平成 30 年度　エネルギー変換　学期末試験問題

関数電卓のみ、持込可。その他は持込不可。

1.　遷移確率について、以下の問に答えなさい。

問1.　光が分子に吸収され量子状態 ψ_l から ψ_m へ遷移する確率は

$$\text{遷移確率} = \frac{1}{\hbar^2}|\mu_{lm}|^2 E_0^2 t \qquad \text{- (1)}$$

と表される。ここで $|\mu_{lm}|$ は遷移双極子モーメントである。

$$|\mu_{lm}| = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi_m^* |\mu| \psi_l d\tau \qquad \text{- (2)}$$

赤外吸収によって分子の振動準位間を遷移する場合に、振動座標を q とすると、

$$\text{遷移確率} \propto \left(\frac{d\mu}{d\mathrm{q}}\right)_0 \qquad \text{- (3)}$$

となることを、数式を用いて説明しなさい。

問2.　地球大気の主成分である窒素、酸素などの分子は赤外線を吸収しない。一方、水蒸気、二酸化炭素、メタンなどの分子は赤外線を吸収する。その理由について**(3)式に基づいて**簡潔に説明しなさい。

2.　地球温暖化について下記の問いに答えなさい。

問1.　地球温暖化は、人間の産業活動から排出された温室効果ガスによって引き起こされている、と考えられている。地球温暖化の機構について、**図を描いて**説明しなさい。

問2.　将来に地球温暖化がさらに進行すると、全世界の人間社会に対してどのような深刻な影響を及ぼすのか。具体的な例を挙げて簡潔に述べなさい。

問3.　地球温暖化の影響は全地球規模に及ぶため、温暖化対策を全世界の国々が協力して進める必要がある。しかしながら、現在のところ対策は遅々として進んでいない。その理由について簡潔に説明しなさい。

3.　原子力発電について下記の問いに答えなさい。

問1.　原子力発電の構造と動作原理について、**図を描いて**説明しなさい。

問2.　核燃料集合体の間に挿入される制御棒の、原子炉の運転において果たす役割とは何か。**問 1 で描いた図に基づいて**簡潔に述べなさい。

問3.　タービンを通過した後、水蒸気が再び原子炉へ帰還する前に、復水器において冷却され再び液体の水に戻される必要があるのはなぜか。その理由を**問 1 で描いた図に基づいて**簡潔に説明しなさい。

問4.　原子炉を安全に運転するには、原子核分裂の連鎖反応が定常的となる臨界状態を維持する必要がある。臨界状態を維持する機構について、**問 1 で描いた図に基づいて**簡潔に述べなさい。

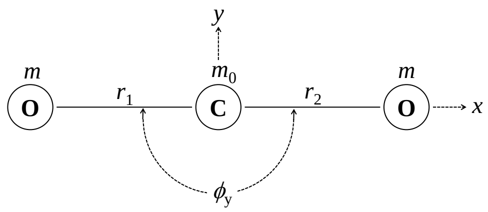
4.　二酸化炭素, CO_2,には、全対称伸縮振動, $\tilde{\nu}_1$, 逆対称伸縮振動, $\tilde{\nu}_2$, 変角振動, $\tilde{\nu}_3$, という 3 つの振動モードがある。各振動モードの波数 ($\mathrm{cm^{-1}}$) を以下に示す。

$$\tilde{\nu}_1 = 1337\ (\mathrm{cm^{-1}}),\ \tilde{\nu}_2 = 2349\ (\mathrm{cm^{-1}}),\ \tilde{\nu}_3 = 667\ (\mathrm{cm^{-1}})$$

ここで、波数 $\tilde{\nu}$ とは波長 λ の逆数である。$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$　光速は、$c = 3.00\times10^{8}\ (\mathrm{ms^{-1}})$　である。
また、酸素原子の質量 m と炭素原子の質量 m_0 は以下のとおりである。

$$m = 2.66\times10^{-26}\ (\mathrm{kg}),\ m_0 = 1.99\times10^{-26}\ (\mathrm{kg})$$

二酸化炭素, CO_2, の分子内座標を下図に示す。



振動の運動エネルギー T_{v}, 位置エネルギー V は以下のように与えられる。

$$T_{\mathrm{v}} = \frac{1}{2}m\left(\frac{\Delta\dot{r}_1+\Delta\dot{r}_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \frac{1}{2}\mu\left(\frac{\Delta\dot{r}_1-\Delta\dot{r}_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{\mu}{2}\left[\left(r_0\Delta\dot{\phi}_{\mathrm{y}}\right)^2+\left(r_0\Delta\dot{\phi}_{\mathrm{z}}\right)^2\right]$$
$$V = \frac{1}{2}(K+k)\left(\frac{\Delta r_1+\Delta r_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \frac{1}{2}(K-k)\left(\frac{\Delta r_1-\Delta r_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \frac{1}{2}H\left[\left(r_0\Delta\phi_{\mathrm{y}}\right)^2+\left(r_0\Delta\phi_{\mathrm{z}}\right)^2\right] \qquad \text{-（4）}$$

ここで、K は結合伸縮に関するバネ定数、H は結合角 ϕ の変化に関するバネ定数、k は 2 つの結合の間の相互作用を表す定数である。また、換算質量 μ は以下のように与えられる。

$$\frac{1}{\mu} = \frac{2}{m_0} + \frac{1}{m} \qquad \text{-（5）}$$

Lagrange の運動方程式は以下のように与えられる。

$$L = T - V$$
$$\frac{d}{dt}\left[\frac{\partial L}{\partial \dot{S}}\right] - \frac{\partial L}{\partial S} = 0 \qquad \text{-（6）}$$

また、振動座標は以下のように与えられる。

$$S_1 = \frac{\Delta r_1+\Delta r_2}{\sqrt{2}}, S_2 = \frac{\Delta r_1-\Delta r_2}{\sqrt{2}}$$
$$S_{3y} = r_0\Delta\phi_y, S_{3z} = r_0\Delta\phi_z \qquad \text{-（7）}$$

(6)式の S に $S = S_1, S_{2,}, S_{3y}, S_{3z}$ と代入して ν_1, ν_2, ν_3 を K, k, H, m, μ によって示し、
バネ定数, K, k, H を計算しなさい。ただし、単位は $\mathrm{kgs^{-2}}$ で算出すること。