

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）

◆ 相对论质能关系

光子质量 $m_{\varphi} = \frac{E}{C^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$

◆ 光子动量 $p = m_{\varphi} c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

例1 波长为450nm的单色光射到纯钠(逸出功为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) 该金属的红限波长是多少?

(4) 若光子的能量为2.40eV, 其波长为多少?

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

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

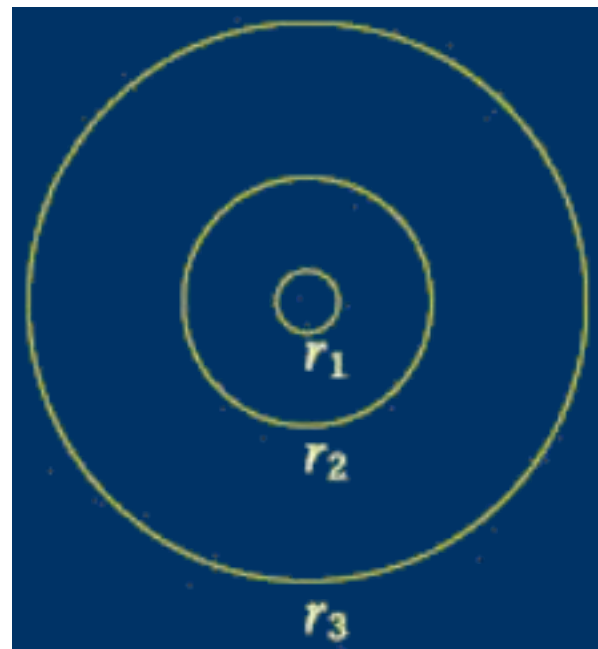
(2) $E_k = E - W = (2.76 - 2.28) \text{ eV} = 0.48 \text{ eV}$

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

二. 玻尔氢原子理论

1. 定态假设

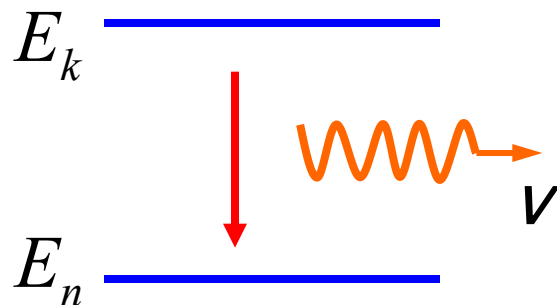
- 稳定状态
- 电子作圆周运动
 - 不辐射电磁波
 - 这些定态的能量不连续



2. 跃迁假设

原子从一个定态跃迁到另一定态，
会发射或吸收一个光子，频率

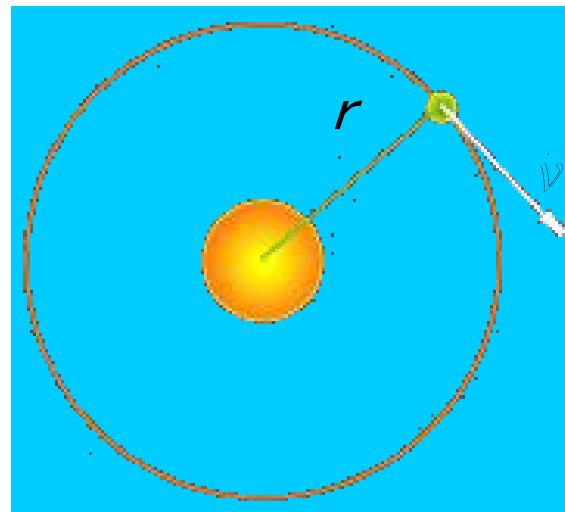
$$\nu = \frac{|E_k - E_n|}{h}$$



3. 角动量量子化假设

轨道角动量 $L = m v r = n \frac{h}{2\pi}$

向心力是库仑力 $m \frac{v^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$



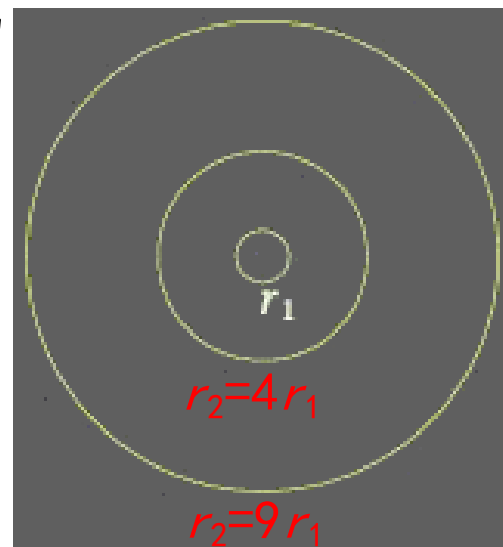
由上两式得，第 n 个定态的轨道半径为

$$r_n = n^2 \left(\frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2} \right) = n^2 r_1 \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

玻尔半径 $r_1 = 0.0529 \text{ nm}$

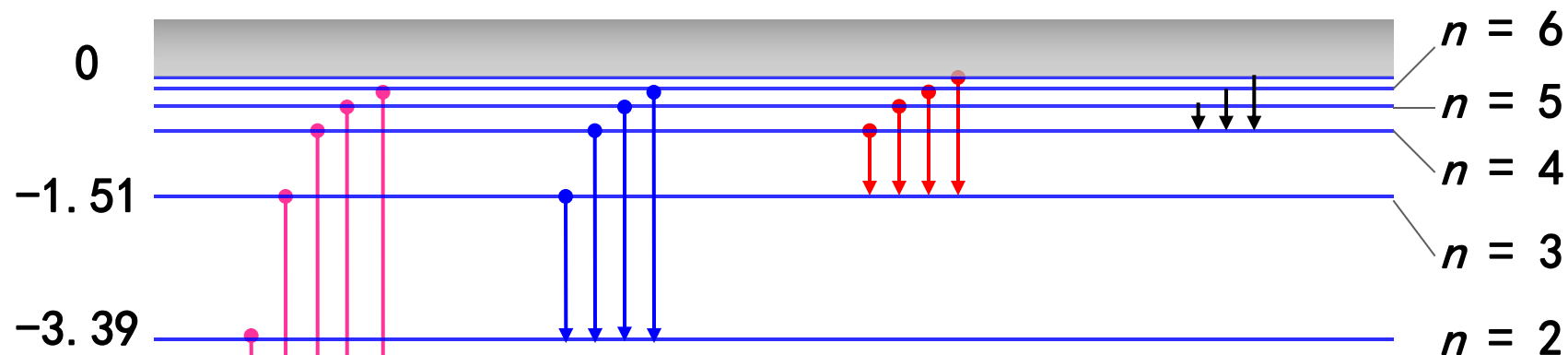
电子能量(取无穷远为0势能点)

$$E_n = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n} = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n} = \frac{E_1}{n^2}$$



-13.6 eV

E_n (eV)



$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

光频 $\nu_{nk} = \frac{E_n - E_k}{h}$

氢原子能级图

-13.6

$n = 1$

莱曼系

巴耳末系

帕邢系

布拉开系

波数(波长的倒数)

$$\begin{aligned}\tilde{\nu}_{nk} &= \frac{1}{\lambda_{nk}} = \frac{\nu_{nk}}{c} \\ &= \frac{1}{hc} (E_n - E_k) = \frac{E_1}{hc} \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) \\ &= R_{H\text{理论}} \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)\end{aligned}$$

其中计算得到 $R_{H\text{理论}} = 1.097\,373\,1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

当时实验测得 $R_{\text{实验}} = 1.096\,775\,8 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

5 若外来单色光把氢原子激发到第四激发态，则当氢原子跃迁到低能态时，发出的可见光光谱线的条数为（3条）(11年)

7 根据玻尔理论，氢原子中的电子在第三激发态的轨道上运动的角动量与在基态的轨道上运动的角动量之比为_____；动能之比为_____；动量之比为_____（11年）

6. 用动能为**12.5eV**的电子撞击氢原子使其激发，求：

(1) 最高能激发到哪一能级？

(2) 从激发态回到基态时，能产生几条谱线，并计算各条谱线的波长是多少**nm**? (**8分09A**)

例 计算经过电势差 $U_1=150\text{ V}$ 和 $U_2=10^4\text{ V}$ 加速的电子的德布罗意波长（不考虑相对论效应）。

解 根据 $\frac{1}{2}m_0v^2 = eU$ ，加速后电子的速度为 $v = \sqrt{\frac{2eU}{m_0}}$

根据德布罗意关系 $p = h / \lambda$ ，电子的德布罗意波长为

$$\lambda = \frac{h}{m_0v} = \frac{h}{\sqrt{2m_0e}} \frac{1}{\sqrt{U}} = \frac{1.225}{\sqrt{U}} \text{ nm}$$

波长分别为 $\lambda_1 = 0.1 \text{ nm}$ $\lambda_2 = 0.0123 \text{ nm}$

★ 说明

电子波波长

$\ll$

光波波长

观测仪器的分辨本领 $R = \frac{D}{1.22 \lambda}$



电子显微镜分辨率
远大于
光学显微镜分辨率

10 能量为 15eV 的光子，被处于基态的氢原子吸收，使氢原子电离发射一个光电子，求此光电子的德布罗意波长（10年）