

一 光电效应实验的规律

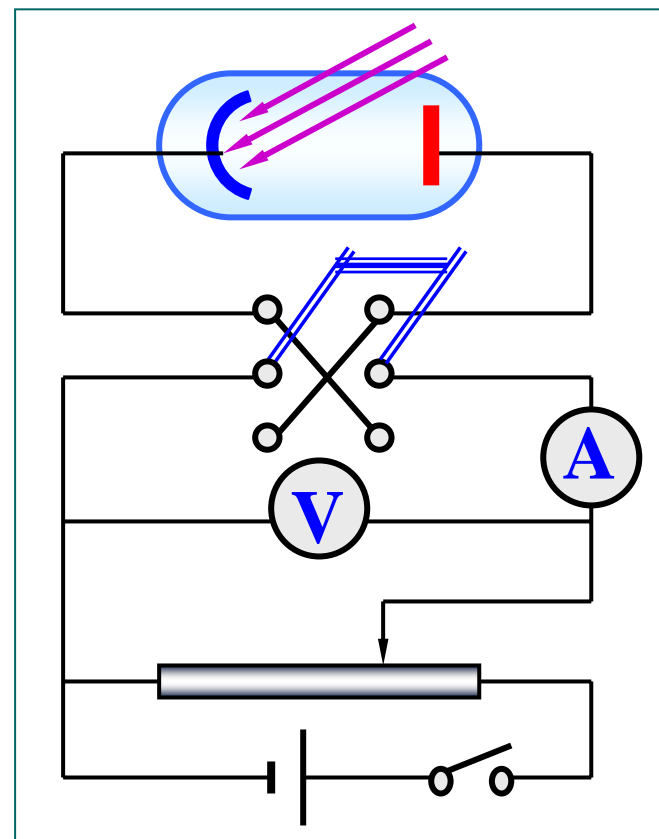
(1) 实验装置

光照射至金属表面，电子从金属表面逸出，称其为**光电子**。

(2) 实验规律

◆ 截止频率（红限） ν_0

仅当 $\nu > \nu_0$ 才发生光电效应，截止频率与**材料有关**与**光强无关**



几种纯金属的**截止频率**

金属	铯	钠	锌	铍	铂
截止频率 $\nu_0 / 10^{14} \text{ Hz}$	4.545	5.50	8.065	11.53	19.29

◆ 遏止电压 U_0

$$eU_0 = E_{k \max}$$

遏止电势差与入射光频率具有线性关系。

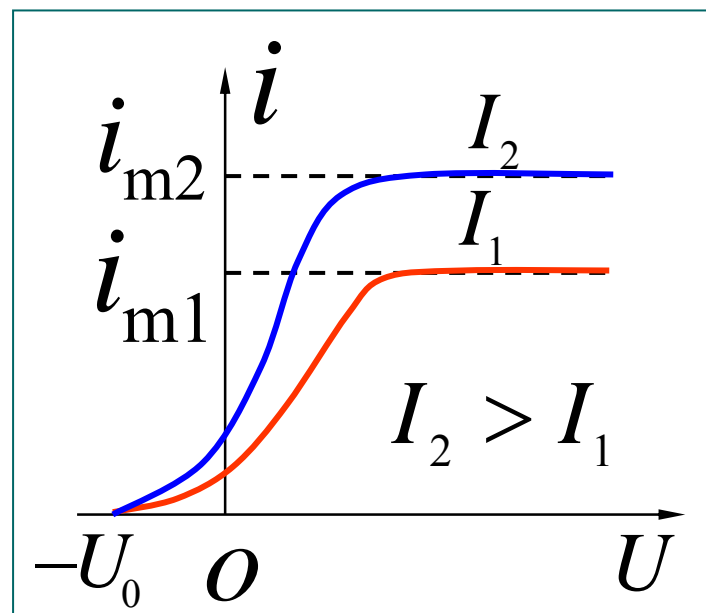
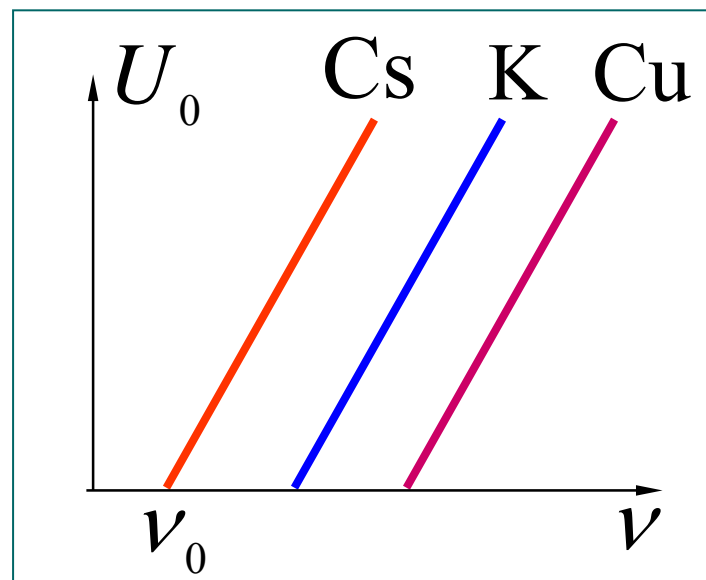
◆ 瞬时性

当光照射到金属表面上时，几乎立即就有光电子逸出

◆ 电流饱和值 i_m

$$i_m \propto I \text{ (光强)}$$

遏止电压 U_0 与光强无关



(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, 只要其强度足够大, 就能使电子具有足够的能量逸出金属. 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, 一直积累到足以使电子逸出金属表面为止. 与实验结果不符.

二 光子 爱因斯坦方程

(1) “光量子”假设 光子的能量为 $\varepsilon = h\nu$

(2) 解释实验

$$\text{爱因斯坦方程 } h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

逸出功
与材料有关

◆ 对同一种金属, W 一定, $E_k \propto \nu$, 与光强无关

几种金属的逸出功

金属	钠	铝	锌	铜	银	铂
W/eV	2.28	4.08	4.31	4.70	4.73	6.35

$$\text{爱因斯坦方程 } h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

◆ 逸出功 $W = h\nu_0$

产生光电效应条件 $\nu > \nu_0 = W/h$ (截止频率)

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

◆ 光子射至金属表面, 一个光子携带的能量 $h\nu$ 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 (瞬时性).

(3) h 的测定

爱因斯坦方程

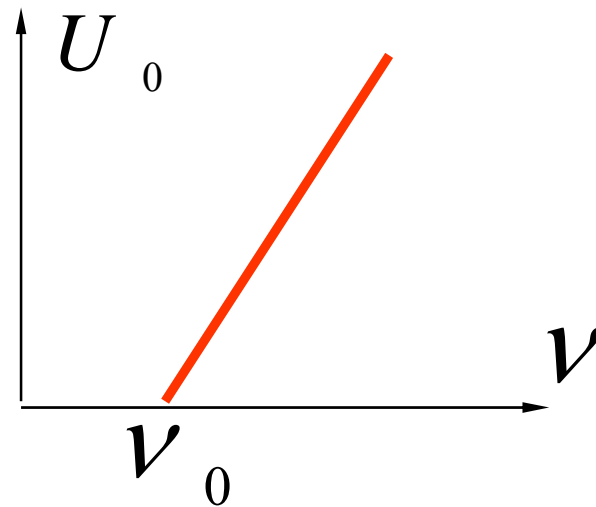
$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

$$h\nu = eU_0 + W$$

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

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

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

遏止电势差和入射光
频率的关系

例1 波长为450nm的单色光射到纯钠的表面上.

- 求**
- (1) 这种光的光子能量和动量;
 - (2) 光电子逸出钠表面时的动能;
 - (3) 若光子的能量为2.40eV, 其波长为多少?

解 (1) $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = 4.42 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.76 \text{ eV}$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c} = 1.47 \times 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 2.76 \text{ eV} / c$$

(2) $E_k = E - W = (2.76 - 2.28) \text{ eV} = 0.48 \text{ eV}$

(3) $\lambda = \frac{hc}{E} = 5.18 \times 10^{-7} \text{ m} = 518 \text{ nm}$

例2 设有一半径为 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ 的薄圆片，它距光源 1.0 m 。此光源的功率为 1 W ，发射波长为 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。

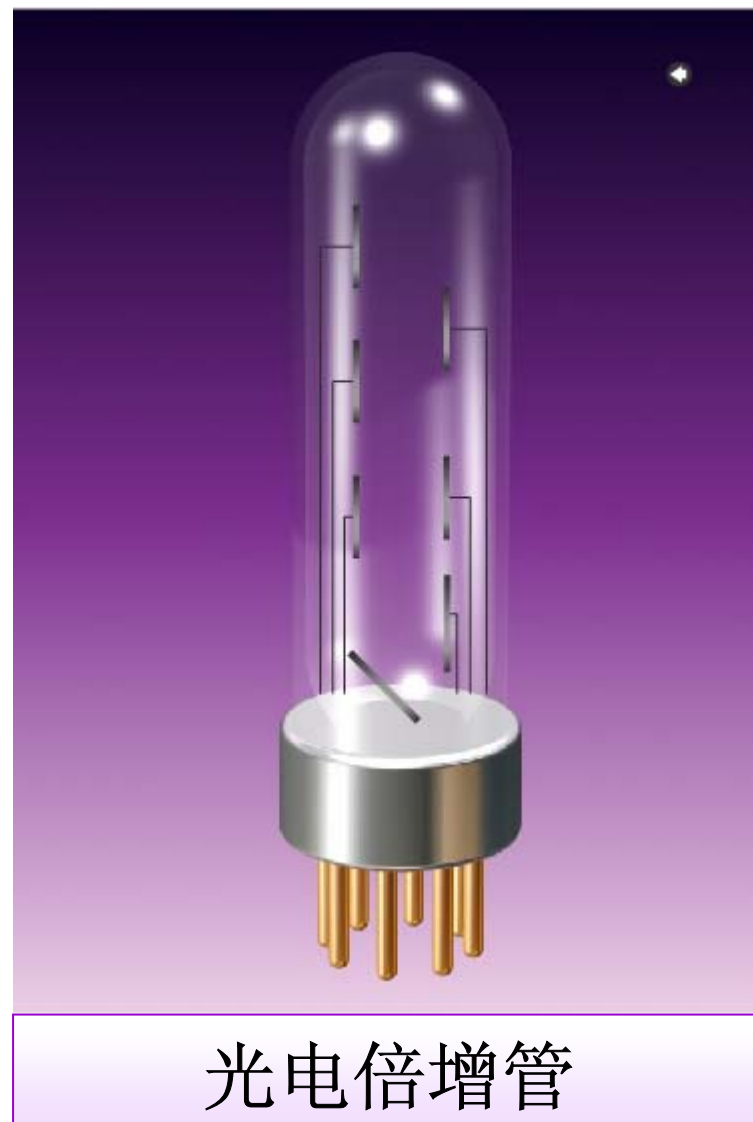
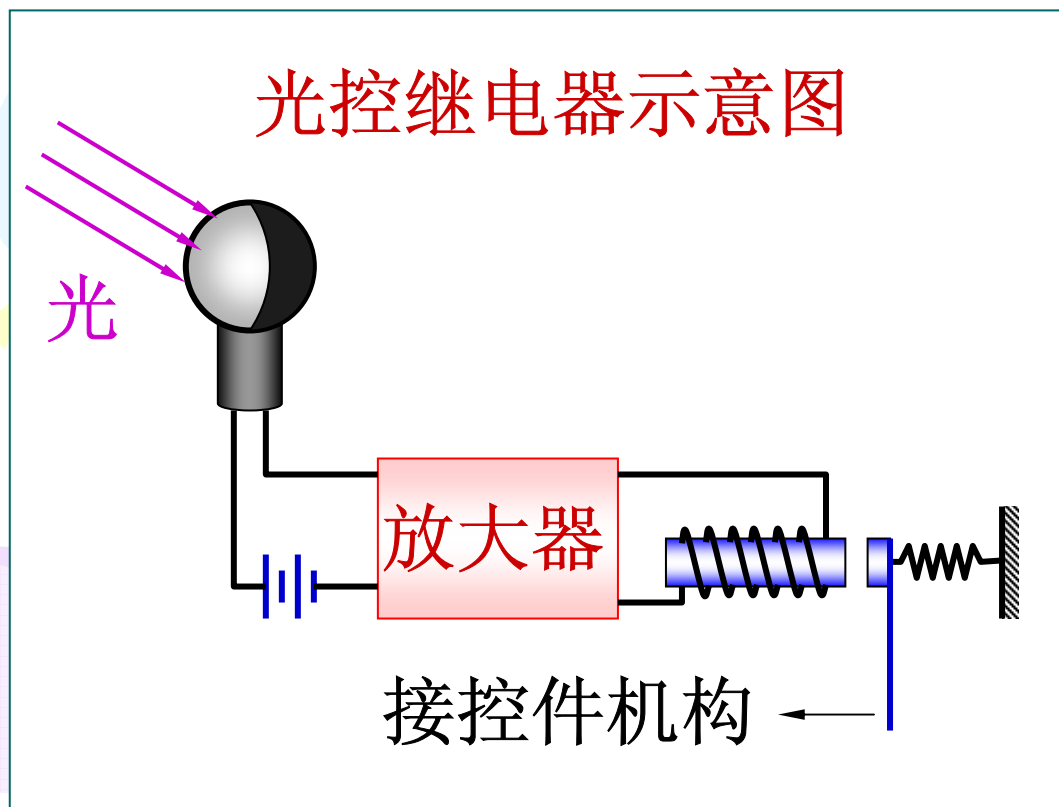
解
$$S = \pi \times (1.0 \times 10^{-3} \text{ m})^2 = \pi \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

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

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

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 $E^2 = p^2 c^2 + E_0^2$

◆ 光子 $E_0 = 0, E = pc$

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

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