

## 光电效应实验

光电效应是指在高于某特定频率的光照射下,某些金属物质内部的电子会被光子激发出来而形成电流,即光生电的现象。光电效应的发现,在物理学发展史上具有重大而深远的意义,它拓展了人们对光本质的认识,并且为量子理论提供了直观的实验论证,利用光电效应实验可以简单有效地求出量子力学重要的基本常数——普朗克常数。

1887年,德国物理学家赫兹用两套电极做电磁波的发射与接收的实验,发现当紫外光照射在接收电极时,接收电极间更易于放电。1899-1902年,赫兹的助手勒纳的助手系统地研究了光电效应,发现光电效应的主要实验结果,无法用经典电磁理论来解释。1905年,爱因斯坦在总结勒纳实验结果的基础上,结合普朗克的量子假说,提出了光量子假说,创立了爱因斯坦光电效应方程,成功地解释了光电效应的实验结果。爱因斯坦因为在理论物理特别是光电效应理论方面的成就,获得了1921年诺贝尔物理学奖。

爱因斯坦光电效应方程的正确性,第一次由密立根在1914年从实验上验证,同时密立根第一次直接用光电效应实验测出了普朗克常数,精确度在0.5%范围内。光量子理论在固体比热、辐射理论、原子光谱等方面都相继获得成功,人们逐步认识到光具有波动和粒子两种属性。光子的能量 $E=h\nu$ 与频率有关。光在传播时,显示出波动性,产生干涉、衍射、偏振等现象。光和物质发生作用时,它的粒子性又突显出来。科学家们发现波粒二象性是一切微观物体的固有属性,并且发展了量子力学来描述和解释微观物体的运动规律,使人们对于客观世界的认识前进了一大步。

### 【实验原理】

如图1所示,当一束频率为 $\nu$ 的单色光照射在真空的光电管中由金属材料制成的阴极K上时,金属中的自由电子立即逸出金属表面,在阳极A和阴极K之间正向电场作用下,电子定向运动到A,从而在回路中形成了电流 $I_0$ ,逸出金属表面的电子称为光电子,真空管称为光电管,这种现象称为光电效应。

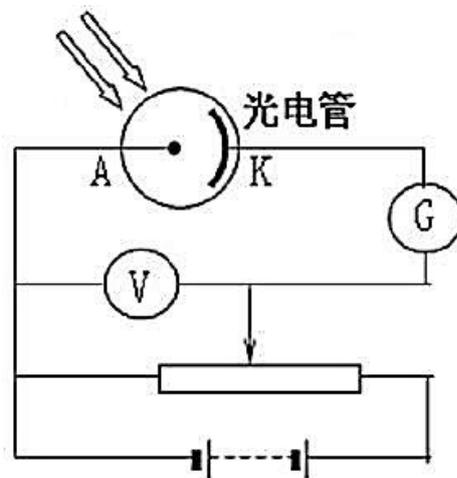


图1 光电效应原理

1905年，爱因斯坦对光电效应现象进行了理论解释，他认为光是一种微粒——光子；频率为 $\nu$ 的光子具有能量 $E=h\nu$ ， $h$ 为普朗克常数。基于这一理论，当金属中的电子吸收一个频率为 $\nu$ 的光子时，便获得这光子的全部能量 $E=h\nu$ ，如果这能量大于电子摆脱金属表面的约束所需要的逸出功 $W$ ，电子就会从金属中逸出。按照能量守恒原理有：

$$h\nu = W + \frac{1}{2}mV_m^2 \quad (1)$$

上式称为爱因斯坦方程，其中 $m$ 和 $V_m$ 是光电子的质量和速度， $\frac{1}{2}mV_m^2$ 是光电子逸出表面后所具有的最大动能， $h$ 是普朗克常数。当光子的全部能量小于 $W$ 时，电子即便获得这个光子的全部能量也不能逸出金属表面，因而不能产生光电效应现象。产生光电效应的入射光最低频率为 $\nu_0 = W/h$ ，此频率称为产生光电效应的极限频率（最低光照频率），极限频率大小与阴极 $K$ 的金属材料性质有关，不同金属材料极限频率不同。

### 【实验内容】

#### 1、研究和探索光电效应的基本规律。

##### 1) 光电流强度的变化规律研究

阴极无光照时，阳极和阴极是断路的， $G$ 中无电流通过。用一定频率的光照射阴极 $K$ ，阴极释放出电子形成阴极光电流，光电子在加速电势差 $U_{AK}$ 的作用下，电流强度会发生变化。光强、频率如何影响光电流的变化？实验时需要研究：

1.1) 光强一定时，光电流强度 $I$ 随 $AK$ 间加速电势差 $U_{AK}$ 的如何变化？根据测量数据，绘出 $U_{AK}-I$ 关系曲线。

1.2) 频率变化如何影响光电流的变化？改变照射光频率，重新获得 $U_{AK}-I$ 关系曲线，研究频率变化与光电流强度的影响。

1.3) 入射光强如何影响光电流的变化？改变光强，重新研究 $U_{AK}-I$ 关系曲线，比较不同光强下获得的 $U_{AK}-I$ 关系的异同。

根据以上实验结果，总结出光电流变化规律。

##### 2) 光强、频率与遏止电势差

加速电势差 $U_{AK}$ 变为负值时，阴极电流会迅速减少，当 $U_{AK}$ 取负值到一定值时，阴极电流变为 $0$ ，此时的电势差称为遏止电势差，用 $U_a$ 表示。光强和频率如何影响 $U_a$ 的大小，请改变光强和频率进行实验测定，获得不同光强下的 $U_a-\nu$ 关系曲线。

##### 3) 测量截止频率

根据光电效应方程，光电子的初始动能， $\frac{1}{2}mV_m^2$ 与入射光的频率 $\nu$ 成正比，实验中初动能大小可以用是遏止电压 $U_a$ 来表示，因为当反向电压达到某一值 $U_a$ 时，光电流降为零，此时静电力对光电子所作之功 $eU_a$ 等于光电子的初动能， $\frac{1}{2}mV_m^2$ ，即， $eU_a = \frac{1}{2}mV_m^2$ 。从 $U_a-\nu$ 关系曲线的截距，可以测出截止频率 $\nu_0$ ，从而也可以求出逸出功 $W$ 。

#### 2、用光电效应实验方法测量普朗克常数。

根据光电效应方程以及 $eU_a = \frac{1}{2}mV_m^2$ ， $U_a$ 与 $\nu$ 的变化也呈正比例关系，比例系数为普朗克常量 $h$ ，利用 $U_a-\nu$ 关系曲线的斜率，求出普朗克常数 $h$ 的值。

### **【数据处理】**

按照以上实验内容，拟定数据表格，记录实验数据，用坐标纸或电脑软件绘制关系曲线图，获得实验结果，并对实验结果进行必要的分析总结，给出实验结论。