

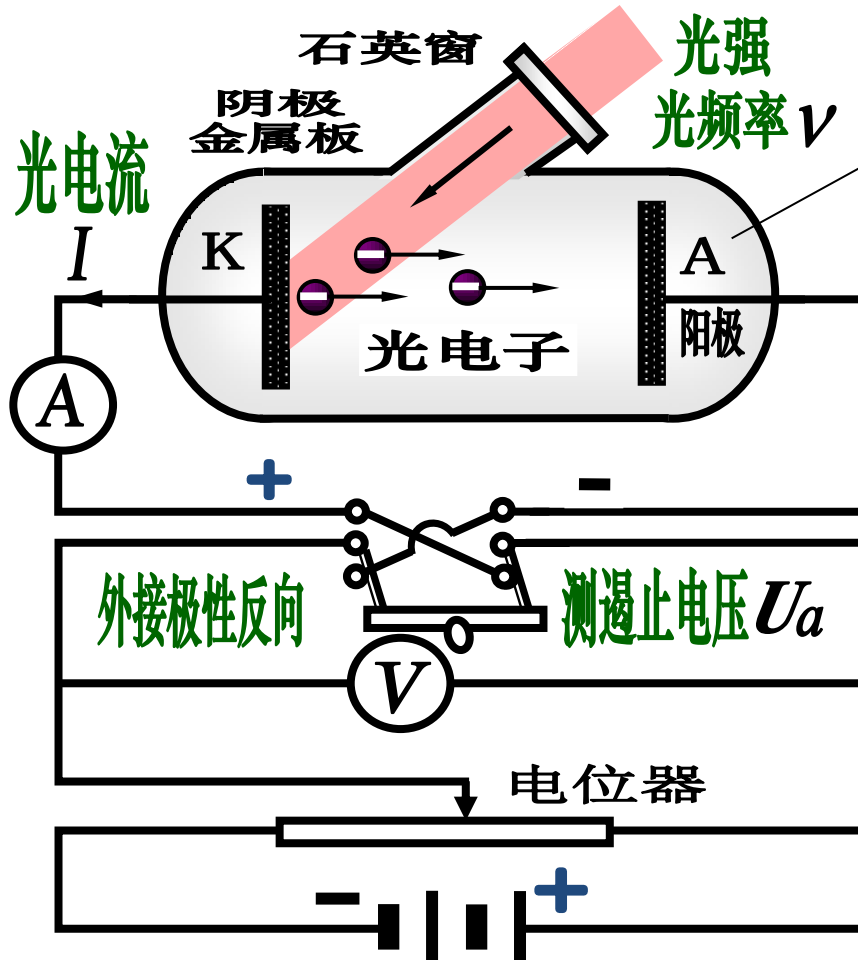
光电效应 爱因斯坦光电效应方程

武大附中 龚艳萍



一、光电效应实验简述

光束射到金属表面使电子从金属中脱出的现象称为 **光电效应**



光电管 (真空)

观测

光 — 电

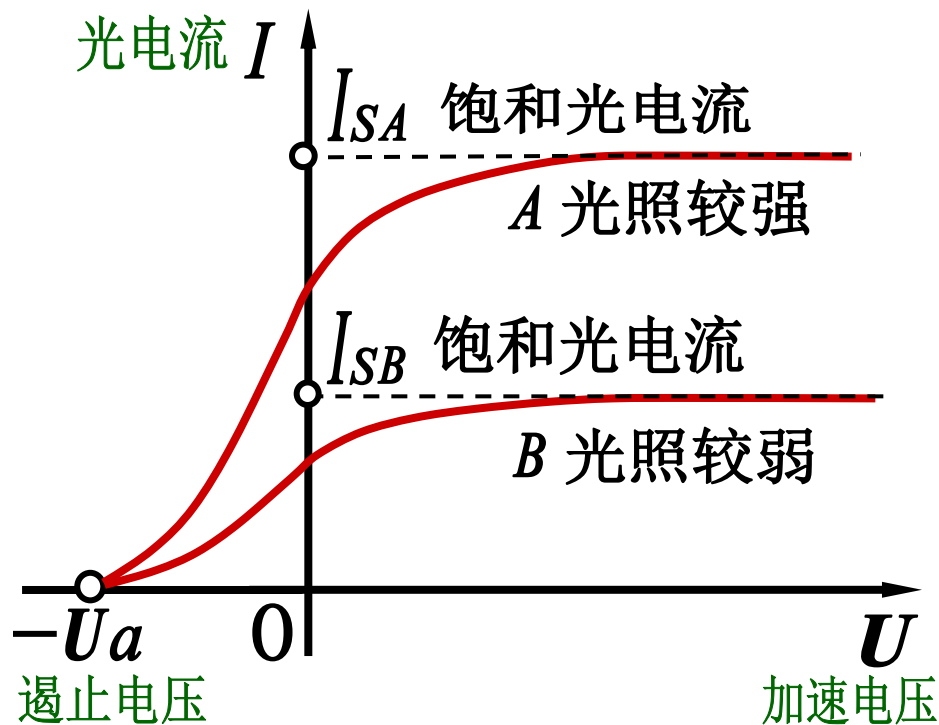
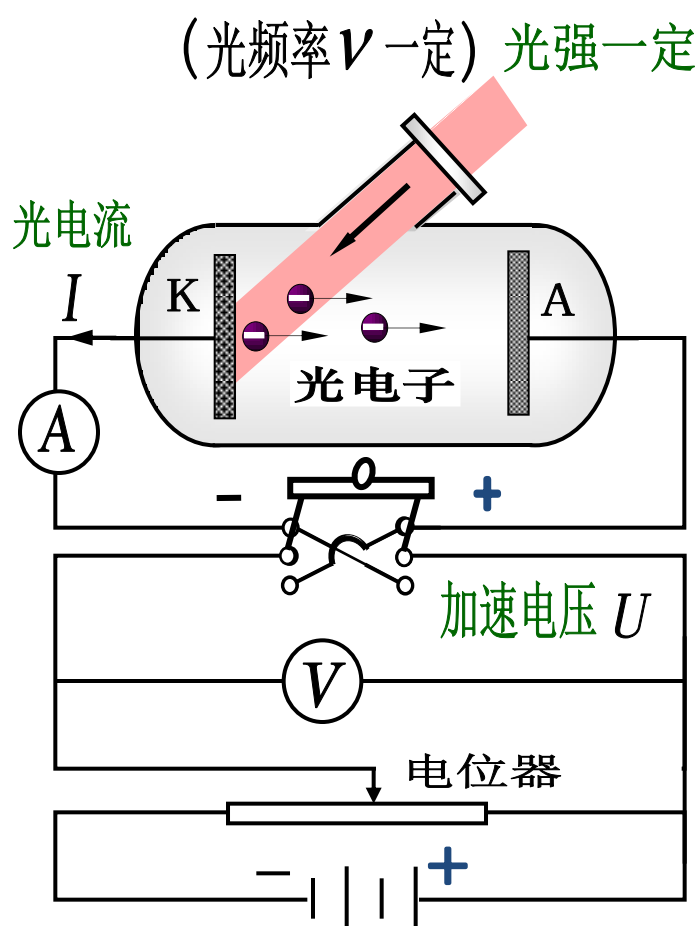
光强 光电流 I
光频率 ν 加速电压 U
 遏止电压 U_a

产生的效应

的实验现象与规律

二、光电效应的实验规律

① 饱和光电流的大小 I_s 与入射光的强度成正比.



单位时间内从阴极表面逸出的光电子数 \propto 入射光的强度

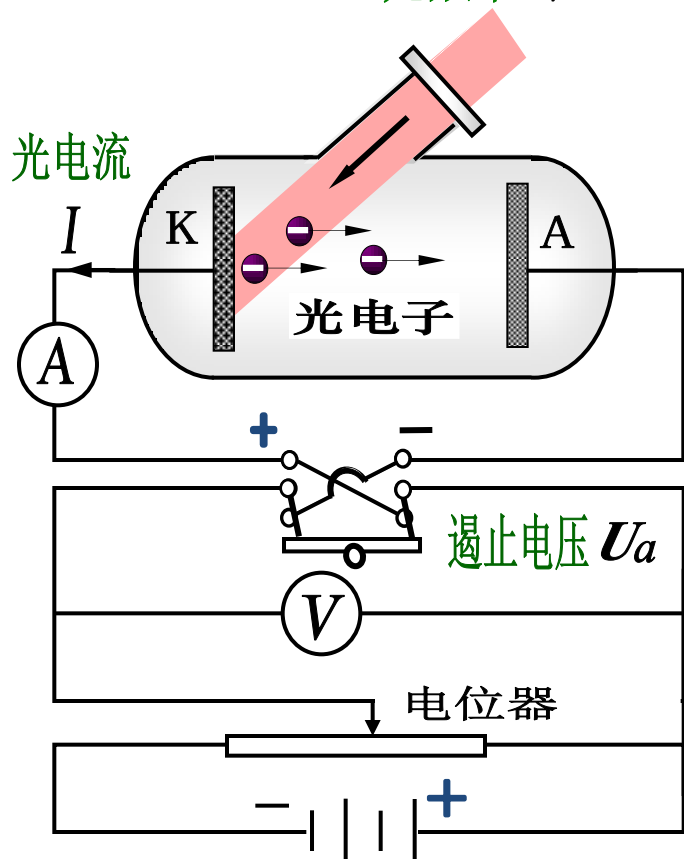
二、光电效应的实验规律

- ② 截止电压 U_a 的大小与入射光的频率 ν 成线性关系，与光强无关。

$$e|U_a| = h\nu - W_0$$

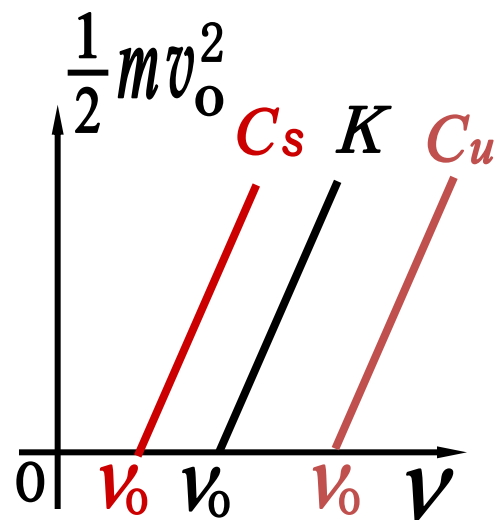
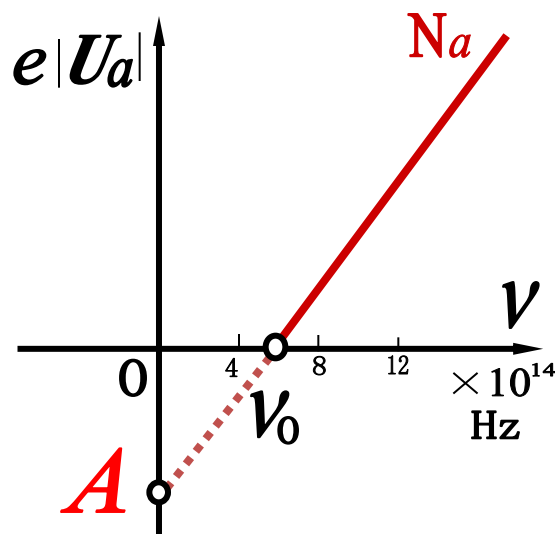
h 是与阴极材料无关的常量

光频率 ν



截止电压与光电子的最大初动满足：

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = eU_a$$



二、光电效应的实验规律

③ 要产生光电效应,入射光的频率必须大于某一频率 ν_0

由 $\frac{1}{2} m v_0^2 = h\nu - W$

当 $\frac{1}{2} m v_0^2 \geq 0$ 才有光电效应


则光频率条件为 $\nu \geq W/h$

能产生光电效应的最小频率值

$\nu_0 = W/h$ 称为 **截止频率**

每种金属有自己的截止频率

金属	ν_0 (10^{14} Hz)	$\lambda_0 = c/\nu_0$ (nm)
铯 Cs	4.69	640
钾 K	5.43	552
钙 Ca	6.55	458
锌 Zn	8.06	372
铝 Al	9.03	332
铜 Cu	10.80	278
银 Ag	11.55	260
铂 Pt	15.28	196



④ 若入射光的频率 $\nu > \nu_0$,

即使光强极若,入射光一开始照射,几乎立刻就能产生光电效应.

(实际延迟不超过 10^{-9} 秒)

三、光的波动理论与光电效应实验规律相矛盾

光的波动理论

● 初动能与光强有关

电子从具有一定振幅的光波中吸收能量而逸出其初动能应与光强有关

● 无截止频率

不论什么频率，只要光足够强，总可连续供给电子足够的能量而逸出。

● 响应快慢取决光强

光强越弱，电子从连续光波中吸收并累积能量到逸出所需的时间越长。

光电效应实验规律

● 初动能与光强无关

$$\frac{1}{2} m v_{0max}^2 = h\nu - W_0$$

与光强 I 无关

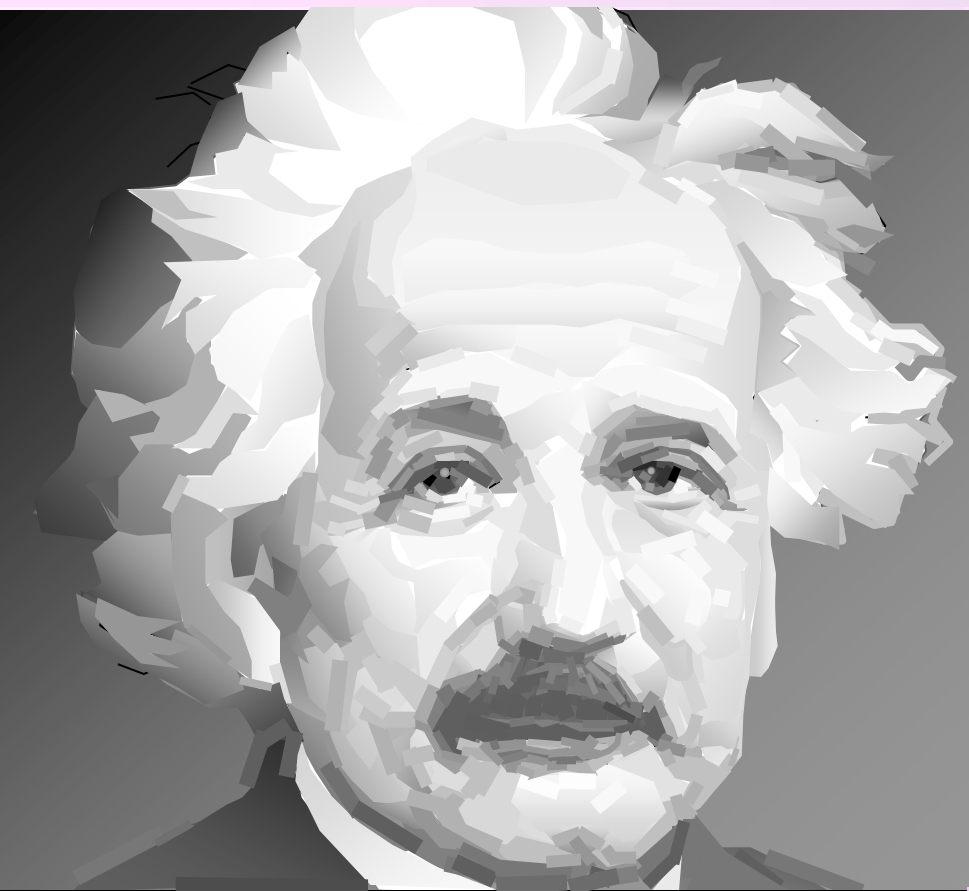
● 有截止频率

$\nu <$ 金属材料的截止频率 ν_0 时，无论 I 多强，均无电子逸出。

● 瞬时响应

只要 $\nu > \nu_0$ 不论光强多弱，几乎同时观察到光电效应。
(小于 10^{-9} s)

四、爱因斯坦光电效应方程



爱因斯坦 *Alber Einstein* 1879-1955

1905年爱因斯坦
提出光量子（光子）
理论，成功地解释了
光电效应。

1、爱因斯坦的光量子（光子）理论

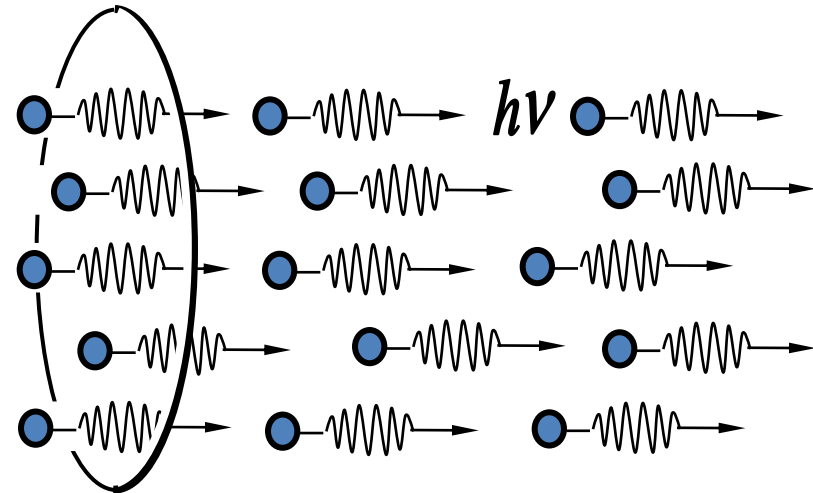
光，是一种以光速运动的粒子流，这种粒子称为光量子或光子。

一个光子的能量 ε 与其辐射频率 ν 的关系是

$$\varepsilon = h\nu$$

式中 h 为普朗克常数。

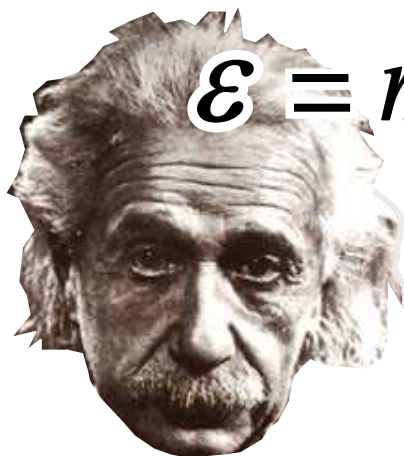
辐射频率越高的光子其能量越大。
一束频率为 ν 的单色平行光的光强，
等于单位时间垂直通过单位横截面积的
光子数目与每一光子能量 $h\nu$ 的乘积。



能量子假说



$$\mathcal{E} = h\nu$$



$$\mathcal{E} = mc^2 = pc$$

光子理论

能量

$$\mathcal{E} = h\nu$$

质量

$$m = \frac{\mathcal{E}}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} \quad \text{光子没有静质量}$$

动量大小

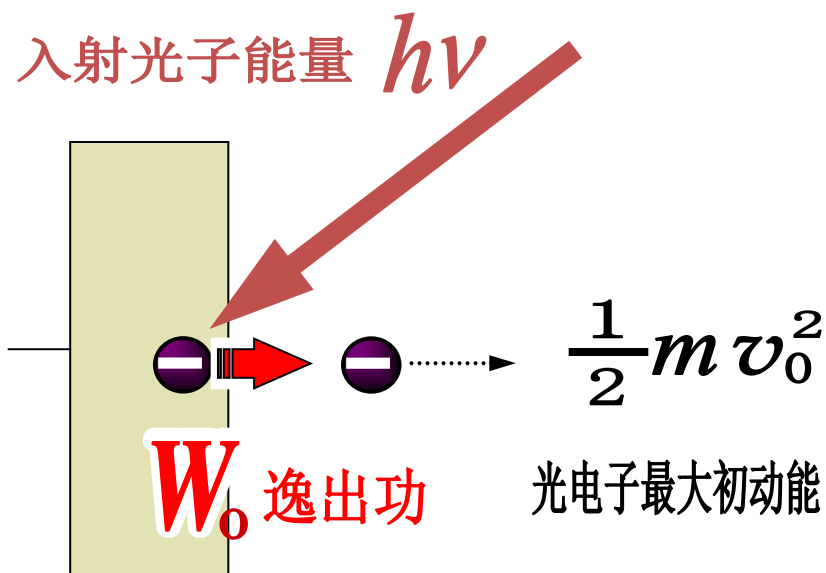
$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

动量矢量式

$$\vec{p} = \frac{h\nu}{c} \vec{n} = \frac{h}{\lambda} \vec{n}$$

式中 \vec{n} 为光传播方向的单位矢量，

2、 爱因斯坦光电效应方程



能量守恒

$$h\nu = W_0 + \frac{1}{2} m v_0^2$$

光电效应方程

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = h\nu - W_0$$

对照实验规律 $e |U_a| = \frac{1}{2} m v_0^2 = h\nu - W_0$

$\frac{1}{2} m v_0^2 \geq 0$ 即 $h\nu \geq W_0$ 才有光电效应

截止频率 $\nu_0 = W_0/h$, 截止波长 $\lambda_0 = c/\nu_0$