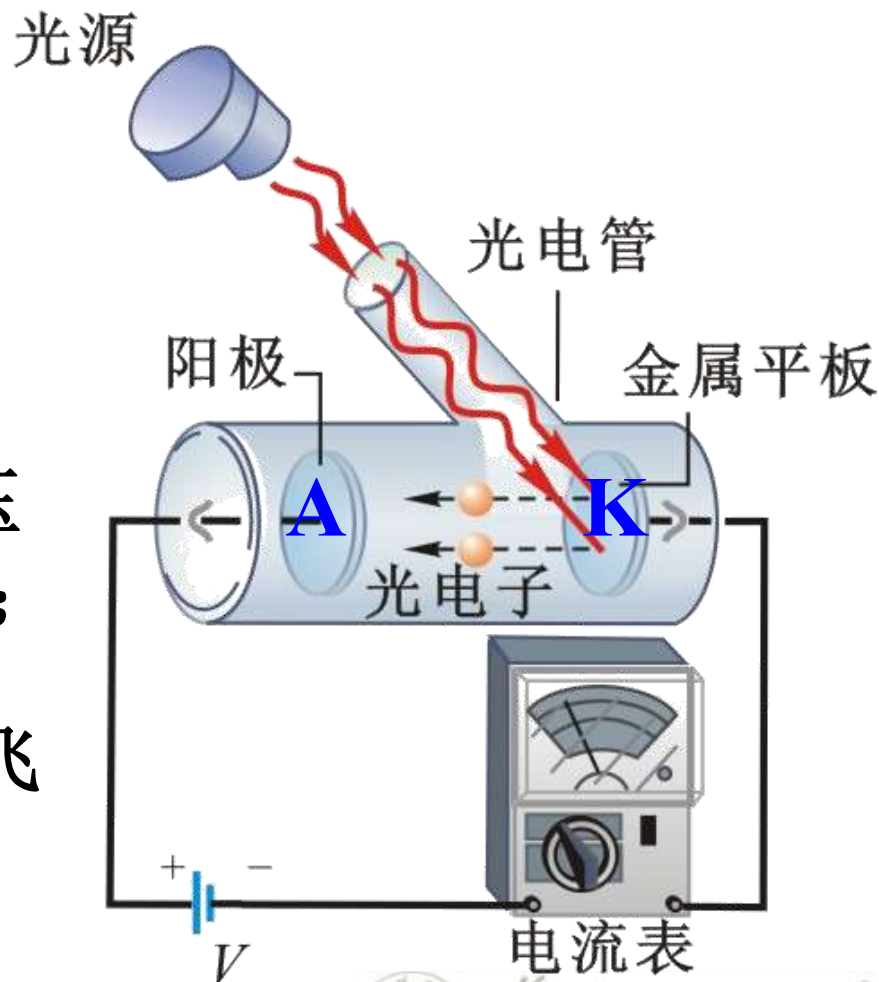


22.2 光电效应

金属中的自由电子在光的照射下，吸收光能而逸出金属表面的现象。

➤ 光电效应的实验现象

- ① A、K两极不接触，加电压后电路不通，无电流出现；
- ② 光照射在金属K上，其上飞出光电子，在电场作用下飞向阳极A，成为光电流。



光电效应的实验规律

□单位时间内从阴极逸出的光电子数(饱和光电流 I_s)与入射光强度成正比

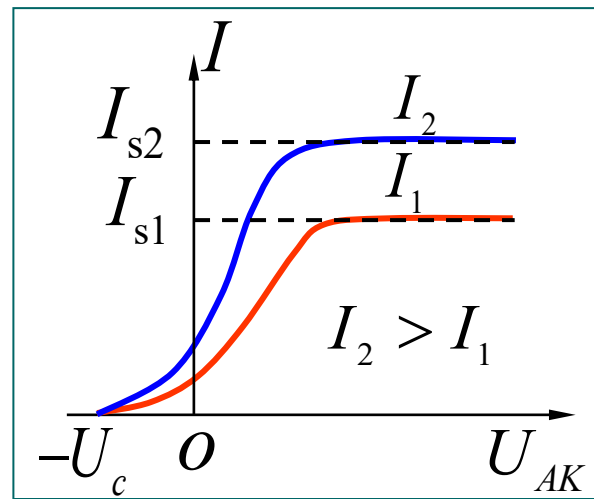
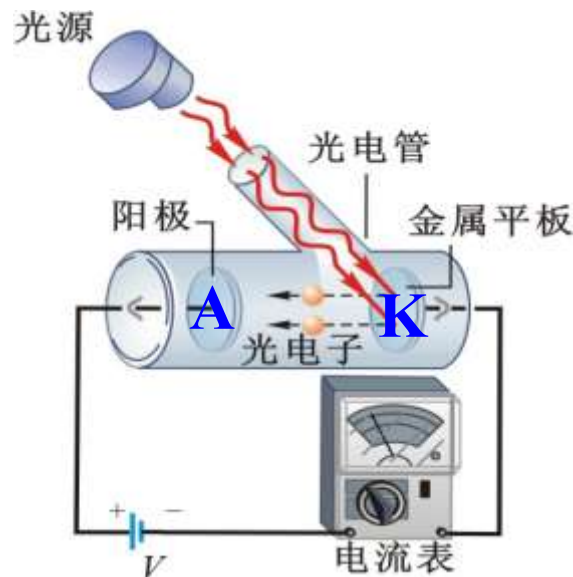
饱和光电流：单位时间内从阴极逸出的所有光电子全部飞达阳极

□光电子的初动能与入射光的频率有关，而与入射光强度无关

当 $U_{AK}=0$ 时，仍有电子飞向阳极，说明光电子有初动能；当反向电压增至 U_c (截止电压)时，光电流为零。

解释：电子初动能全部用于克服电场力做功

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



光电效应的实验规律

实验表明：截止电压 U_c 与入射光频率成线性关系：

$$U_c = k\nu - U_0$$

U_0 --逸出电势, 决定于金属性质

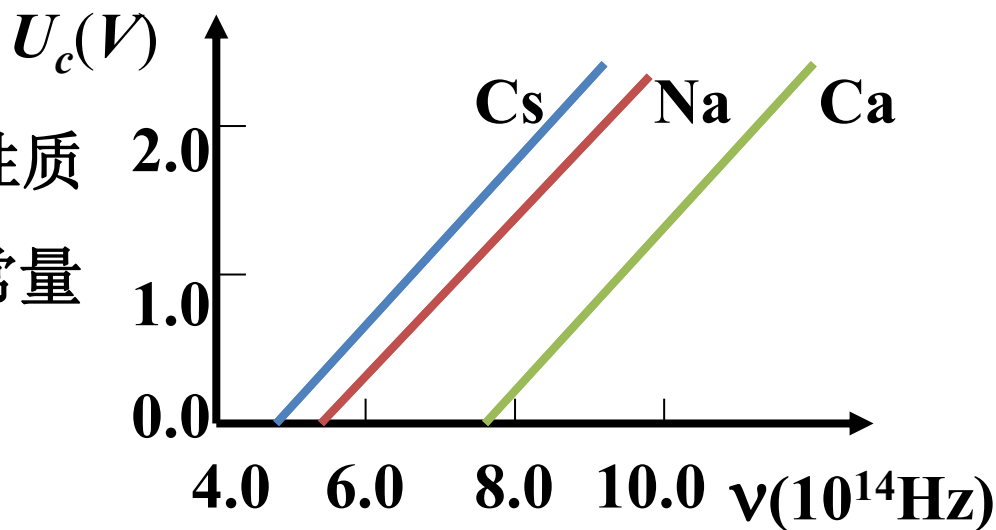
k --与金属性质无关的普适量

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

$$\frac{1}{2}mv^2 = ek\nu - eU_0$$

$$\therefore ek\nu \geq eU_0$$

$$\nu \geq \frac{U_0}{k}$$



□ 只有当入射光的频率高于红限频率时才产生光电效应

$$\nu_0 = \frac{U_0}{k} \quad \text{称为红限频率}$$

□ 光电效应无时间延迟





➤注意

①每种金属都有各自对应的红限频率。 $\nu_0 = \frac{U_0}{k}$

金属	铯	钠	锌	铍	铂
红限频率/ 10^{14}Hz	4.545	5.50	8.065	11.53	19.29

②红限频率对应于光电子初动能为零时的入射光频率。小于红限频率的入射光都不能产生光电流。

③经典物理解释不了此规律。

$I \propto E^2$ ➡ 电子受迫振动振幅 ↗ ➡ 初动能 ↗



爱因斯坦光子理论

□光是以C运动的粒子流，每一个光子所带能量：

$$\varepsilon = h\nu$$

光子动量 $p = mc = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

光的波粒
二象性

电子吸收光子能量后，一部分消耗于电子逸出金属表面时所做的功（逸出功A），另一部分转化成电子的动能

爱因斯坦光
电效应方程

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

实验
规律

$$\frac{1}{2}mv^2 = e\hbar\nu - eU_0$$



$$e\hbar\nu = eU_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\nu_0 = \frac{U_0}{k}$$

$$h = ek$$

$$A = eU_0 = h\nu_0$$

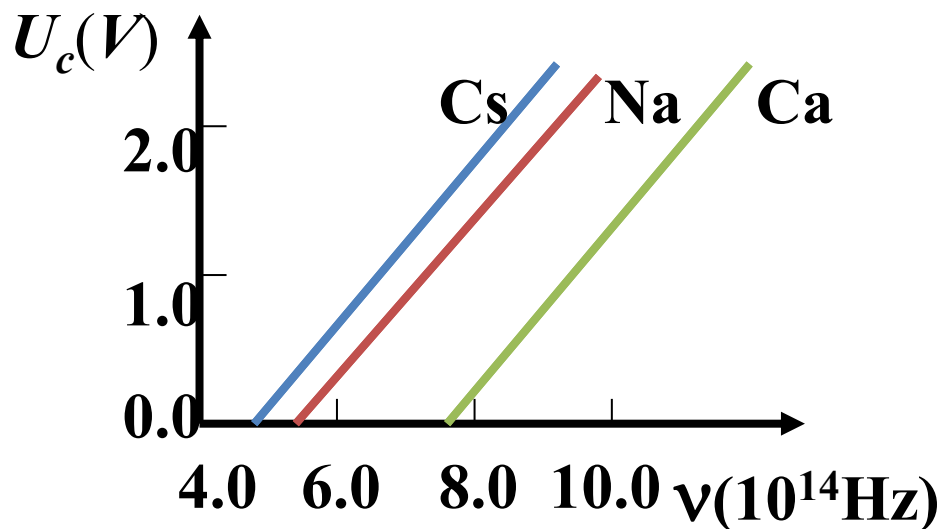


华南理工大学
South China University of Technology

实验证据

$$\checkmark h=ek$$

R. A. Millikan
1868~1953



1916年密立根对光电效应进行了精密测量，证明了爱因斯坦光量子假设的正确性。

$$\checkmark A=eU_0=h\nu_0$$

几种金属的逸出功

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



对光电效应的解释

□ 光电子的初动能与入射光的频率有关，而与入射光强度无关。

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

□ 单位时间内从阴极逸出的光电子数与入射光强度成正比。

按照光子理论，入射光越强，单位时间内打在金属上的光子数目越多，从金属内击出的光电子数目也越多，所以饱和电流与光强成正比。

□ 只有当入射光的频率高于红限频率时才产生光电效应。 当 $\nu < A/h$ 时，不发生光电效应。

□ 光电效应无时间延迟现象。

电子一次吸收一个光子的能量，无需能量的积累过程。



例1

用单色光照射到某金属表面产生了光电效应，若此金属的逸出电势是 U_0 （使电子从金属中逸出需要做的功 $A=eU_0$ ），则此单色光的波长 λ 必满足（ ）。

A. $\lambda \leq \frac{hc}{eU_0}$; $h\nu = A + \frac{1}{2}mv^2$
B. $\lambda \geq \frac{hc}{eU_0}$; $\nu = \frac{c}{\lambda}$
C. $\lambda \leq \frac{eU_0}{hc}$; $A = eU_0$
D. $\lambda \geq \frac{eU_0}{hc}$;

$$\left. \begin{array}{l} h\nu = A + \frac{1}{2}mv^2 \\ \nu = \frac{c}{\lambda} \\ A = eU_0 \end{array} \right\} h \frac{c}{\lambda} = eU_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow h \frac{c}{\lambda} \geq eU_0 \Rightarrow \lambda \leq \frac{hc}{eU_0}, \text{ 选A}$$



例2

波长为450nm的单色光射到纯钠(逸出功2.28eV)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) $E_k = E - A = (2.76 - 2.28) \text{ eV} = 0.48 \text{ eV}$

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



例3

钾的光电效应红限为 $\lambda_0 = 6.2 \times 10^{-7} \text{m}$ ，求（1）电子的逸出功；（2）在波长为 $3.0 \times 10^{-7} \text{m}$ 的紫外线照射下，遏止电压为多少？（3）电子的初速度为多少？

解： $A = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6.2 \times 10^{-7}} \text{ J} = 3.21 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + A, \quad \frac{1}{2}mv^2 = eU_c \quad \Rightarrow \quad h\nu = eU_c + A$$

$$U_c = \frac{h\nu - A}{e} = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{A}{e} = 2.14 \text{ V}$$

$$v = \sqrt{\frac{2eU_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 2.14}{9.1 \times 10^{-31}}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 8.67 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

