一 氢原子光谱的规律性

- 1885 年瑞士数学家巴耳末发现氢原子光谱可见光部分的规律

$$\lambda = 365.46\frac{n^2}{n^2-2^2}\,\mathrm{nm},\quad n=3,4,5,\cdots$$

- 1890 年瑞典物理学家里德伯给出氢原子光谱公式

波数 $\sigma = \dfrac{1}{\lambda} = R\left(\dfrac{1}{n_f^2}-\dfrac{1}{n_i^2}\right)$

$n_f = 1,2,3,4,\cdots,\ n_i = n_f+1, n_f+2, n_f+3,\cdots$

里德伯常量 $R = 1.0973731534\times10^7\,\mathrm{m}^{-1}$

紫外　莱曼系 $\sigma = \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}), \quad n = 2,3,\cdots$

可见光　巴尔末系 $\sigma = \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}), \quad n = 3,4,\cdots$

红外

帕邢系 $\sigma = \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}), \quad n = 4,5,\cdots$

布拉开系 $\sigma = \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}), \quad n = 5,6,\cdots$

普丰德系 $\sigma = \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}), \quad n = 6,7,\cdots$

汉弗莱系 $\sigma = \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2}), \quad n = 7,8,\cdots$

二 卢瑟福的原子有核模型

- 1897年 J.J.汤姆孙发现电子
- 1903年，汤姆孙提出原子的“葡萄干蛋糕模型”

原子中的正电荷和原子的质量均匀地分布在半径为10^{-10} m的球体范围内，电子浸于其中 .

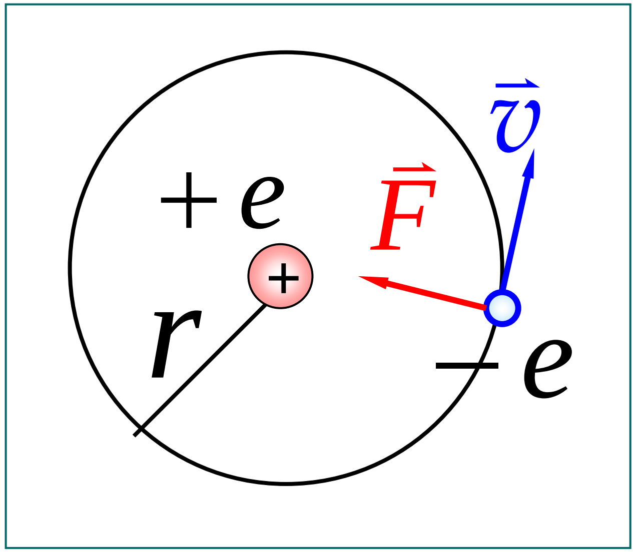
- 卢瑟福的原子有核模型（行星模型）

原子的中心有一带正电的原子核，它几乎集中了原子的全部质量，电子围绕这个核旋转，核的尺寸与整个原子相比是很小的 .

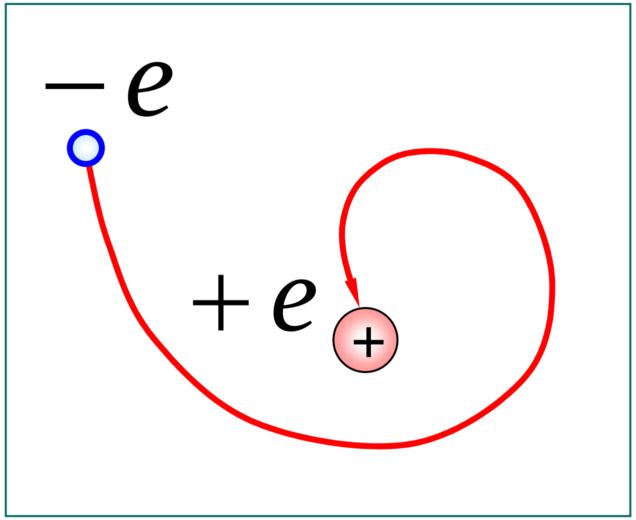
三 氢原子的玻尔理论

（1）经典核模型的困难

根据经典电磁理论，电子绕核作匀速圆周运动，作加速运动的电子将不断向外辐射电磁波 .



- 原子不断地向外辐射能量，能量逐渐减小，电子绕核旋转的频率也逐渐改变，发射光谱应是连续谱；



- 由于原子总能量减小，电子将逐渐的接近原子核而后相遇，原子不稳定 .

（2）玻尔的三个假设

假设一　电子在原子中，可以在一些特定的轨道上运动而不辐射电磁波，这时原子处于稳定状态（定态），并具有一定的能量.

假设二　电子以速度 v 在半径为 r 的圆周上绕核运动时，只有电子的角动量 L 等于 $h/2\pi$ 的整数倍的那些轨道是稳定的 .

量子化条件 $L = mvr = n\dfrac{h}{2\pi}$

主量子数 $n = 1, 2, 3, \cdots$

假设三　当原子从高能量 E_i 的定态跃迁到低能量 E_f 的定态时，要发射频率为 ν 的光子.

频率条件 $h\nu = E_i - E_f$

◆ 氢原子能级公式

由牛顿定律 $\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n^2} = m\dfrac{v_n^2}{r_n}$

由假设 2 量子化条件 $m v_n r_n = n\dfrac{h}{2\pi}$

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} n^2 = r_1 n^2 \quad (n = 1,2,3,\cdots)$$

$$n = 1\text{，玻尔半径 } r_1 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2} = 5.29\times 10^{-11}\,\mathrm{m}$$

第 n 轨道电子总能量 $E_n = \dfrac{1}{2} m v_n^2 - \dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n}$

$$E_n = \frac{1}{2} m v_n^2 - \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n}$$

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\cdot\frac{1}{n^2} = \frac{E_1}{n^2}$$

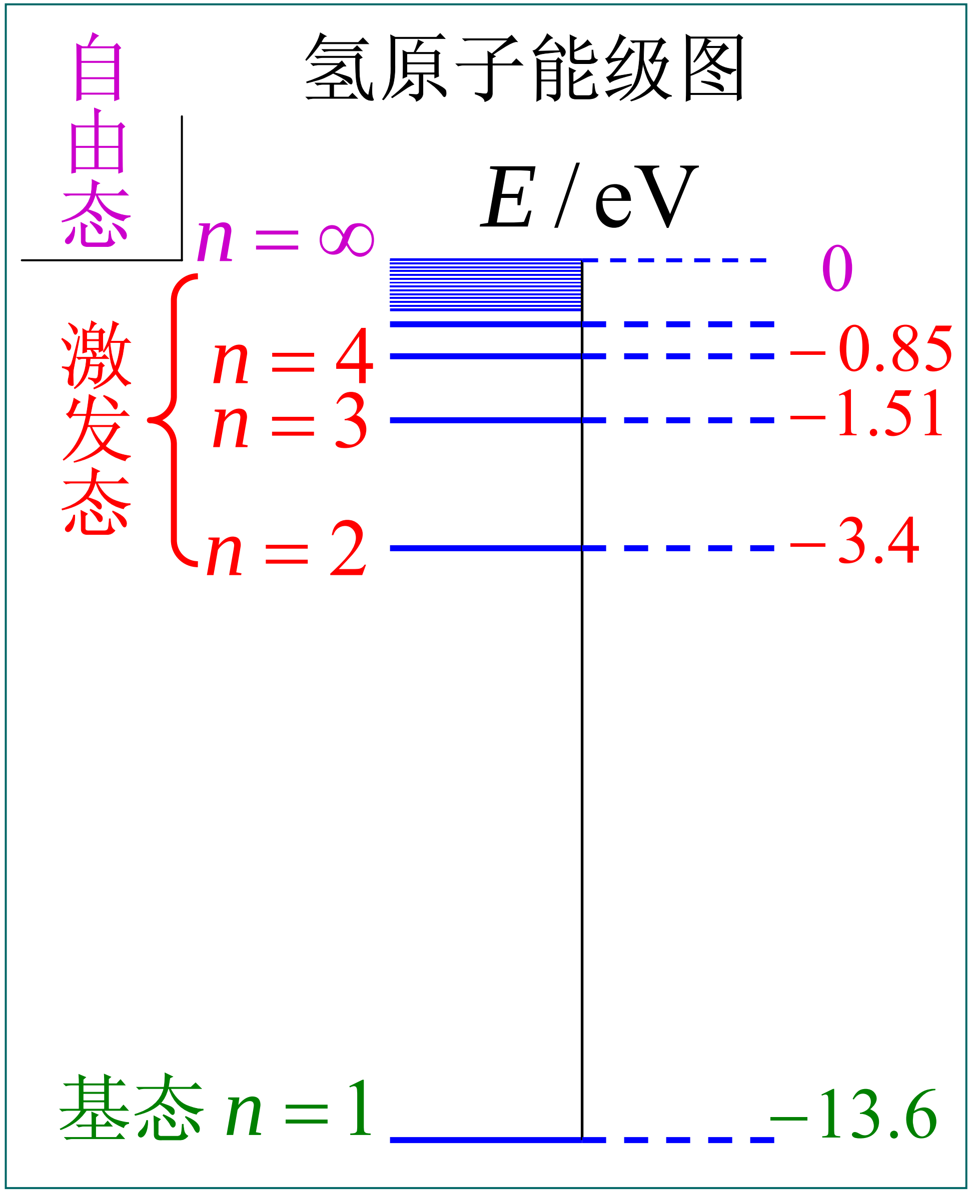
基态能量 $(n=1)$

$$E_1 = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}$$

$$= -13.6\text{eV}$$（电离能）

激发态能量 $(n>1)$

$$E_n = E_1 / n^2$$



◆ 玻尔理论对氢原子光谱的解释

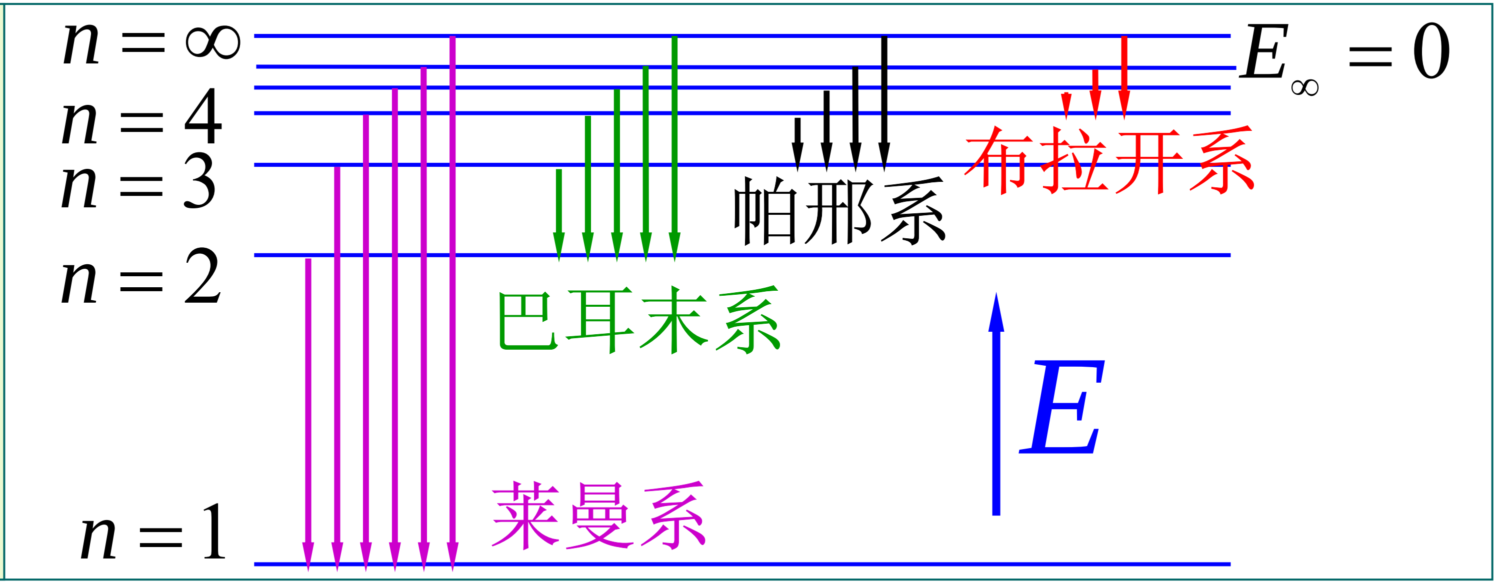
$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\cdot\frac{1}{n^2}$$

$$\boxed{h\nu = E_i - E_f}$$

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right), \quad n_i > n_f$$

$$\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c} = 1.097\times 10^7\,\mathrm{m}^{-1} \approx R$$ （里德伯常量）

氢原子能级跃迁与光谱系



四 氢原子玻尔理论的意义和困难

（1）正确地指出原子能级的存在（原子能量量子化）；

（2）正确地指出定态和角动量量子化的概念；

（3）正确的解释了氢原子及类氢离子光谱；

（4）无法解释比氢原子更复杂的原子；

（5）把微观粒子的运动视为有确定的轨道是不正确的；

（6）是半经典半量子理论，存在逻辑上的缺点，即把微观粒子看成是遵守经典力学的质点，同时，又赋予它们量子化的特征 .