

化学概論宿題 No. 1 解答例

No. 1

【1】教科書参照

例題 3.1 $2.54 \times 10^{-19} \text{ J} \rightarrow 537 \text{ nm}$

例題 3.2 $5.58 \times 10^4 \text{ Hz}$ 緑色光の振動数の高い領域

演習問題 1 γ 線 $1.986 \times 10^{-28} \text{ J}$ 赤外線 $1.986 \times 10^{-20} \text{ J}$

$E = \frac{hc}{\lambda}$ 可視光線 $3.425 \times 10^{-19} \text{ J}$ 紫外線 $9.932 \times 10^{-19} \text{ J}$
X線 $1.986 \times 10^{-16} \text{ J}$ 放射線 $1.986 \times 10^{-13} \text{ J}$

【2】ボーアの量子条件より

$$m_e v r = \frac{h}{2\pi} n \quad (n=1, 2, 3) \quad \text{①}$$

また遠心力と引力の釣り合いより

$$\frac{m_e v^2}{r} = m_e r \omega^2 = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r^2} \quad \text{②}$$

①, ② より

$$r = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0} \times \frac{1}{m_e v^2}$$

$$r = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{\pi m_e e^2} \quad \text{③}$$

電子の全エネルギー $E = \text{運動エネルギー} + \text{ポテンシャルエネルギー}$ より

$$E_n = \frac{1}{2} m_e v^2 + \left(-\frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r} \right)$$

$$= -\frac{e^2}{8\pi \epsilon_0 r} \quad \text{④}$$

③を④に代入

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2} \quad \text{⑤}$$

ボーアの振動数条件より ($\lambda \nu = c_0$)

$$\nu = \frac{|E_n - E_m|}{h} = \frac{c_0}{\lambda}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{|E_n - E_m|}{hc_0} = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^3 c_0^2} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

No. 2

【3】水素の電子エネルギー

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

【2】より $R_\infty = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^3 c_0}$

$$E = h c_0 R_\infty \frac{1}{n^2}$$

$n=1 \rightarrow 2$ のとき

$$E = h c_0 R_\infty \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{3}{4} h c_0 R_\infty$$

$$= \frac{3}{4} \times (6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}) \times (2.997 \times 10^8 \text{ m/s}) \times (1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1})$$

$$= 1.634 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = \frac{1.634 \times 10^{-18} \text{ J}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J} \cdot \text{eV}^{-1}} = 1.019 \times 10 \text{ eV}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} \text{ より}$$

$$\lambda = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.634 \times 10^{-18} \text{ J}} = 1.215 \times 10^{-7} \text{ m} = 121.5 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1.215 \times 10^{-5} \text{ cm}} = 8.230 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$$

$n=1 \rightarrow 3$ も同様

$$E = \frac{8}{9} h c_0 R_\infty$$

$$= 1.936 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$E = 1.208 \times 10 \text{ eV}$$

$$\lambda = 102.6 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 9.798 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$$



水素の

No. 3

【4】 $n=1$ 状態のエネルギーは $n=1 \rightarrow \infty$ に遷移するときのエネルギー差に等しい

$$I_p = E_\infty - E_1 = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \quad (E_n = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2})$$

$$= \frac{(9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}) \cdot (1.60 \times 10^{-19} \text{ C})^4}{8 (8.85 \times 10^{-12} \text{ J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1})^2 (6.63 \times 10^{-34} \text{ Js})^2}$$

$$= 2.17 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$= \frac{2.17 \times 10^{-18} \text{ J}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J} \cdot \text{eV}^{-1}} = 13.6 \text{ eV}$$

【5】(1) $E = k_B T$, 平均エネルギー $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$

$$E = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \times 300 \text{ K} = 4.14 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{4.14 \times 10^{-21} \text{ J}}{6.62 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}} = 2.08 \times 10^7 \text{ m}^{-1} = 2.08 \text{ cm}^{-1}$$

$$(2) E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{6.62 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{5.00 \times 10^{-7} \text{ m}} = 3.97 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{3.97 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.62 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}} = 2.00 \times 10^6 \text{ m}^{-1} = 2.00 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$$

単に逆数をとるとよい。

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5.00 \times 10^{-7} \text{ m}} = 2.00 \times 10^6 \text{ m}^{-1} = 2.00 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$$

(3) $E = k_B T$

$$T = \frac{3.97 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}} = 2.85 \times 10^4 \text{ K}$$



水素の

No. 4

【6】教科書参照

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$

$$\text{電子} \quad \lambda = 8.23 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\text{光子} \quad \lambda = 1.83 \times 10^{-5} \text{ m} = 18.3 \mu\text{m}$$

【7】エネルギー保存則より $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ [C]}$ $V = J$

$$eV = \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m_e}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 10 \times 10^1 \text{ J C}^{-1}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}} \quad J = \text{m}^2 \text{ kg s}^{-2}$$

$$= 5.9 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$

$$= \frac{6.6 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-1}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 5.9 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}$$

$$= 1.2 \times 10^{-11} \text{ m}$$