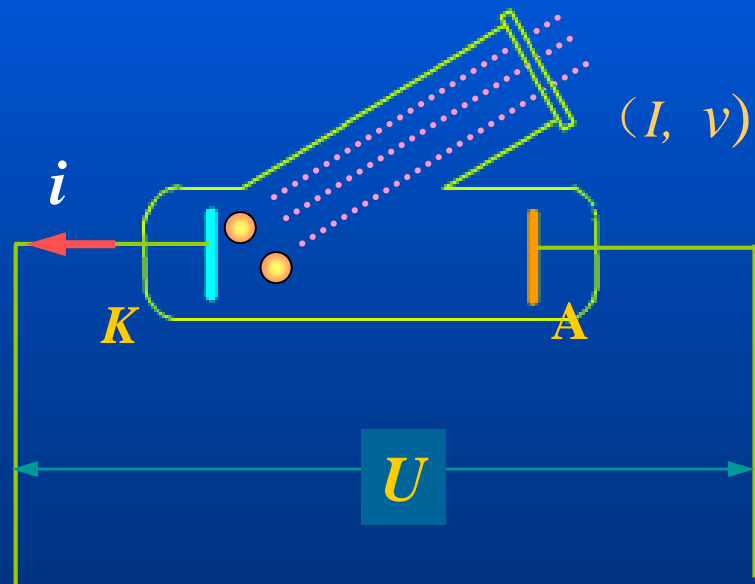


§ 9.2 光电效应 (Photoelectric Effect)

一. 光电效应及其实验规律

金属及其化合物在电磁辐射的照射下发射电子的现象称为光电效应，所发射的电子称为光电子 (**photoelectron**)

光电效应引起的现象是赫兹在1887年发现的，当1896年汤姆逊发现了电子之后，勒纳德才证明了所发出的带电粒子是电子。



实验规律

❖ 饱和电流 i_s

$$I \propto i_s \propto \text{光电子数}$$

❖ 遏止电压 U_a

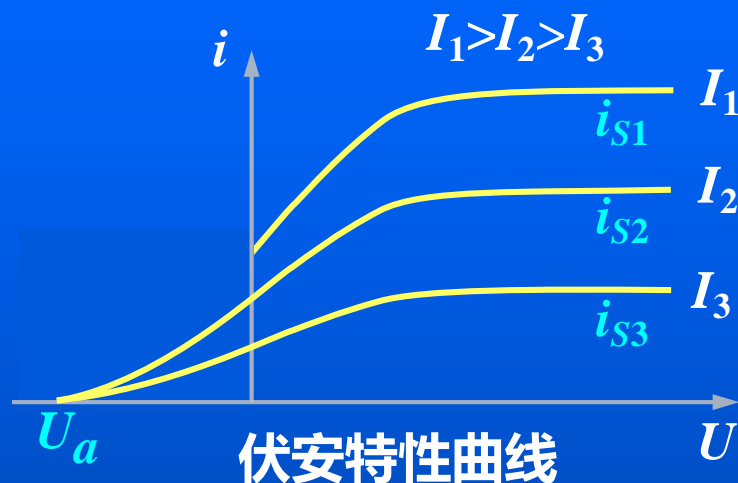
$$\frac{1}{2}mv_m^2 = eU_a$$

光电子最大初动能和 ν
成线性关系

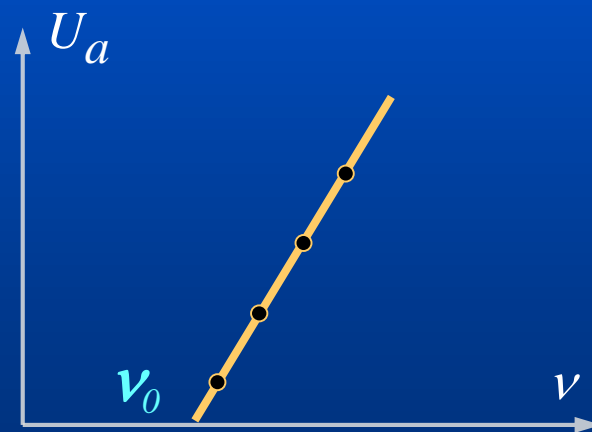
❖ 截止频率 ν_0

❖ 即时发射

迟滞时间不超过 10^{-9} 秒



和 ν
成线性关系



✦ 小结

- 只有光的频率 $\nu \geq \nu_0$ 时，电子才会逸出。
- 光电子最大初动能和光频率 ν 成线性关系。
- 逸出光电子的多少取决于光强 I 。
- 光电子即时发射，滞后时间不超过 10^{-9} 秒。

二. 经典物理与实验规律的矛盾

- 电子在电磁波作用下作受迫振动，直到获得足够能量(与光强 I 有关) 逸出，不应存在红限 ν_0 。
- 光电子最大初动能取决于光强，和光的频率 ν 无关。
- 当光强很小时，电子要逸出，必须经较长时间的能量积累。

三. 爱因斯坦光子假说 光电效应方程

光是光子流，每一光子能量为 $h\nu$ ，电子吸收一个光子

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

A 为逸出功 (work function)



- 光频率 $\nu > A/h$ 时，电子吸收一个光子即可克服逸出功 A 逸出。
- 光电子最大初动能和光频率 ν 成线性关系。
- 单位时间到达单位垂直面积的光子数为 N ，则光强 $I = Nh\nu$ 。
 I 越强，到阴极的光子越多，则逸出的光电子越多。
- 电子吸收一个光子即可逸出，不需要长时间的能量积累。

四. 爱因斯坦光子假说的重要意义

1. 普朗克的假定是不协调的

普朗克假定物体只是在发射或吸收电磁辐射时才以“量子”的方式进行，并未涉及辐射在空间的传播。相反，他认为电磁辐射在空间的传播还是波动的。

2. 爱因斯坦光量子假设电磁辐射由以光速 c 运动的局限于空间某一小范围的光量子（光子）组成。每一个光量子的能量 ε 与辐射频率 ν 的关系为

$$\varepsilon = h\nu \quad (h: \text{普朗克常数})$$

3. 光子具有“整体性”。光的发射、传播、吸收都是量子化的。

光量子假设解释了光电效应的全部实验规律！但1910年前，并未被物理学界接受！

原因：

- 不能解释光的干涉、衍射，
- 不能导出普朗克的热辐射公式

普朗克在推荐爱因斯坦为柏林科学院院士时说：“... 光量子假设可能是走得太远了。”

1916年密立根（R.A.Milikan）做了精确的光电效应实验，利用 $U_c - \nu$ 的直线斜率 K ，计算出 $h = 6.56 \times 10^{-34} \text{J.s}$ ，这和当时用其他方法定出的 h 符合得很好。从而进一步证实了爱因斯坦的光子理论。

爱因斯坦1921年获得了诺贝尔物理奖。



在普朗克获博士学位五十周年纪念会上普朗克向爱因斯坦颁发普朗克奖章



1879 — 1955

爱因斯坦由于对**光电效应**的理论解释和对**理论物理学**的贡献，**获得1921年诺贝尔物理学奖**



1868 — 1953

密立根由于研究**基本电荷**和**光电效应**，特别是通过著名的油滴实验，证明电荷有最小单位，**获得1923年诺贝尔物理学奖**

五. 光的波粒二象性

光子能量

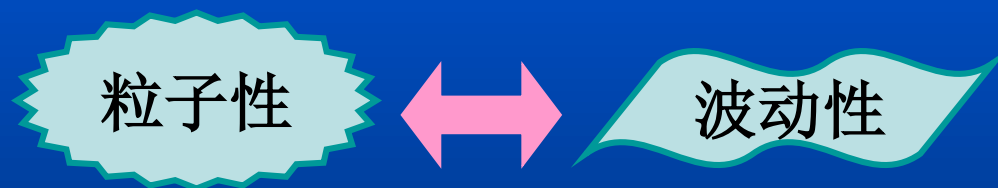
$$E = m_{\phi} c^2 = h\nu$$

光子质量

$$m_{\phi} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

光子动量

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



在有些情况下，光突出显示出波动性；
而在另一些情况下，则突出显示出粒子性。

-----光有二象性 (**dualism**)

六. 光电效应的应用

光电成像器件能将可见或不可见的辐射图像转换或增强成为可观察记录、传输、储存的图像。

红外变像管 红外辐射图像 → 可见光图像

像 增 强 器 微弱光学图像 → 高亮度可见光学图像



光电倍增管

测量波长在 200~1200 nm 极微弱光的功率