

## 8.2.1 光电效应法测普朗克常量 $h$

### 实验要求：

1. 用【汞灯】照射的实验仪器 5 套，用【LED 单色灯】照射的实验仪器 5 套。
2. 【注意】：汞灯开启要预热 10 分钟，才进入正常的发光状态。正在工作发光的汞灯，关闭后，不能立即开启。充分冷却后才能开启。
3. LED 灯发光二极管正常工作电压 3 ~ 5 伏，我们在供电电线中串入一个大电阻，这样 LED 灯实际上可以加载 10 伏左右的电压，就能正常发光。同学们也可以自己试验一下，加载 LED 灯电压从 0 伏开始，缓慢逐渐增大。直到 LED 灯发光亮度，肉眼观察基本不变时，就可停止增加电压。
4. 暗盒内的【光电管】，在不使用时，应盖上窗口罩。寻找下一个滤光片过程中，如果时间较长，也应盖上光电管的窗口罩。【目的】是避免长时间的强光照射，缩短光电管寿命。
5. 本实验测量【光电流】大小，是通过测量  $10\text{k}\Omega$  电阻上的【电压降】。最大光电流  $10\mu\text{A}$ ，对应直流电压  $100\text{mV}$ 。
6. 直流稳压电源供电，使用恒压模式（CV）。电压极性变反，同学们自己改变接线。电压增加、减小的变化，可以自己改变仪器设置来实现；也可直接通过键盘输入来实现。
7. 伏安特性曲线的测量，电压数据点分配，要恰当。在拐点附近（和上升段）密集一些，而在其他平坦段，可以稀疏一些。

2016 年 2 月 26 日星期五

## 8.2.1 光电效应法测普朗克常量 $h$

(本文内容选自高等教育出版社《大学物理实验》)

1905 年, 年仅 26 岁的爱因斯坦 (A.Einstein) 提出光量子假说, 发表了在物理学发展史上具有里程碑意义的光电效应理论, 10 年后被具有非凡才能的物理学家密立根 (Robert Millikan) 用光辉的实验证实了。两位物理大师之间微妙的默契配合推动了物理学的发展, 他们都因光电效应等方面的杰出贡献分别于 1921 年和 1923 年获得诺贝尔物理学奖金。

光电效应实验及其光量子理论的解释在量子理论的确立与发展上, 在揭示光的波粒二象性等方面都具有划时代的深远意义。利用光电效应制成的光电器件在科学技术中得到广泛的应用, 并且至今还在不断开辟新的应用领域, 具有广阔的应用前景。

本实验的目的是了解光电效应的基本规律。并用光电效应方法测量普朗克常量和测定光电管的光电特性曲线。

### 实验原理

当光照在物体上时, 光的能量仅部分地以热的形式被物体吸收, 而另一部分则转换为物体中某些电子的能量, 使电子逸出物体表面, 这种现象称为光电效应, 逸出的电子称为光电子。在光电效应中, 光显示出它的粒子性质, 所以这种现象对认识光的本性, 具有极其重要的意义。

光电效应实验原理如图 8.2.1-1 所示。其中 S 为真空光电管, K 为阴极, A 为阳极。当无光照射阴极时, 由于阳极与阴极是断路, 所以检流计 G 中无电流流过, 当用一波长比较短的单色光照射到阴极 K 上时, 形成光电流, 光电流随加速电位差  $U$  变化的伏安特性曲线如图 8.2.1-2 所示。

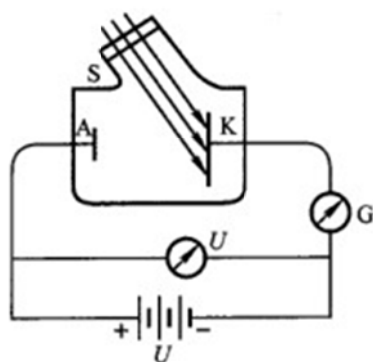


图 8.2.1-1 光电效应实验原理图

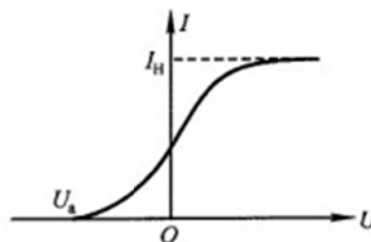


图 8.2.1-2 光电管的伏安特性曲线

#### 1. 光电流与入射光强度的关系

光电流随加速电位差  $U$  的增加而增加, 加速电位差增加到一定量值后, 光电流达到饱和值和值  $I_H$ , 饱和电流与光强成正比, 而与入射光的频率无关。当  $U = U_A - U_K$  变成负值时, 光电流迅速减小。实验指出, 有一个遏止电位差  $U_a$  存在, 当电位差达到这个值时, 光电流为零。

## 2. 光电子的初动能与入射频率之间的关系

光电子从阴极逸出时，具有初动能，在减速电压下，光电子逆着电场力方向由 K 极向 A 极运动。当  $U=U_a$  时，光电子不再能达到 A 极，光电流为零。所以电子的初动能等于它克服电场力作用的功。即

$$\frac{1}{2}mv^2 = eU_a \quad (1)$$

根据爱因斯坦关于光的本性的假设，光是一粒一粒运动着的粒子流，这些光粒子称为光子。每一光子的能量为  $\varepsilon = h\nu$ ，其中  $h$  为普朗克常量， $\nu$  为光波的频率。所以不同频率的光波对应光子的能量不同。光电子吸收了光子的能量  $h\nu$  之后，一部分消耗于克服电子的逸出功  $A$ ，另一部分转换为电子动能。由能量守恒定律可知

$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + A \quad (2)$$

式 (2) 称为爱因斯坦光电效应方程。

由此可见，光电子的初动能与入射光频率  $\nu$  呈线性关系，而与入射光的强度无关。

## 3. 光电效应有光电存在

实验指出，当光的频率  $\nu < \nu_0$  时，不论用多强的光照射到物质都不会产生光电效应，根据式 (2)，

$$\nu_0 = \frac{A}{h}, \quad \nu_0 \text{ 称为红限。}$$

爱因斯坦光电效应方程同时提供了测普朗克常量的一种方法：由式 (1) 和 (2) 可得：

$h\nu = e|U_0| + A$ ，当用不同频率 ( $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots, \nu_n$ ) 的单色光分别做光源时，就有

$$h\nu_1 = e|U_1| + A$$

$$h\nu_2 = e|U_2| + A$$

.....

$$h\nu_n = e|U_n| + A$$

任意联立其中两个方程就可得到

$$h = \frac{e(U_i - U_j)}{\nu_i - \nu_j} \quad (3)$$

由此若测定了两个不同频率的单色光所对应的遏止电位差即可算出普朗克常量  $h$ ，也可由  $\nu$ - $U$  直线的斜率求出  $h$ 。

因此，用光电效应方法测量普朗克常量的关键在于获得单色光、测得光电管的伏安特性曲线和确定遏止电位差值。

实验中，单色光可由水银灯光源经过单色仪选择谱线产生。水银灯是一种气体放电光源，点燃稳定后，在可见光区域内有几条波长相差较远的强谱线，如表 8.2.1-1 所示。单色仪的鼓轮读数与出射光的波长存在一对对应关系，由单色仪的定标曲线，即可查出出射单色光的波长（有关单色仪的结构和使用方法请参阅有关说明书），也可用水银灯（或白炽灯）与滤光片联合作用产生单色光。

表 8.2.1-1 可见光区汞灯强谱线

波长/nm	频率/ $10^{14}\text{Hz}$	颜色
579.0	5.179	黄
577.0	5.198	黄
546.1	5.492	绿
435.8	6.882	蓝
404.7	7.410	紫
365.0	8.216	近紫外

为了获得准确的遏止电位差值，本实验用的光电管应该具备下列条件：

- （1） 对所有可见光谱都比较灵敏。
- （2） 阳极包围阴极，这样当阳极为负电位时，大部分光电子仍能射到阳极。
- （3） 阳极没有光电效应，不会产生反向电流。
- （4） 暗电流很小。

但是实际使用的真空型光电管并不完全满足以上条件。由于存在阳极光电效应所引起的反向电流和暗电流（即无光照射时的电流），所以测得的电流值，实际上包括上述两种电流和由阴极光电效应所产生的正向电流三个部分，所以伏安曲线并不与 U 轴相切。由于暗电流是由阴极的热电子发射及光电管管壳漏电等原因产生，与阴极正向光电流相比，其值很小，且基本上随电位差 U 呈线性变化，因此可忽略其对遏止电位差的影响。阳极反向光电流虽然在实验中较显著，但它服从一定规律。据此，确定遏止电位差值，可采用以下两种方法：

#### （1） 交点法

光电管阳极用逸出功较大的材料制作，制作过程中尽量防止阴极材料蒸发，实验前对光电管阳极通电，减少其上溅射的阴极材料，实验中避免入射光直接照射到阳极上，这样可使它的反向电流大大减少，其伏安特性曲线与图 8.2.1-2 十分接近，因此曲线与 U 轴交点的电位差值近似等于遏止电位差  $U_a$ ，此即交点法。

#### （2） 拐点法

光电管阳极反向光电流虽然较大，但在结构设计上，若使反向光电流能较快地饱和，则伏安特性曲

线在反向电流进入饱和段后有着明显的拐点，如图 8.2.1-3 所示，此拐点的电位差即为遏止电位差。

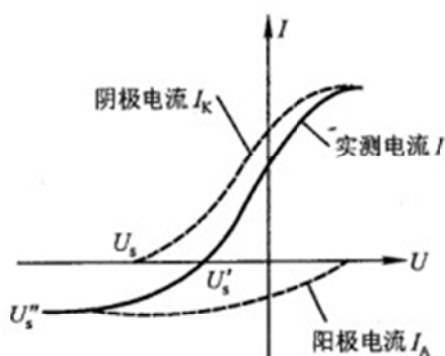


图 8.2.1-3 存在反向电流的光  
电管伏安特性曲线

## 实验内容

通过实验了解光电效应的基本规律，并用光电效应法测量普朗克常量。

1. 在 577.0nm、546.1nm、435.8nm、404.7nm、365.0nm 五种单色光下分别测出光电管的伏安特性曲线，并根据此曲线确定遏止电位差值，计算普朗克常量  $h$ 。

本实验所用仪器有：光电管、单色仪（或滤波片）、水银灯、检流计（或微电流计）、直流电源、直流电压计等，接线电路如图 8.2.1-4 所示。

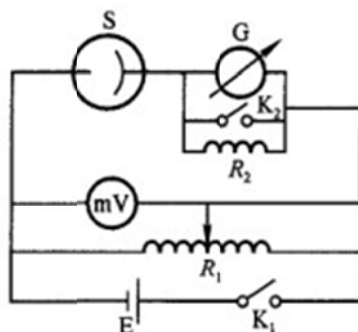


图 8.2.1-4 光电效应实验接线图

实验中光电流比较微弱，其值与光电管类型，单色光强弱等因素有关，因此应根据实际情况选用合适的测量仪器。例如，选用 GD-4、GD-5 或 1977 型光电管，选用的检流计的分度值应在  $10^{-8} \sim 10^{-9}$  A/分度左右。如果要测量更微弱的电流可用微电流计，可测量  $10^{-13} \sim 10^{-12}$  A 的电流。

由于光电管的内阻很高，光电流如此之微弱，因此测量中要注意抗外界电磁干扰。并避免光直接照射阳极和防止杂散光干扰。

2. 作  $\nu - U_a$  的关系曲线，用一元线性回归法计算光电管阴极材料的红限频率、逸出功及  $h$  值，并与公认值比较。

### 3. 其他内容

(1) 测量光电管在正压下的伏安特性曲线。

(2) 测量光电管的光电特性曲线，即饱和光电流与照射光强度的关系。

自行设计方案测量光电管阴极光电流在加速电压下的伏安特性曲线，改变光源与光电管的距离  $d$ ，光强正比于  $\frac{1}{d^2}$ ，利用此测量光电管的光电特性曲线。

### 参考资料

复旦大学电光源实验室。电光源原理。上海：上海科学技术出版社，1979.83~179，439~497