



厦 门 大 学

XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FULI JIAN XIA MEN CABLE: 0633 P.C: 361005

实验二十七 光电效应与普朗克常数的精确测定

一. 实验目的

1. 了解光电效应的基本性质, 加深对光的量子性的认识
2. 验证爱因斯坦方程, 并求出普朗克常数

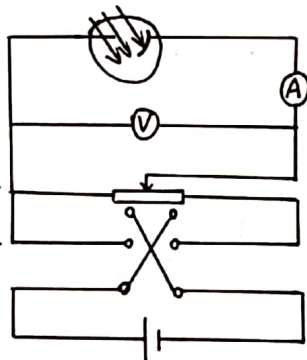
二. 实验仪器

光电效应(普朗克常数)实验仪, 汞灯及电源, 光电管, 光阑孔3个(直径中分别为2mm, 4mm, 8mm)
滤光片5片(波长入分别为: 365nm, 405nm, 436nm, 546nm, 577nm), 计算机一套

三. 实验原理

光电效应是一定频率的光照射到金属表面时会有电子从金属表面逸出的现象, 光电效应实验原理如右图。

按照爱因斯坦的光量子理论, 当光与物质相互作用时, 其能流并不像波动理论所想象的那样, 是连续分布的, 而是集中在一些叫作光子(或光量子)的粒子上。每个光子都具有能量 $h\nu$, 其中 h 为普朗克常数, ν 是光的频率。根据这一理论, 在光电效应中吸收一个光子的能量时, 一部分消耗电子从金属表面逸出时所需要的逸出功 W , 其余部分变为电子的动能, 根据能量守恒有 $h\nu = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 + W$, 上式为爱因斯坦方程, 其中 m 是光电子的质量, v_{\max} 是光电子离开金属表面时的最大速率。上式成功解释了光电效应的规律。



- ① 光子能量 $h\nu < W$ 时, 不能产生光电效应
- ② 光电子的能量取决于入射光的频率, 只有当入射光的频率大于阈频率 $\nu_0 = \frac{W}{h}$ 时, 才能产生光电效应。
 ν_0 称为截止频率(又称为红限), 不同的金属材料有不同的逸出功 W , 所以 ν_0 也不相同,
- ③ 入射光的强弱意味着光子密度大小, 即光强只影响光电子形成光电流的大小。
- ④ 电子吸收光子时全部能量, 几乎不需要积累能量的时间, 延迟时间不超过 10^{-13} 秒。

由爱因斯坦方程可知, 入射到金属表面的光频率越高, 逸出的电子动能越大, 所以即使阳极电位比阴极电位低时也会有电子落入阳极形成光电流, 直至阳极电位等于截止电压 U_0 , 光电流才为零, 此时有关系式 $eU_0 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$

阳极电位高于截止电压后, 随着阳极电位的升高, 阳极对阴极发射的电子的收集作用越来越强, 光电流 I 随之上升; 当阳极电压高到一定程度, 已把阴极发射的光电子几乎全收集到阳极, 再增加阳极电位时 I 不再变化, 光电流 I 出现饱和, 饱和光电流 I_m 的大小与入射光的强度 P 成正比。将 $eU_0 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$ 代入 $h\nu = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 + W$ 可得 $eU_0 = h\nu - W$

此式表明截止电压 U_0 是频率 ν 的线性函数, 直线斜率 $k = h/e$, 只要用实验方法得出不同频率对应的截止电压, 求出直线斜率, 就可以算出普朗克常量 h 。其中电子电量 $e = -1.6 \times 10^{-19} \text{C}$, 普朗克常量 h 的公认值为 $h = 6.6260755 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ 。



扫描全能王 创建



厦 门 大 学

XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FULFAN XIAMEN CABLE:0633 P.C:361005

四.实验内容

光电效应实验仪有手动和自动两种工作模式,具有自动采集和储存数据,实时显示采集数据,动态显示,采集数据及采集完成后查询数据等等功能。

1. 测试前准备

- 将光电效应实验仪、汞灯电源接通(汞灯及光电管暗盒的遮光盖盖上),预热20分钟。
- 调整光电管与汞灯距离为40cm并保持不变。
- 用专用线将光电管暗盒in电压输入端与光电效应实验仪in电压输出端连接起来(红—红,蓝—蓝)。
- 将“电流量程”置于10⁻⁹A档,接着进行系统调零。将光电管暗盒电流的输出端K与光电效应实验仪微电流的输入端断开,旋转“调零”旋钮使电流指示“000.00”调节好以后,用高频匹配电缆将电流输入连接起来,按“调零确认/系统清零”按钮一次,系统进入测试状态。

2. 测定普朗克常量 h

a. 手动测量

使“手动/自动”模式按钮处于手动模式

将4mm的光阑孔及365.0nm的滤光片装在光电管暗盒的输入口上,打开汞灯遮光盖,此时电压表显示阳极电位 U_{AK} 的值,单位为伏;电流表显示与 U_{AK} 对应的电流值 I ,单位为所选择的“电流量程”。用电压调节键 $\leftarrow, \rightarrow, \uparrow, \downarrow$ 可调节 U_{AK} 的值, \leftarrow, \rightarrow 键用于选择 i 同节, \uparrow, \downarrow 键用于调节电压值大小。

从低到高调节电压,观察电流值的变化,寻找电流为零时对应的 U_{AK} ,以其绝对值作为该波长对应的 U_0 值,并将数据填入表中

依次换上405nm,436nm,546nm,577nm的滤光片,重复以上测量步骤。注意无论手动或自动模式更换滤光片时要先盖上汞灯遮光盖。

b. 自动测量

使“手动/自动”模式按钮处于自动模式

此时电流表左边的指示灯闪烁,表示系统处于自动测量扫描范围设置状态,用电压调节键可设置扫描起始电压和终止电压。

对各条谱线扫描范围,建议设置为:365nm,-1.99V~-1.60V;405nm,-1.60V~-1.20V;436nm,-1.35V~-0.95V;546nm,-0.80V~-0.40V;577nm,-0.65V~-0.25V。

设置扫描起始电压和终止电压后,按动相应的存储区按键,仪器将先清除存储区原有数据,等待30s,然后按4mV的步长自动扫描,并显示、存储相应的电压、电流值。

3. 数据测量

由于本实验仪器in电流放大器灵敏度较高,稳定性好;光电管阳极反向电流,暗电流水平也比较低。因此在测量各谱线的截止电压 U_0 时,不必采用传统的拐点法,可采用零点电流法,即直接将各谱线照射下测得的电流为零时对应的电压 U_{AK} 的绝对值作为截止电压 U_0 。

在严格按照实验要求的情况下共进行了六次较为精确的测量。其中三次为自动测量,三次为手动测量。



扫描全能王 创建



厦 门 大 学

XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FULI JIAN XIAMEN CABLE:0633 P.C:361005

五. 数据记录

U_0 - V 关系

测量距离 $L=400\text{nm}$, 光阑孔 $\Phi=2\text{mm}$

波长 λ_i (nm)	365	405	436	546	577
频率 ν_i ($\times 10^{14}\text{Hz}$)	8.213	7.402	6.876	5.491	5.196
截止电压 U_{0i} (V)	手动				
	自动				

U_0 - V 关系

测量距离 $L=400\text{mm}$, 光阑孔 $\Phi=4\text{mm}$

波长 λ_i (nm)	365	405	436	546	577
频率 ν_i ($\times 10^{14}\text{Hz}$)	8.213	7.402	6.876	5.491	5.196
截止电压 U_{0i} (V)	手动				
	自动				

六. 注意事项

1. 光电效应实验仪, 汞灯需预热 20 min.
2. 手不要触碰到镜片
3. 无论手动还是自动模式, 更换滤光片时, 要先盖上汞灯遮光盖。



扫描全能王 创建



厦 门 大 学

XIAMEN UNIVERSITY

ADD: ZOUJIAN XIAMEN CABLE:0633 P.C:361005

七. 数据处理

	斜率 $k (\times 10^{-15} \text{V/Hz})$	普朗克常数 $h (\times 10^{-34} \text{J.s})$	相对误差 $E (\%)$
手动			
自动			

1. 推导 k , b 的有效位数

(1) 判断 k 的有效位数 $\Delta V = V_{\max} - V_{\min}$

$$\Delta U_0 = U_{0,\max} - U_{0,\min}$$

由 k 的定义式及有效数字运算规则 $k = \frac{\Delta U_0}{\Delta V}$, k 取 4 位有效数字

(2) 判断截距 b 的有效位数, b 与 U_0 为加减关系, 保留到小数点后 3 位

2. 由 Excel 拟合得到的直线方程通式为: 手动:

自动:

正确方程式为手动: $U_0 =$

自动: $U_0 =$

3. 由斜率 k 计算普朗克常量 h , 由 $h = |e|k$

手动 $h =$

自动 $h =$

4. 计算相对误差 E

手动 $E =$

自动 $E =$



扫描全能王 创建