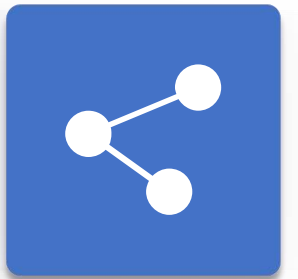




光电效应和普朗克常数测定

Photoelectric Effect & Planck Constant

浙江大学 物理实验教学中心



实验背景
EXPERIMENT BACKGROUNDS

实验目的
EXPERIMENT OBJECTIVE

实验原理
EXPERIMENT PRINCIPLE

1

2

3

4

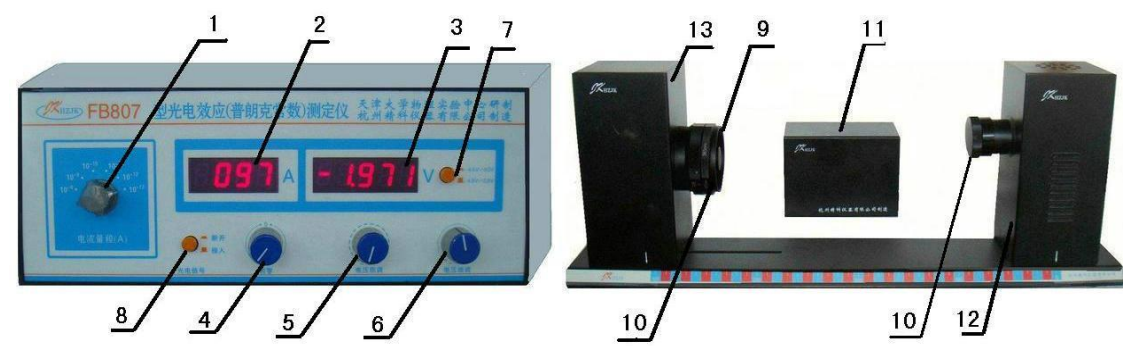
5

6

实验装置
EXPERIMENTAL DEVICE

实验内容
EXPERIMENT CONTENT

实验拓展
EXPERIMENTAL EXTENSTION



- 1—电流量程
- 2—光电管输出微电流表
- 3—光电管工作电压表
- 4—调零(微电流表)
- 5—光电管工作电压调节(粗调)
- 6—光电管工作电压调节(细调)
- 7—光电管工作电压转换按钮
- 8—光电信号开关
- 9—滤色片, 光阑(可调节)
- 10—遮光罩
- 11—汞灯电源
- 12—汞灯箱
- 13—光电管暗箱

1. 打开汞灯预热

2. 仪器调零

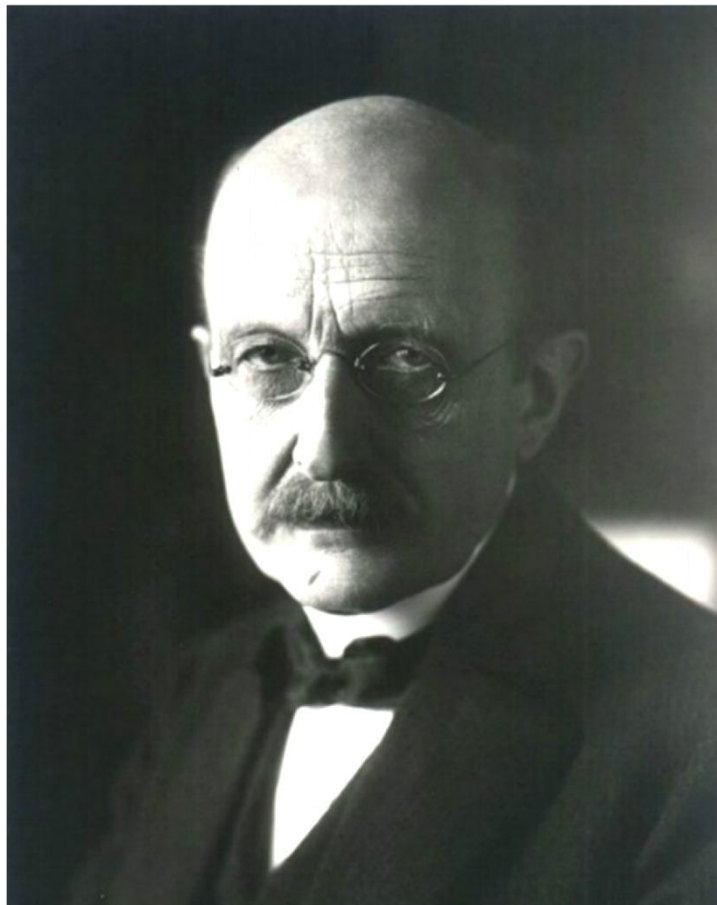
关闭光电信号开关(8), 然后调节调零旋钮(4), 使电流表(2)示数为零。

3. 测量暗电流

将滤光片(9)调节至0位置, 然后调节电压(5,6), 并记录电流值(2)随电压变化的曲线。

1

EXPERIMENT BACKGROUNDS 实验背景



马克思·普朗克

1858-1947

1918年诺贝尔物理学奖

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

《论正常光谱中的能量分布定律》

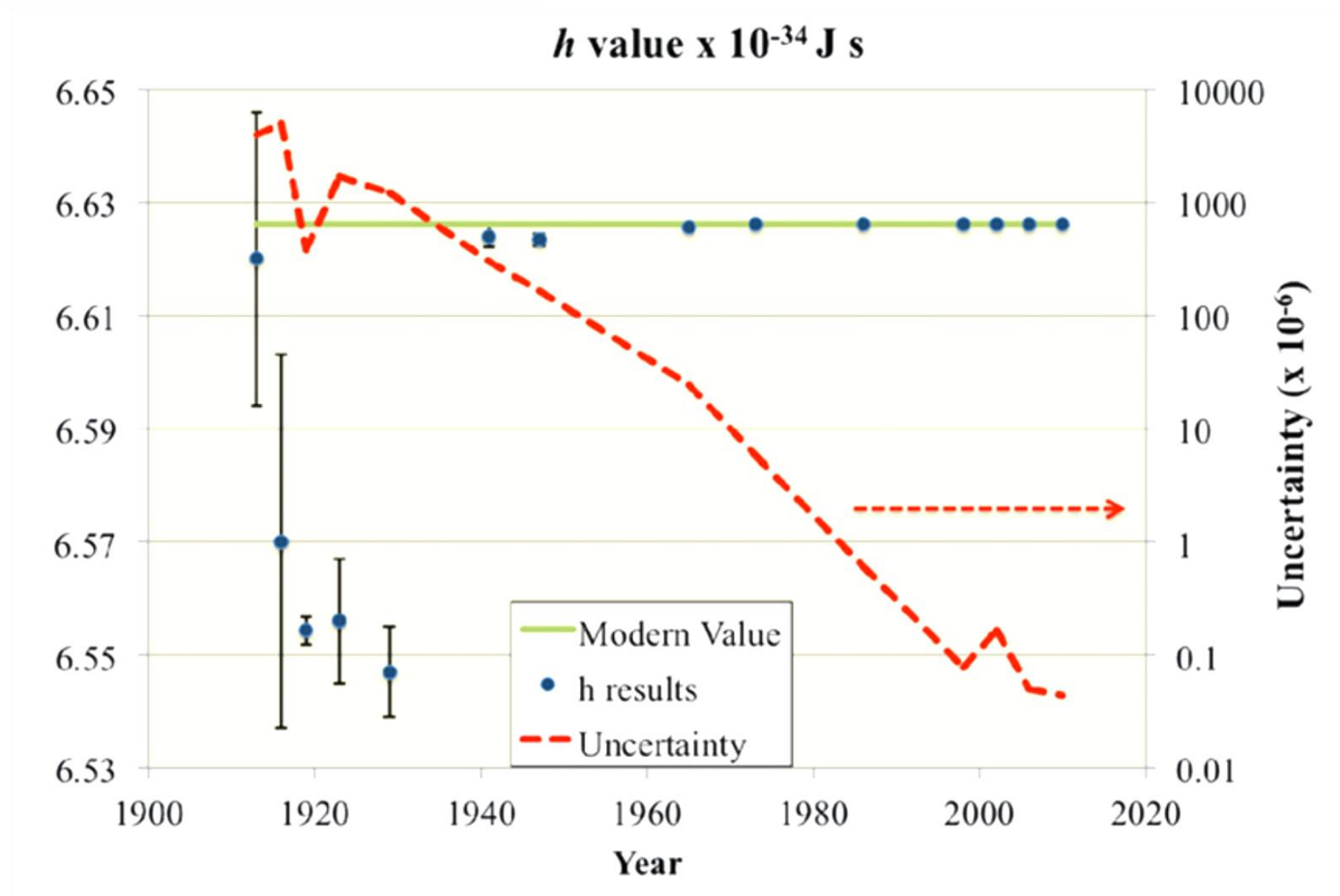
——马克思·普朗克

1900.12.14



➤ 普朗克常数的测定

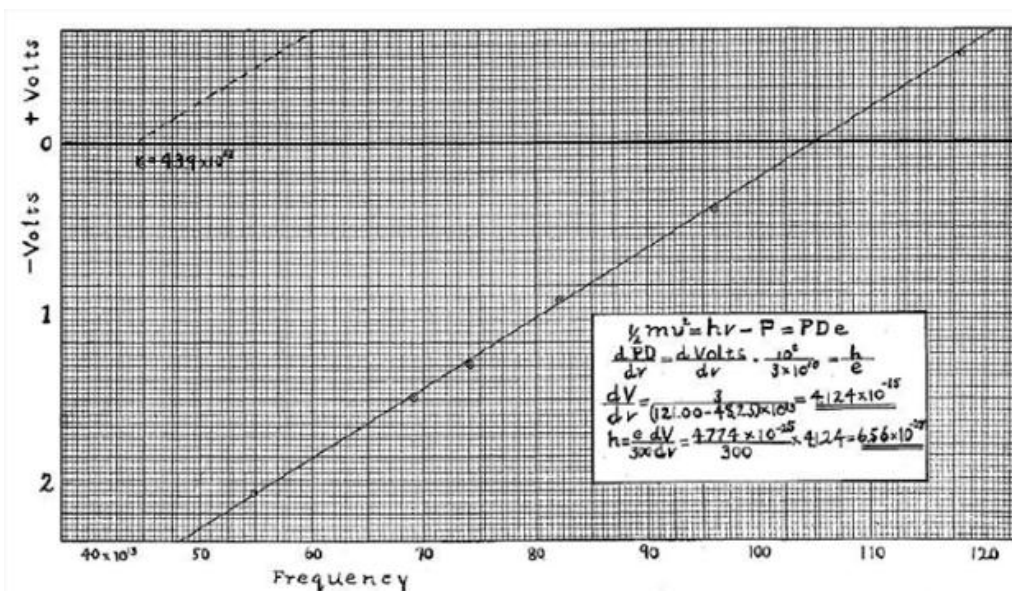
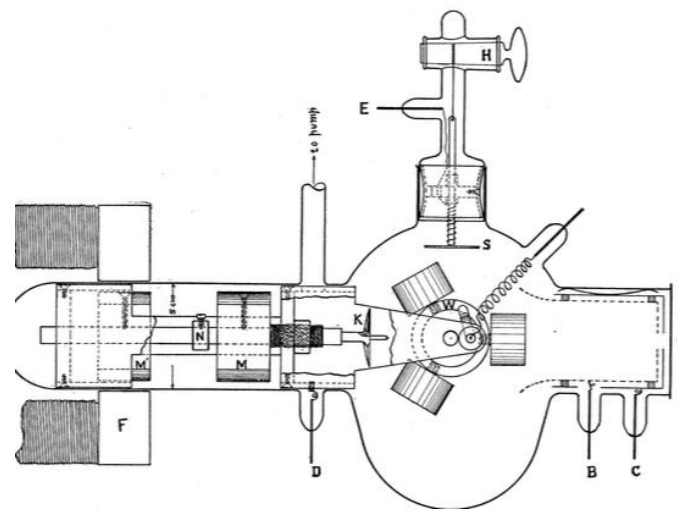
- 黑体辐射测量法
- 光电效应测量法
- X射线测量法
- 康普顿散射法
- 约瑟夫森效应测量法
- 量子霍尔效应测量法
- 力学天平测量法



普朗克常数精确值（国际度量衡委员会 2019年）： $h=6.626070133(60) \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

➤ 普朗克常数的测定

- 黑体辐射测量法
- **光电效应测量法**
- X射线测量法
- 康普顿散射法
- 约瑟夫森效应测量法
- 量子霍尔效应测量法
- 力学天平测量法



➤ 光电效应的早期研究

光电效应的发现
赫兹放电实验

1887年



海因里希·赫兹
1857-1894

光触发假说

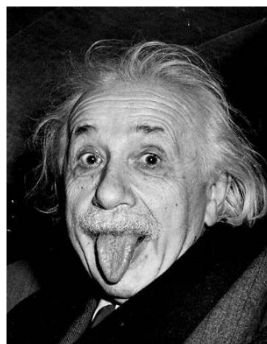
1902年



菲利普·勒纳德
1862-1947

光量子理论
《关于光的产生和转化的一个
试探性观点》

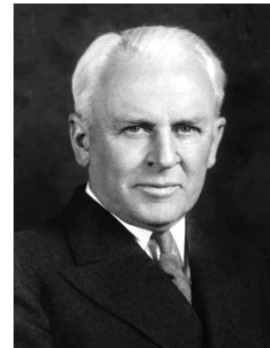
1905年



阿尔伯特·爱因斯坦
1879-1955
1921年诺贝尔物理学奖

通过10年光电效应实验
测定普朗克常数

1916年

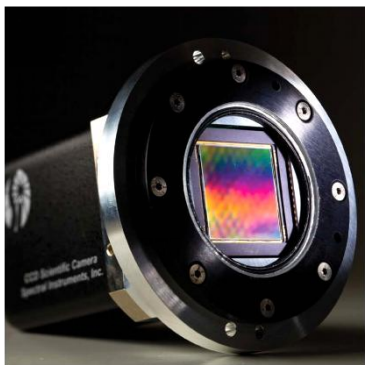


罗伯特·密立根
1868-1953
1923年诺贝尔物理学奖

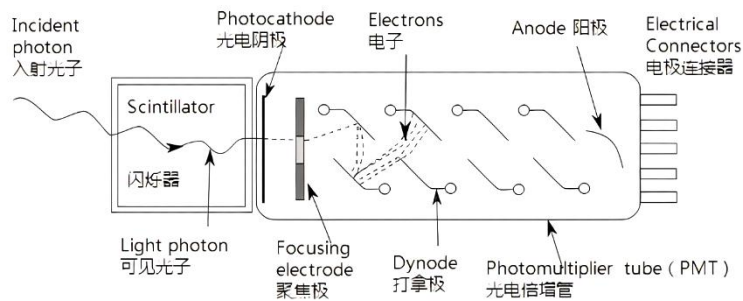
➤ 光电效应的现代应用



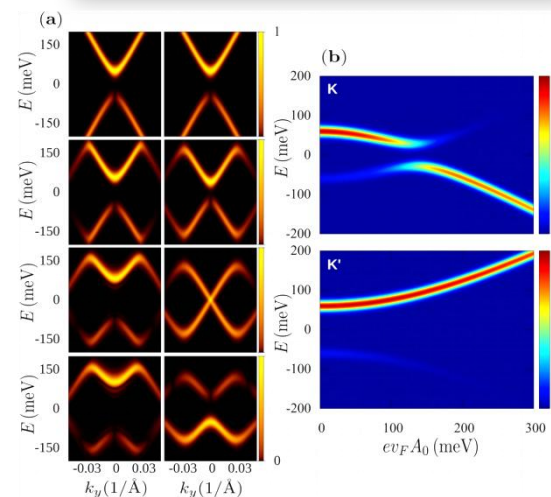
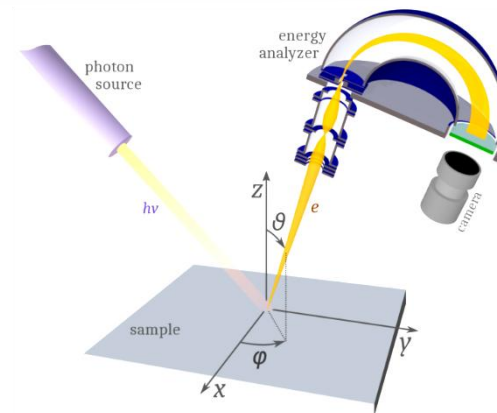
太阳能电池



CCD摄像头



光电倍增管



光电子能谱(ARPES, XPS, AES..)

2

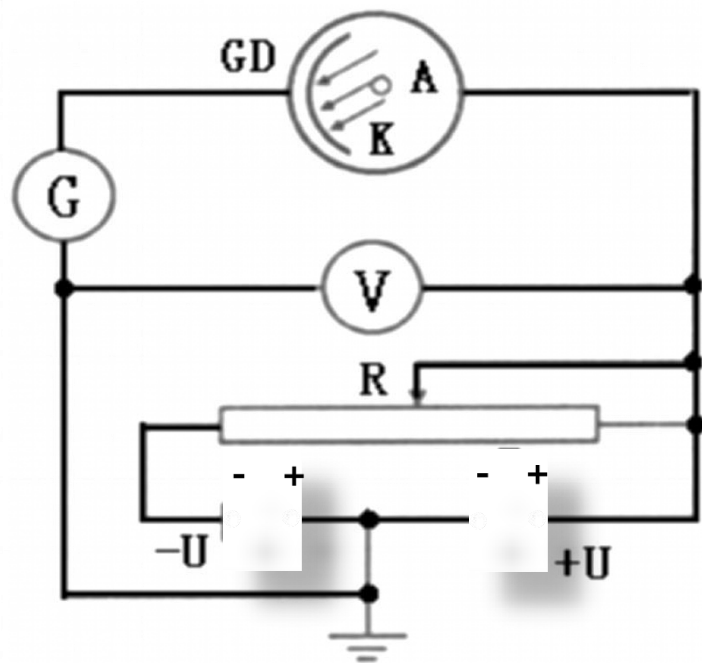
EXPERIMENT OBJECTIVE 实验目的



- 理解光电效应方程和光量子概念
- 掌握光电效应实验方法并验证实验现象
- 测定普朗克常数

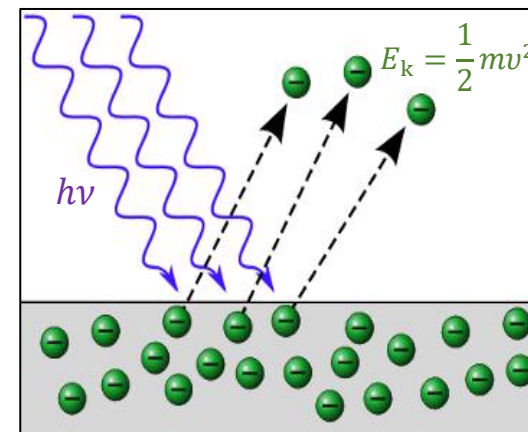
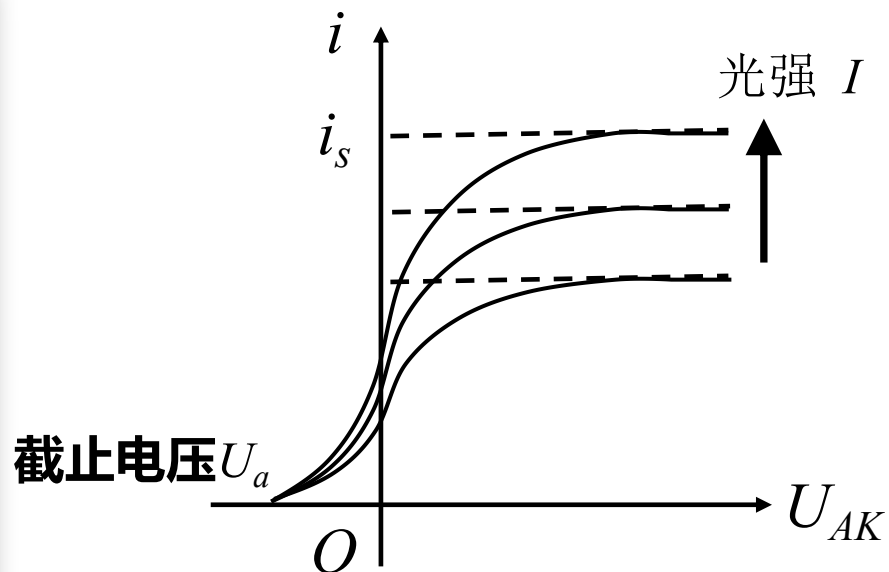
3

EXPERIMENT PRINCIPLE 实验原理



光电效应实验示意图

GD:光电管
K/A:光电管阴极/阳极
G:微检流计 V:电压表
±U:电源 R:滑线变阻器



$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

光子能量 电子最大初动能 功函数

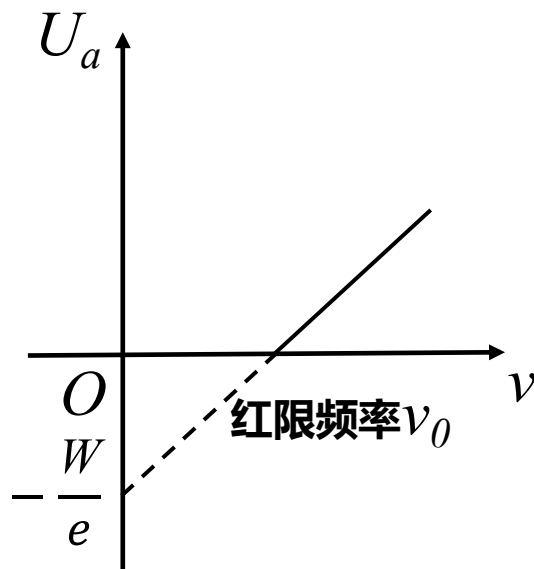
- 出射电子动能与频率线性相关，与光强无关
- 光的频率低于某一临界值，无出射电子
- 单位时间内的出射电子数与光强成正比
- 瞬时性 ($< 1 \text{ ns}$)

爱因斯坦光电效应方程



➤ 截止电压与频率的关系

- 阴极材料，功函数： W
- $h\nu < W$ ，逸出动能不足
- $h\nu \geq W$ ， $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = h\nu - W = eU_a \geq 0$



$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

$$U_a = \frac{h}{e}\nu - \frac{W}{e}$$

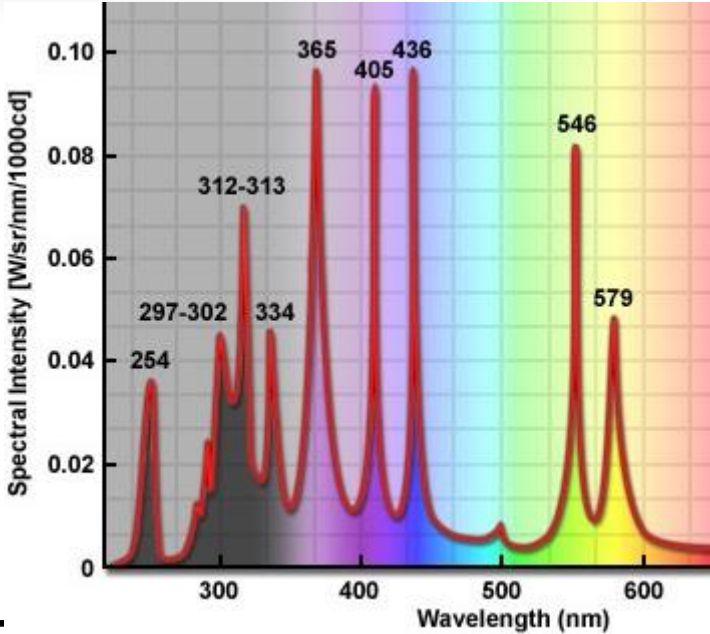
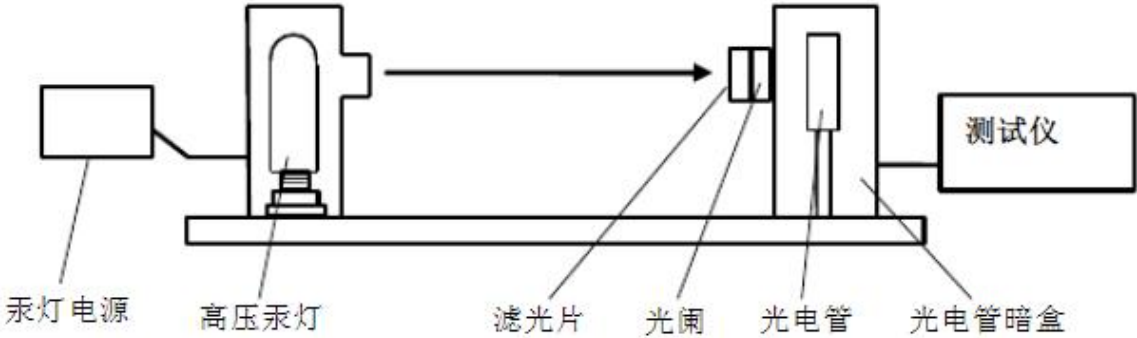
斜率 截距

$$\nu_0 = \frac{W}{h}$$

4

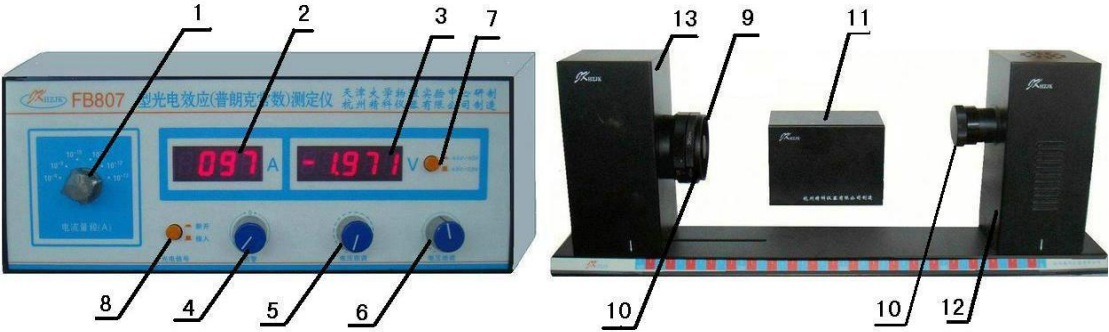
EXPERIMENTAL DEVICE

实验装置



仪器：光电管、单色仪（或滤波片+汞灯）、微检流计、直流电源、直流电压计
 光源：汞灯+滤光片（中心波长为365，405，436，546，579nm）

汞灯光谱



- | | |
|-----------------|----------|
| 1—电流量程 | 8—光电信号开关 |
| 2—光电管输出微电流表 | 9—滤色片，光阑 |
| 3—光电管工作电压表 | 10—遮光罩 |
| 4—调零(微电流表) | 11—汞灯电源 |
| 5—光电管工作电压调节（粗调） | 12—汞灯箱 |
| 6—光电管工作电压调节（细调） | 13—光电管暗箱 |
| 7—光电管工作电压转换按钮 | |

5

EXPERIMENT CONTENT 实验内容



1. 使用不同滤光片,测量截止电压

表格1

光阑孔径:_____mm 光源距离:_____cm					
滤光片波长 λ (nm)	365	404	465	546	579
截止电压 U_a (V)					

2. 使用不同滤光片，测量在单色光照射下的光电效应伏安特性曲线

表格2

光阑孔径:_____mm 光源距离:_____cm 滤光片波长:_____nm										
光电管电压 U_{AK} (V)										
电流 i (10^{-10} A)										
光电管电压 U_{AK} (V)										
电流 i (10^{-10} A)										



➤ 数据处理与分析

- 使用MatLAB等数据处理软件对表格1中实验数据进行线性拟合，得出普朗克常数 h 、功函数 W 和红限频率 ν_0 的值及其标准偏差，计算不确定度，并根据普朗克常数的公认值计算相对不确定度。
- 根据表格2中的实验数据，绘制不同单色光照射下的伏安特性曲线。
- 根据表格3和4中的实验数据使用作图法验证光电管饱和电流与光强的正比关系。

➤ 注意事项

- 实验开始前，汞灯与测试仪需预热20分钟。
- 使用零电流法测量截止电压时，每组测量前都需要对仪器调零。
- 测量截止电压时，电压调节档为-4.5V~+2.5V；测量伏安特性曲线时，电压调节档为-4.5V~+30V。
- 非测量时应注意随时盖上光电管遮光盖和汞灯遮光盖。
- 不能用手接触光学器件表面。

6

EXPERIMENTAL EXTENSION 实验拓展



3. 在单色光照射下，探究光电管饱和光电流和光源距离的关系

表格3

光阑孔径: _____ mm 滤光片波长: _____ nm						
光源距离 L (cm)						
饱和电流 i_s (10^{-10} A)						

4. 在单色光照射下，探究光电管饱和光电流和光阑孔径大小的关系

表格4

光源距离: _____ cm 滤光片波长: _____ nm			
光阑孔径 Φ (mm)	4	8	16
饱和电流 i_s (10^{-10} A)			

➤有关实际测量的讨论

实测电流包含

- 阴极正向电流
- 阳极反向电流：阴极材料污染
- 暗电流：热电子（温度）、管壳漏电（ $\propto U_{AK}$ ）等
- 本底电流：杂散光

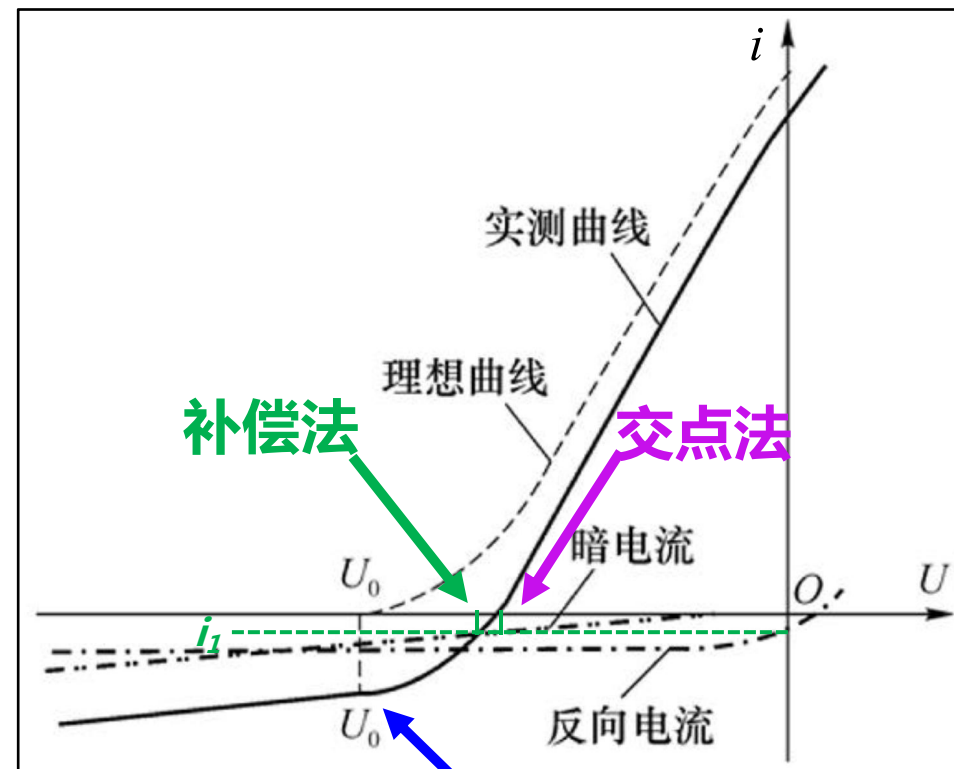
截止电压的确定

交点法（零电流法）： \geq 截止电压真值

补偿法：测定暗电流、本底电流，消除影响

拐点法：阳极反向电流饱和速度快时误差小

光电效应伏安特性曲线



谢谢

光电效应与普朗克常数测定

THANKS FOR LISTENING

