H19年度期末試験

1. 運動量 $p = \frac{h}{\lambda}$ （λ: de Broglie波長）であるので $p = 13.2\times10^{-25}$ (Js/m)
   運動エネルギー $U = \frac{1}{2m_e}p^2$ (J)
   $\fallingdotseq 6.0$ (eV)

2. $h\nu = 5.1\times1.6\times10^{-19}$ (J) より
   $\frac{ch}{\lambda} = 5.1\times1.6\times10^{-19}$
   $\lambda = \frac{ch}{5.1\times1.6\times10^{-19}} = 2.42\times10^{-7}$ (m) $\therefore$ 2.4×10^{-7} (m)

3. 2p状態の水素原子は $n=2\to1$ への遷移によって光を放出するので Rydberg公式より
   $\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{3}{4}R$ $\lambda = \frac{4}{3R} \fallingdotseq 1.22\times10^{-7}$ (m)

4. 2s軌道は1s軌道による遮蔽効果が弱く、より原子核に近く浸透することができるため
   ポテンシャルは比較的小さいが 2p軌道はより強い遮蔽を1s軌道から受けるために
   軌道のエネルギーは2sより大きくなる。

5. X: N Y: F Z: Li A: O
   理由は H20年度 図を参照

6. $hc\cdot\frac{1}{\lambda} = h\nu_{HCl}$ $\frac{1}{\lambda} = 2991\ (\mathrm{cm^{-1}}) = 2.991\times10^{5}\ (\mathrm{m^{-1}})$
   $\nu_{HCl} = 2.991\times10^5\times3.00\times10^8 = 8.973\times10^{13}\ (\mathrm{s^{-1}})$ $\therefore$ $9.0\times10^{13}\ (\mathrm{s^{-1}})$

7.

(1) $\langle V\rangle = \iiint V(r)\cdot\{\psi_{1s}(r)\}^2\,dx\,dy\,dz = \int_0^{2\pi}d\varphi\int_0^{\pi}\sin\theta\,d\theta\int_0^{\infty}\left(-\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}\right)r\cdot\frac{1}{\pi a_0^3}\cdot\exp\left(-\frac{2r}{a_0}\right)dr$

$= -(4\pi\varepsilon_0)^{-1}\cdot\frac{4e^2}{a_0^3}\int r\exp\left(-\frac{2r}{a_0}\right)dr$

$r' = \frac{2}{a_0}r$ とおく。$\int_0^{\infty}x^n e^{-x}dx = n!$ を用いて

$= -(4\pi\varepsilon_0)^{-1}\cdot\frac{4e^2}{a_0^3}\left(\frac{a_0}{2}\right)^2\cdot 1!$

$= -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 a_0}$ $E_{1s} = E_{n=1} = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 a_0}$ ゆえに $\langle V\rangle$はE_{1s}の 2倍

(2) $\langle T\rangle + \langle V\rangle = E_{1s}$ $\therefore$ $\langle T\rangle = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 a_0}$ $\langle T\rangle$はE_{1s}の −1倍

$= \frac{1}{2}(4\pi\varepsilon_0)^{-1}\cdot\frac{e^2}{a_0}$

(3) $T = \frac{1}{2}m_e v^2 = \frac{p^2}{2m_e}$ $\langle T\rangle = \frac{\langle p^2\rangle}{2m_e}$ より $\bar{v} = \sqrt{\frac{2\langle T\rangle}{m_e}} \fallingdotseq 2.08\times10^6\ (\mathrm{ms^{-1}})$ $\therefore$ $2.1\times10^6\ (\mathrm{ms^{-1}})$

(4) $\bar{v}t = 1\times10^{-10}$ $t = \frac{10}{2.1}\times10^{-17} \fallingdotseq 4.7\times10^{-17}$ (s) $\therefore$ 5×10^{-17} 秒