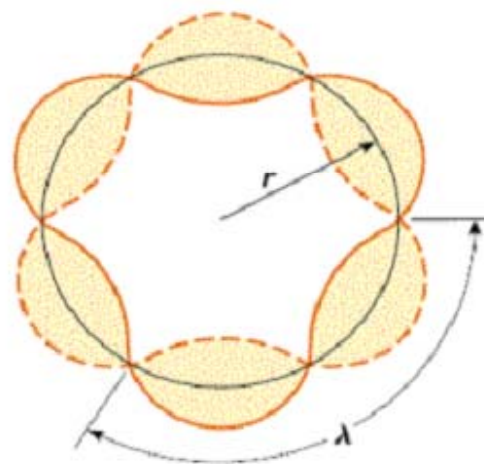
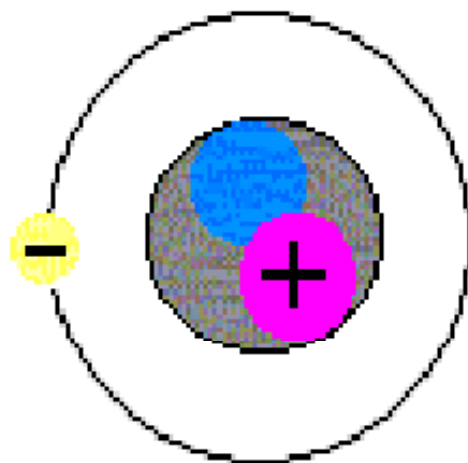


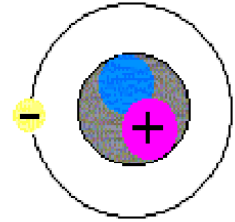
## 化学概論 第3回

# 水素原子模型と波動方程式

---



# 水素原子の発光スペクトル

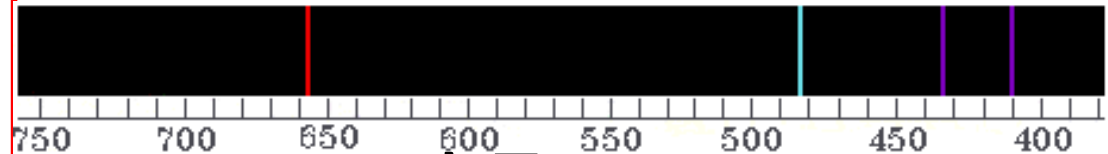


実験：ガラス管の中に $10^{-3}$  Pa ( $10^{-5}$ 気圧程度)の水素ガスを封入し、管の両極にある電極に数100 Vの電圧をかけて放電を起こす。

1885年 J. J. Barmer



結果：離散的なスペクトル

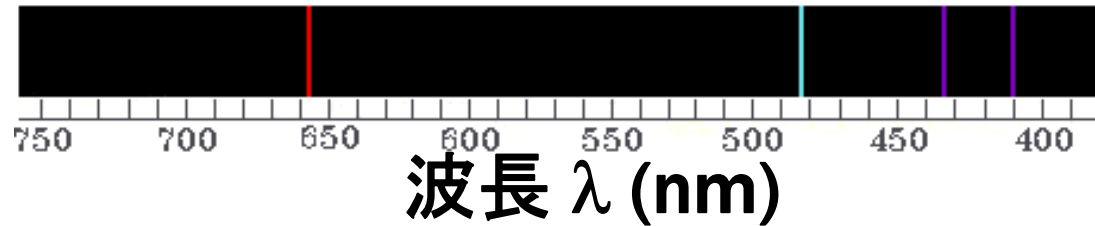


波長  $\lambda$  (nm)

(白色灯では連続スペクトル)

$H_2$ 分子が解離してH原子ができ、高エネルギー状態から低エネルギー状態におちる過程で発光する。

# 水素原子の発光スペクトル



$$\nu = c/\lambda$$

$\nu$  : 振動数

$c$  : 光速

可視領域のスペクトル:バルマー(Balmer)系列

$$\nu = 3.2880 \times 10^{15} (1/2^2 - 1/n^2), n=3,4,5, \dots$$

紫外領域のスペクトル:ライマン(Lyman)系列

$$\nu = 3.2880 \times 10^{15} (1/1^2 - 1/n^2), n=2,3,4, \dots$$

赤外領域のスペクトル:パッシェン(Paschen)系列

$$\nu = 3.2880 \times 10^{15} (1/3^2 - 1/n^2), n=4,5,6, \dots$$

# 水素原子の発光スペクトル

リュードベルグ式

$$\nu = 3.2880 \times 10^{15} (1/n_1^2 - 1/n_2^2), n_2 > n_1 \text{ を満たす整数}$$

*J. R. Rydberg*

波数  $\tilde{\nu} = \nu/c$  を用いて

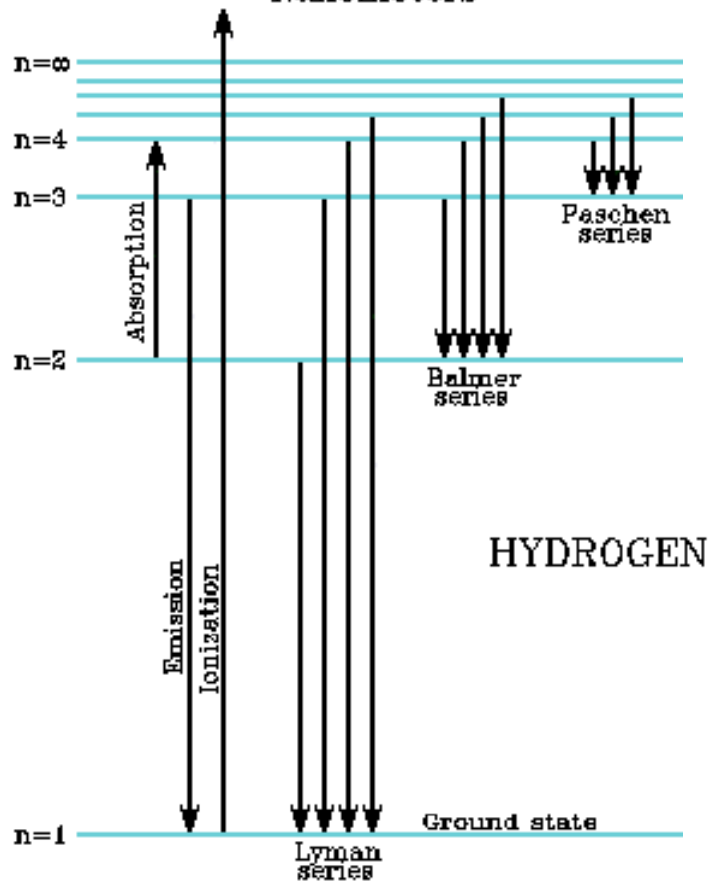
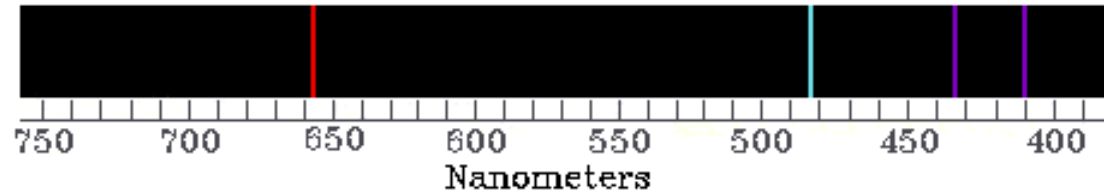
$$\tilde{\nu} = R_H (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$$

$R_H$ : Rydberg定数  $10967758.1 \text{ m}^{-1}$



特定の振動数をもつ電磁波が放出されるのは、エネルギー状態が離散的になっていることに対応する。

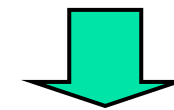
# 水素原子の離散的エネルギー準位



エネルギー保存則

$$h\nu = E_1 - E_2$$

( $h$ : プランク定数)



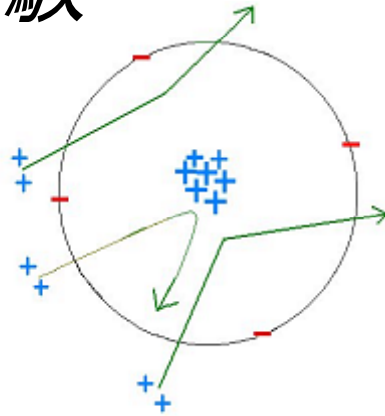
ボーアの水素原子模型

# ボーアの水素原子模型

1913年 N. Bohr

仮定1. 電子に働く力は原子核からの静電的な力である。

Rutherfordの実験



原子の半径：  
 $10^{-10} \sim 10^{-11} \text{ m}$

# ボーアの水素原子模型

仮定2. 電子の速度 $v$ 円運動の半径 $r$ としたとき、  
角運動量は不連続な値をとる。

$$\text{Bohrの量子条件 } m_e v r = n \frac{h}{2\pi}$$

電子における力のつりあい

$$\left( \text{遠心力} = \text{静電引力} \right) \quad \frac{m_e v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



2つの式から $v$ を消去し、電子のエネルギー $E$ を求める

$$E = \frac{1}{2} m_e v^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{-e^2}{8\pi\epsilon_0 r} = \frac{-m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}$$

# ボーアの水素原子模型

仮定3. 光の放出や吸収はエネルギー状態の差によって起こる。

エネルギー保存則

$$h\nu = E_2 - E_1$$

$$= \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

即ち、

$$\tilde{\nu} = 1/\lambda = R_H (1/n_1^2 - 1/n_2^2)$$

$$R_H = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}$$

