



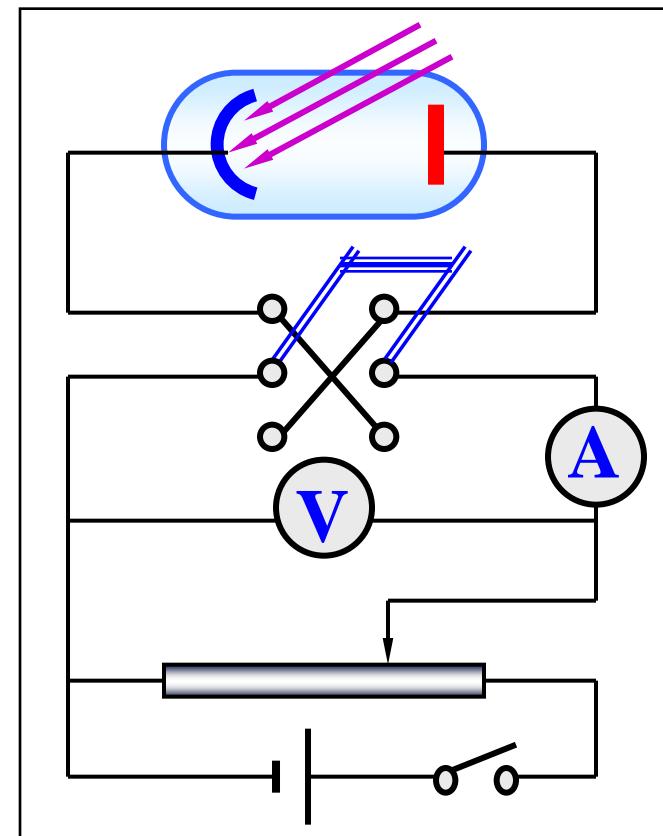
15-2 光电效应 光的波粒二象性

在光照射下，电子从金属表面逸出的现象，叫光电效应。逸出的电子，叫光电子。

一 光电效应实验

规律

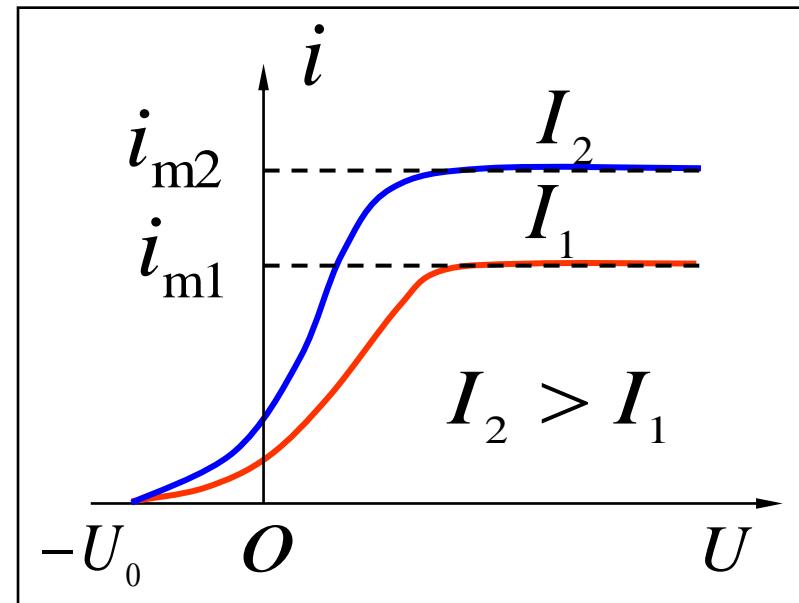
1 实验装置及现象





2 实验规律

(1) 光电流强度与入射光强成正比.





(2) 截止频率（红限） ν_0

对某种金属来说，只有入射光的频率大于某一频率 ν_0 时，电子才会从金属表面逸出。

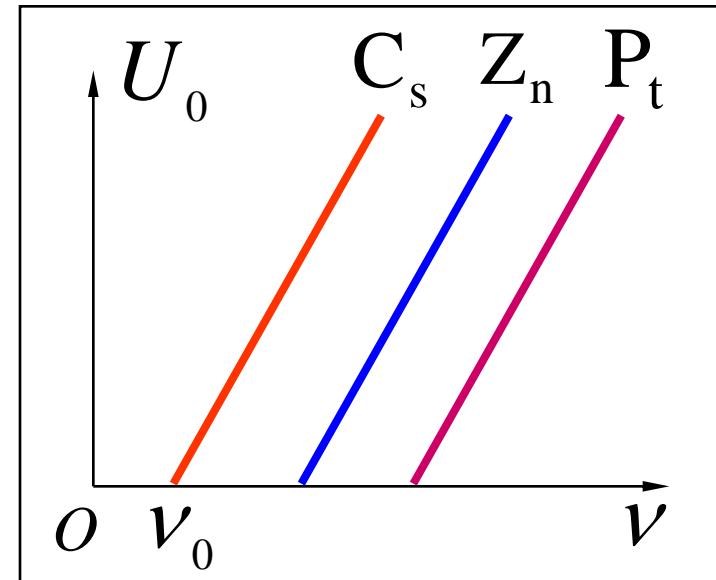
ν_0 称为截止频率或红限频率。

截止频率与材料有关与光强无关。



(3) 遏止电势差 U_0

使光电流降为零所外加的反向电势差称为**遏止电势差** U_0 ，对不同的金属， U_0 的量值不同。



遏止电势差与入射光频率具有线性关系。

(4) 瞬时性



3 经典理论遇到的困难

- ◆ 红限问题

按经典理论,无论何种频率的入射光,只要强度足够大,就能使电子逸出金属.与实验结果不符.

- ◆ 瞬时性问题

按经典理论,电子逸出金属所需的能量,需要有一定的时间来积累,与实验结果不符.



二 光子 爱因斯坦方程

1 “光量子” 假设

光束可看成是由光子组成的粒子流，单个光子的能量为 $\varepsilon = h\nu$ ；对给定频率的光束来说，光子的数目越多，光的强度越大。

2 爱因斯坦光电效应方程

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

逸出功与
材料有关



几种金属逸出功的近似值 (eV)

钠	铝	锌	铜	银	铂
2.46	4.08	4.31	4.70	4.73	6.35

理论解释:

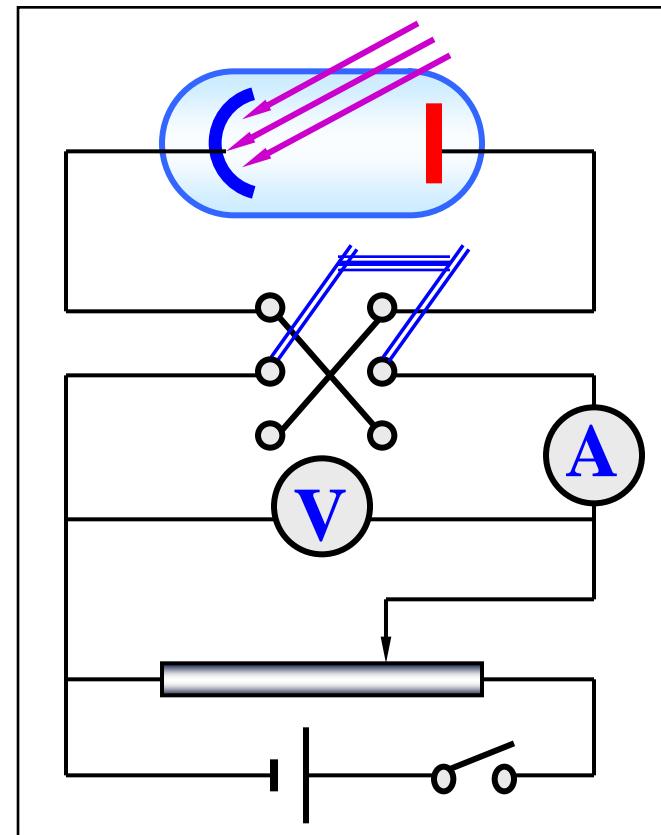
- ◆ 光强越大，光子数越多，单位时间内产生光电子数目越多,光电流越大. ($\nu > \nu_0$ 时)



◆ 遏止电势差

外加反向的遏止电势差 U_0 恰能阻碍光电子到达阳极，即

$$eU_0 = \frac{1}{2}mv^2$$





15-2 光电效应 光的波粒二象性

◆ 频率限制: 只有 $\nu \geq \nu_0$ 时才会发生

$$W = h\nu_0 \quad \nu_0 = W/h \text{ (截止频率)}$$

◆ 瞬时性: 光子射至金属表面, 一个光子的能量 $h\nu$ 将一次性被一个电子吸收, 若 $\nu > \nu_0$, 电子立即逸出, 无需时间积累.

爱因斯坦的光子理论圆满地解释了光电效应现象.



3 普朗克常数的测定

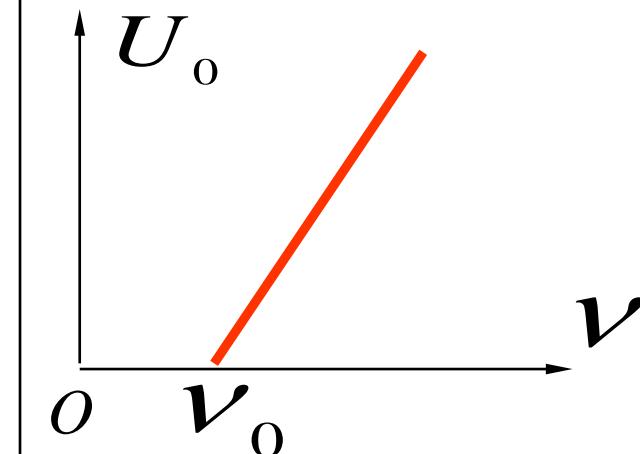
$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

$$h\nu = eU_0 + W$$

$$U_0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{W}{e}$$

$$\Delta U_0 / \Delta \nu = h/e$$

遏止电势差和入射光频率的关系



$$h = \frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} e$$



15-2 光电效应 光的波粒二象性

例1 一半径为 1.0×10^{-3} m 的薄圆片，距光源 1.0 m . 光源的功率为 1 W，发射波长 589 nm 的单色光. 假定光源向各个方向发射的能量是相同的，试计算在单位时间内落在薄圆片上的光子数 .

解 $S = \pi \times (1.0 \times 10^{-3} \text{ m})^2 = \pi \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$$E = P \frac{S}{4\pi r^2} = 2.5 \times 10^{-7} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$$



15-2 光电效应 光的波粒二象性

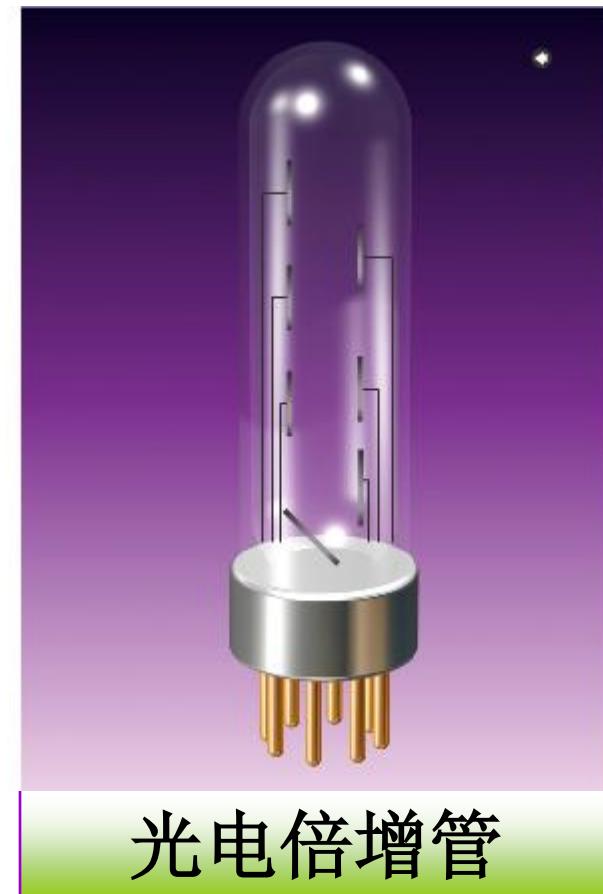
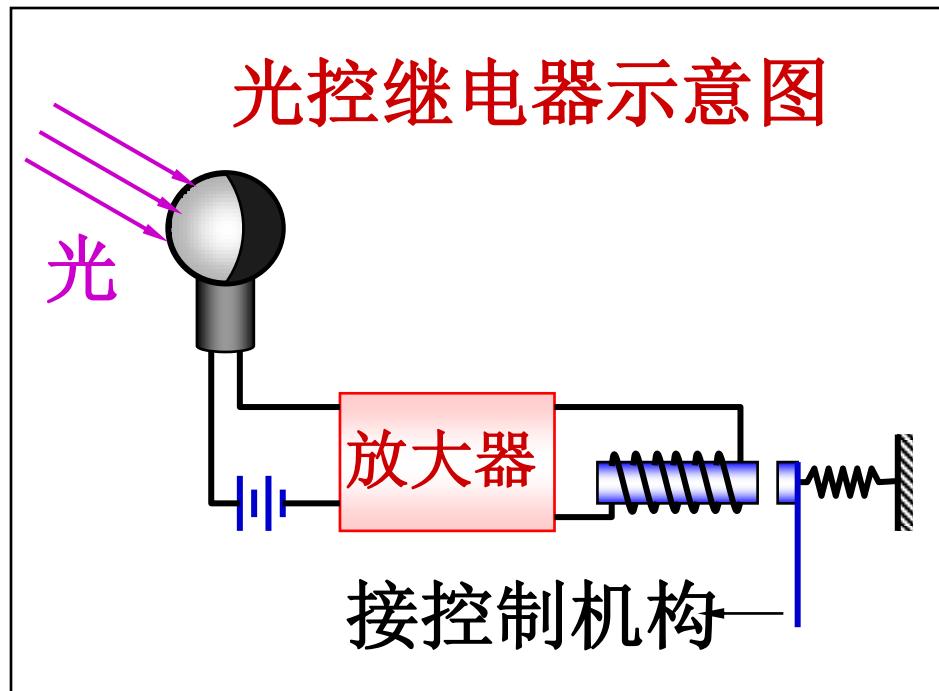
$$E = P \frac{S}{4\pi r^2} = 2.5 \times 10^{-7} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$N = \frac{E}{h\nu} = \frac{E\lambda}{hc} = 7.4 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$$



三 光电效应在近代技术中的应用

光控继电器、自动控制、
自动计数、自动报警等。





四 光的波粒二象性

(1) 波动性: 光的干涉和衍射

(2) 粒子性: $E = h\nu$ (光电效应等)

- ◆ 相对论能量和动量关系 $E^2 = p^2c^2 + E_0^2$
- ◆ 光子 $E_0 = 0, E = pc$



15-2 光电效应 光的波粒二象性

◆ 光子

$$E_0 = 0, \quad E = pc$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

描述光的
粒子性

$$\left\{ \begin{array}{l} E = h\nu \\ p = \frac{h}{\lambda} \end{array} \right.$$

描述光的
波动性