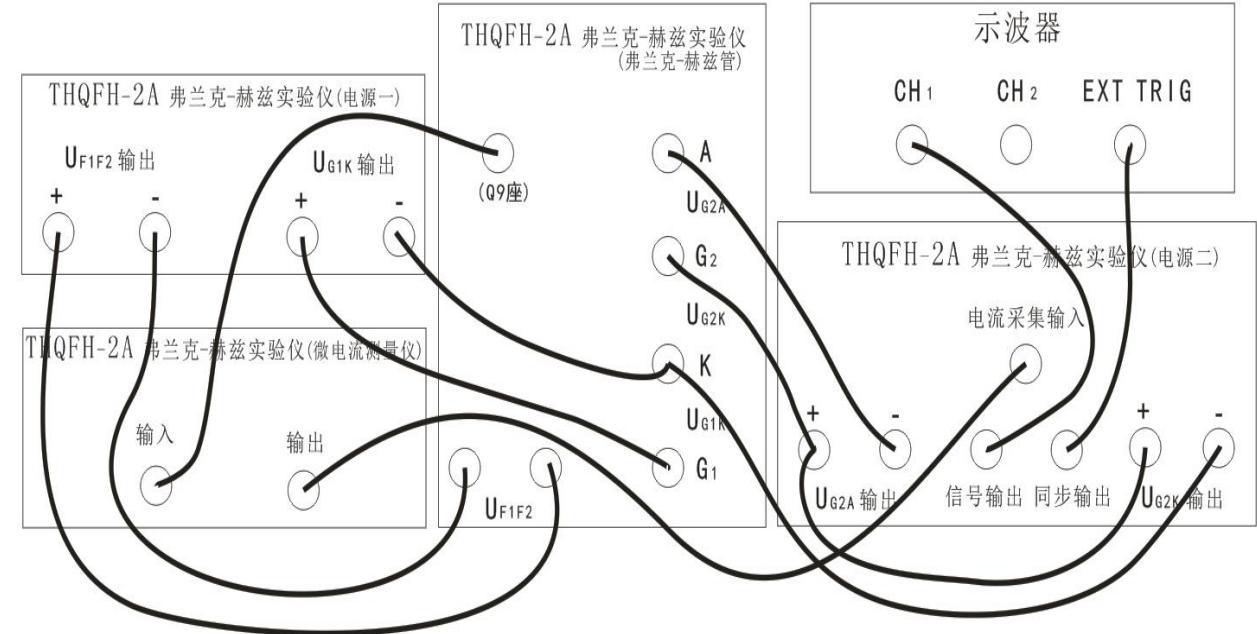
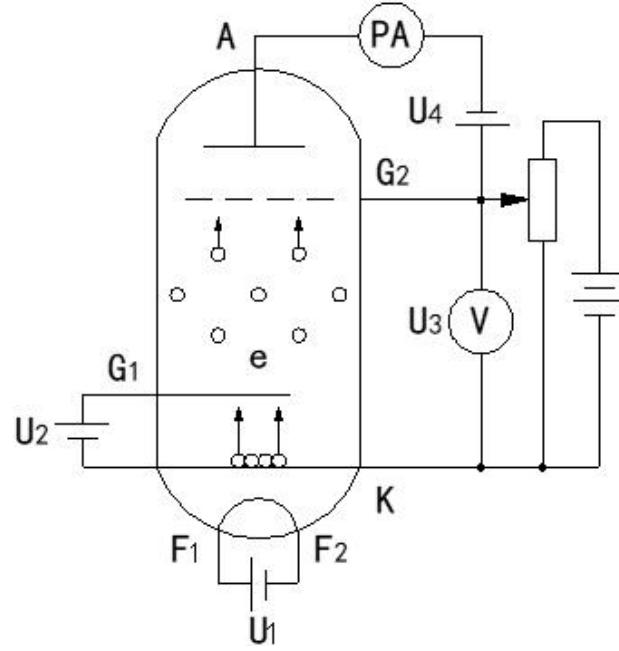
EXPERIMENTAL DEVICE

实验内容

EXPERIMENT CONTENT

实验拓展

EXPERIMENTAL EXTENSTION



1. 打开弗兰克-赫兹管预热
2. 按给定参数调节 U_{F1F2} , U_{G1K} , U_{G2A} 的数值

按要求准确连线

1

EXPERIMENT BACKGROUNDS 实验背景



Gustav Hertz
(1887-1975)



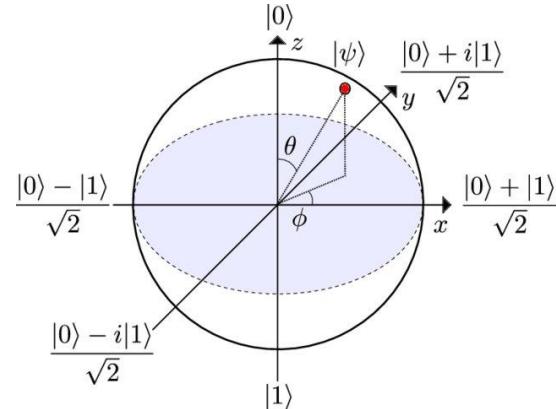
James Franck
(1882-1964)

1914年德国物理学家弗兰克与赫兹用慢电子穿过汞蒸气的实验，测定了汞原子的第一激发电位，从而证明了原子内部结构存在分立的定态能级。

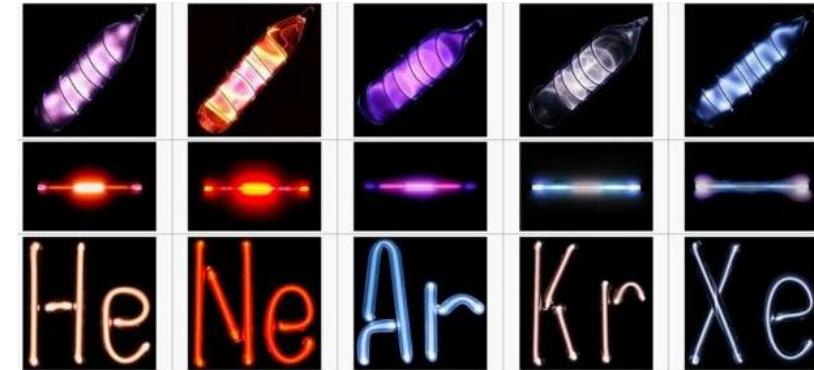
弗兰克-赫兹实验的结果为波尔的原子理论提供了直接有力的证件，为此弗兰克与赫兹共同获得了1925年的诺贝尔物理学奖。



➤ 弗兰克-赫兹实验的现代应用



量子比特操控



测量稀有气体激发态能级



等离子体原子动力学



星际气体探测

2

EXPERIMENT OBJECTIVE 实验目的



- 加深对“量子化”概念的认识
- 学习关于原子碰撞激发和测量的方法
- 测量氩原子的第一激发电势

3

EXPERIMENT PRINCIPLE 实验原理



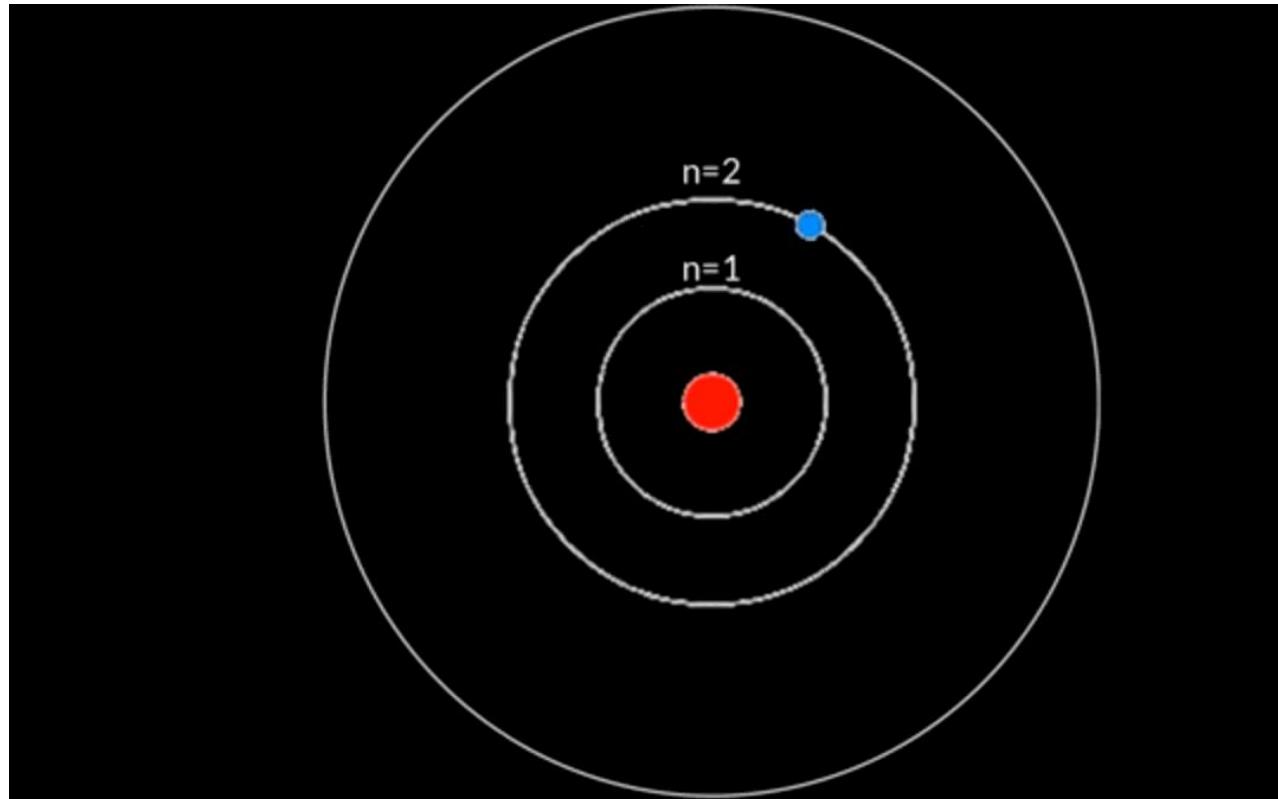
➤ 波尔原子模型

- 定态假设：电子只能在原子的特定轨道上运动，但并不辐射电磁波。

- 跃迁假设：电子只能从一个轨道跃迁到另一个轨道，吸收或发射的能量是固定的。

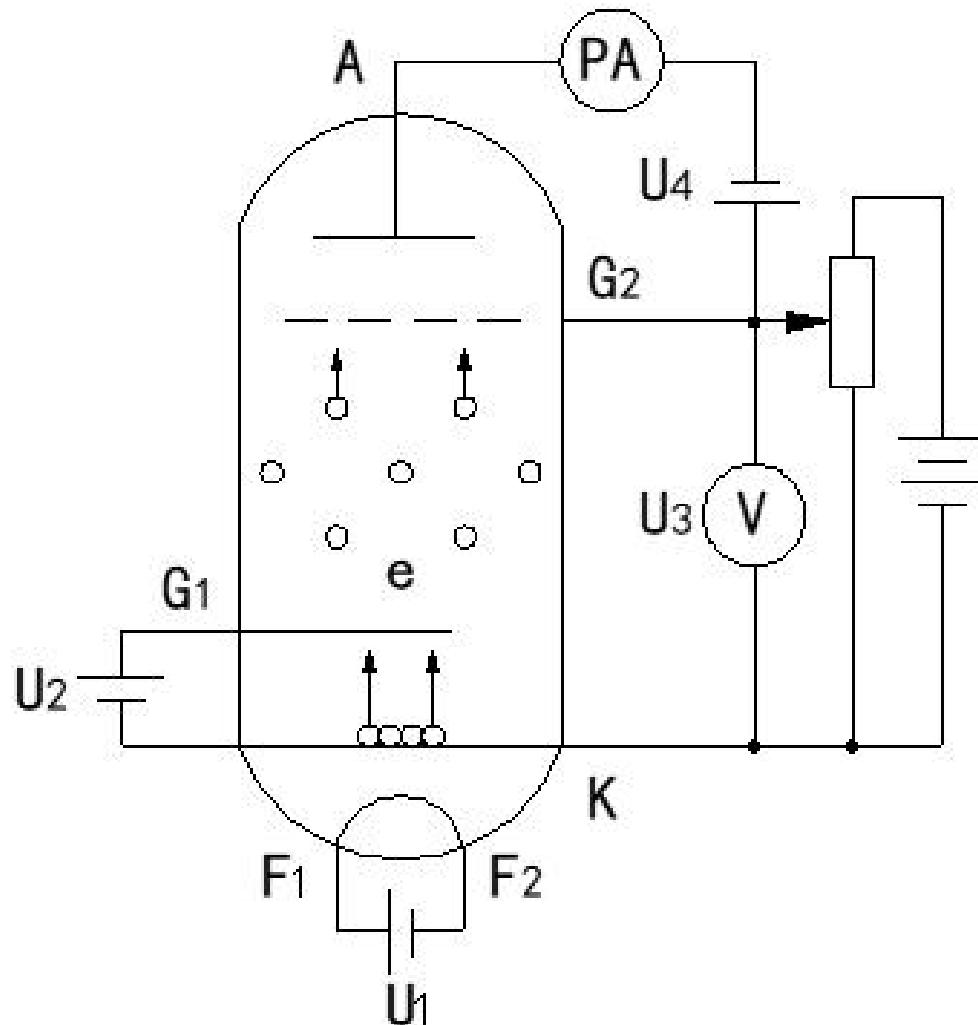
$$h\nu = E_m - E_n$$

- 轨道假设：在不同轨道上运动的电子能量是不同的。电子的能量是量子化的，不能处在不同轨道的能量之间。





➤ 弗兰克-赫兹管原理



本实验中的弗兰克-赫兹管是一个具有双栅结构的充氩四极电子管

U_{F1F2} ：灯丝电压，用于加热灯丝，使灯丝发出热电子。

U_{G1K} ：第一栅极电压，用于消除空间电荷对阴极电子发射的影响，提高发射效率。

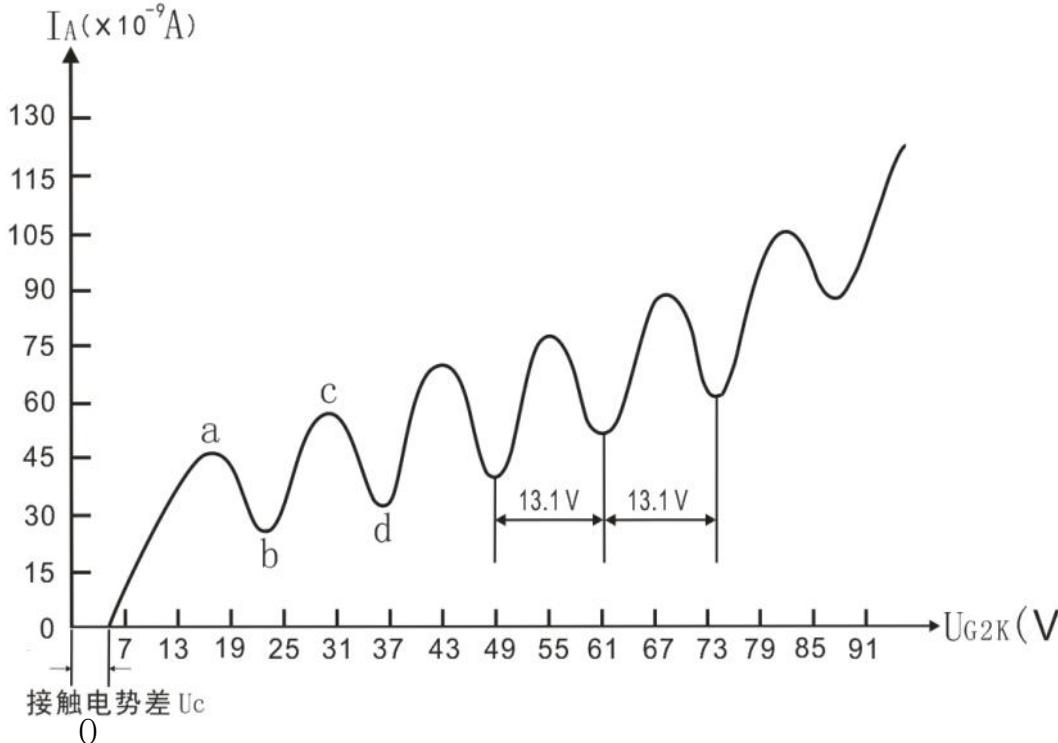
U_{G2K} ：第二栅极电压或加速电压，用于使从阴极K发出的电子被加速，进入管内与氩原子碰撞。

U_{G2A} ：拒斥电压，用于筛选能量大于 eU_{G2A} 的电子到达阳极A。

PA：微电流仪



➤ 弗兰克-赫兹管原理



oa阶段： U_{G2K} 逐渐增加，电子在 $G_2 K$ 空间获得的能量也随之增加，与氩原子进行弹性碰撞，几乎不存在能量交换。此时 I_A 随 U_{G2K} 单调增加。

ab阶段：当 U_{G2K} 到达o点时，电子能量到达可与氩原子进行非弹性碰撞的临界能量，使氩原子跃迁至第一激发态。碰撞后，电子能量减小，从而无法克服拒斥电压 U_{G2A} 到达阳极A，因此 I_A 在ab阶段迅速减小。

bc阶段： U_{G2K} 继续增加，使得与氩原子碰撞中损失大部分能量的电子其能量随之增加，从而可以克服拒斥电压 U_{G2A} 到达阳极A，因此此时 I_A 随 U_{G2K} 增加。

cd阶段：当碰撞后电子的能量再一次到达 eU_0 时，电子再次拥有足够的能量与氩原子进行非弹性碰撞，并再次损失能量，从而 I_A 在cd阶段再次减小。

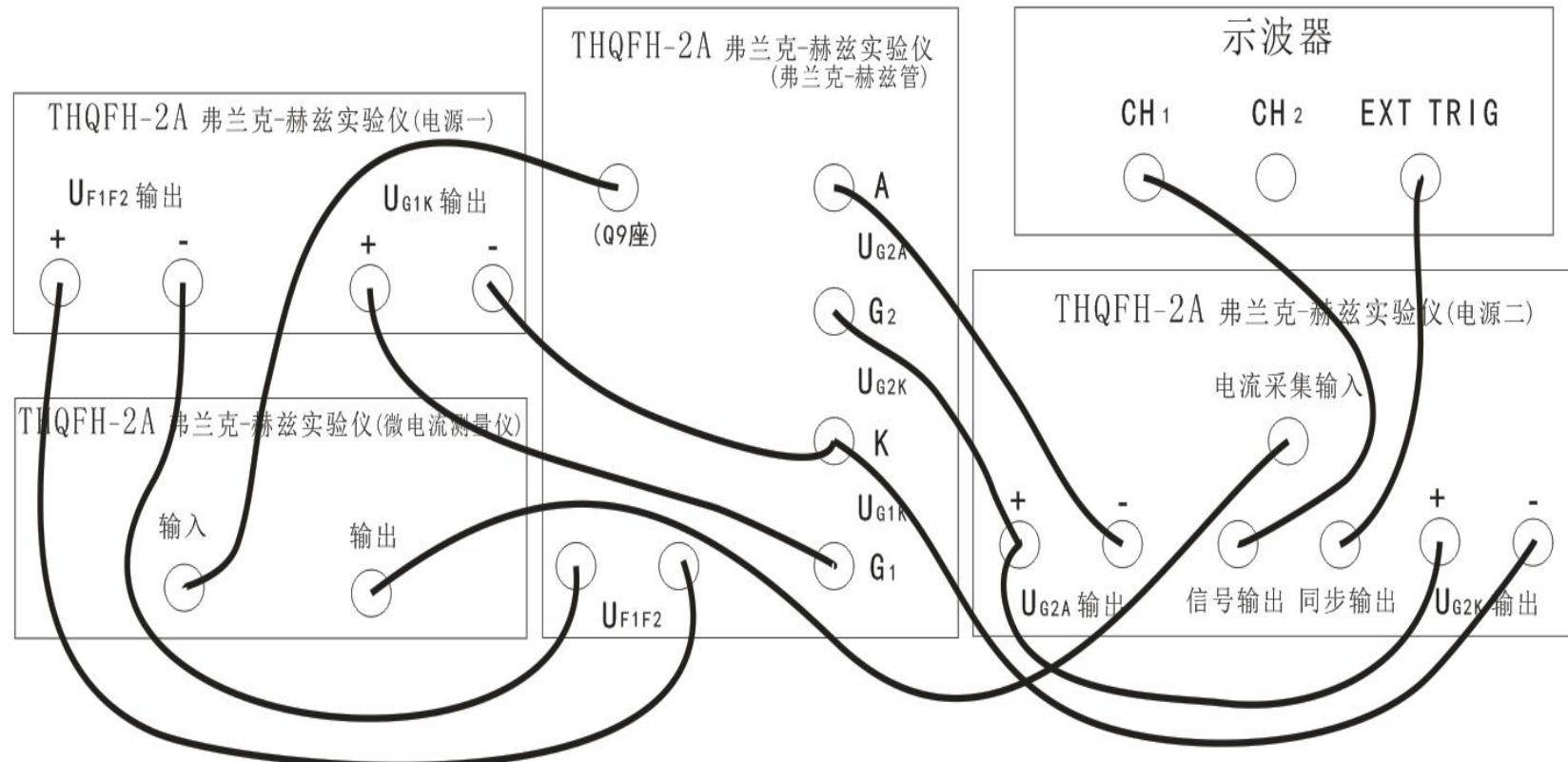
接触电势差：电极材料引起

加速-非弹性碰撞损失能量-加速

4

EXPERIMENTAL DEVICE

实验装置



5

EXPERIMENT CONTENT

实验内容



➤ 基本实验

1. 测量氩原子的第一激发电势

(1) 将示波器的CH1通道设置：200mV/格，500μs/格，外触发通道设置：触发类型为边沿触发。触发源为外触发输入通道，下降沿触发。触发方式为自动。

(2) 确认“电源二”实验仪处于自动测量方式状态，如果不是，按一下“手动/自动”测量按键，将测量方式切换到自动测量方式，这时“自动”指示灯亮。然后按下“确认”按键，启动自动测量。在示波器上观测波浪式爬坡曲线的形成过程。约4分钟之后，自动测量过程结束，观测示波器上 $I_A - U_{G2K}$ 曲线。

(3) 数据记录与处理

自动测量结束后，“电源二”前面板的“峰值”指示灯亮，通过向上查询按键“▲”或向下查询按键“▼”查询 U_{G2K} 和 I_A 的“峰值”。将峰值序号n、加速电压 U_{G2K} 的值记录在表1中。用逐差法计算氩原子的第一激发电势 U_0 。重复测量6次实验。

表格1

峰值序号n	1	2	3	4	5	6	7
U_{G2K} (V)							



➤ 基本实验

2. 测量 $I_A - U_{G2K}$ 曲线

(1) 确认“电源二”实验仪处于手动测量方式状态，如果不是，按“手动/自动”测量按键，将测量方式切换到手动测量方式，这时“手动”指示灯亮。

(2) 缓慢调节加速电压“ U_{G2K} 调节”电位器，每隔 0.5V，待电流稳定大约 4 秒钟后读取微电流显示值 I_A 并记录在表 2 中。为把峰值和谷值测准，在峰谷值附近可多测几组 U_{G2K} 和 I_A 值。

表格2

$$U_{F1F2} = \text{ V}, \quad U_{G1K} = \text{ V}, \quad U_{G2A} = \text{ V}$$

I_A (nA)	U_{G2K} (V)



➤ 数据处理与分析

- 根据表格¹的数据，使用逐差法求氩原子第一激发电势，并计算不确定度。
- 根据表格²的数据，使用数据处理软件绘制 $I_A - U_{G2K}$ 曲线。
- 根据表格²的数据，得出接触电势差。

➤ 注意事项

- 仪器通电前，确保连线正确。
- 实验开始前，弗兰克-赫兹管需预热20分钟。
- 每次测量前都需要对仪器调零。
- 弗兰克-赫兹管每次连续使用时间不要超过2小时。

6

EXPERIMENTAL EXTENSION 实验拓展



➤ 拓展实验

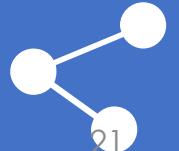
- 探究灯丝电压 U_{F1F2} 大小对 $I_A - U_{G2K}$ 曲线的影响
- 探究栅极电压 U_{G1K} 大小对 $I_A - U_{G2K}$ 曲线的影响
- 探究拒斥电压 U_{G2A} 大小对 $I_A - U_{G2K}$ 曲线的影响

谢谢

2025.06

弗兰克 - 赫兹实验

THANKS FOR LISTENING



21