

[問] 水素原子のエネルギー準位は、

$$E_n = -2.18 \times 10^{-18} \times \frac{1}{n^2} \quad [\text{J}]$$

である。ここで、 $n=1, 2, 3, \dots$  である。

(1) エネルギー準位を [eV] (エレクトロンボルト) の単位で表せ。ただし、電気素量は、

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ である。} \quad \boxed{\text{※ } 1 \text{ eV} = e \times 1 \text{ V} \text{ に等しい。}}$$

(2) 水素原子のイオン化エネルギー [eV] はいくらか。

**※ 水素原子のイオン化エネルギー  $I$**

電子を  $n=1$  の軌道から電子を奪い取るのに必要な最小のエネルギーに等しい!

(3) 水素原子の発光スペクトル

高温に加熱した水素ガスは、熱エネルギーを吸収し光を発する。

この光の波長  $\lambda$  はとびとびの値をとり、離散スペクトルになる!

自然数を  $n, n'$ 、『リュードベリ定数』を  $R \doteq 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  として、光の波長  $\lambda$  の逆数は、

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$$

ここで、 $n=1, 2, \dots, n'=n+1, n+2, \dots$ 。

この式をボーアの振動数条件から導いてみる!

量子数  $n, n' (n < n')$  のエネルギー準位を  $E_n, E_{n'}$  とする。量子数  $n'$  から  $n$  の軌道へ電子が移るとき、水素原子が発する光の光子のエネルギーは...

$$\varepsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = E_{n'} - E_n$$

となる。エネルギー準位の式

$$E_n = - \frac{2\pi^2 m k^2 e^4}{h^2} \times \frac{1}{n^2}$$

$$E_{n'} = - \frac{2\pi^2 m k^2 e^4}{h^2} \times \frac{1}{n'^2}$$

を代入して、 $\lambda$  の逆数について解くと...

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{hc} (E_{n'} - E_n) = \underline{\hspace{10em}}$$

以上より、リュードベリ定数  $R$  は...

$$R = \underline{\hspace{10em}}$$

物理定数  $m, e, k, c, h$  を代入すると、 $R \doteq 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  が得られる。

**まとめ (ボーアの条件)**

① 量子条件:  $mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad (n=1, 2, 3, \dots)$

② 振動数条件:  $\varepsilon = h \frac{c}{\lambda} = E_{n'} - E_n \quad (n < n')$

● 水素原子の発光スペクトル:  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$

↑  $n=1, 2, 3$  のスペクトル群を、それぞれ、「ライマン系列」、「バルマー系列」、「パッシェン系列」のスペクトルという