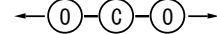


2025 年度 エネルギー変換 学期末試験問題

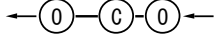
持込不可。関数電卓のみ持込可。

1. 二酸化炭素, CO_2 , には、以下に示すような 3 つの振動モードがある。

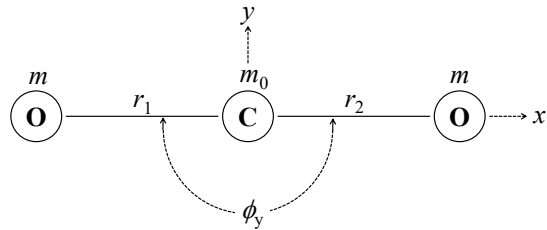
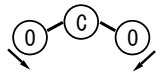
全対称伸縮振動, ν_1



逆対称伸縮振動, ν_2



変角振動, ν_3



二酸化炭素, CO_2 , の分子内座標を右図に示す。

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。

$$T_v = \frac{1}{2}m \left(\frac{\Delta \dot{r}_1 + \Delta \dot{r}_2}{\sqrt{2}} \right)^2 + \frac{1}{2}\mu \left(\frac{\Delta \dot{r}_1 - \Delta \dot{r}_2}{\sqrt{2}} \right)^2 + \frac{1}{2} \frac{\mu}{2} \left[(r_0 \Delta \dot{\phi}_y)^2 + (r_0 \Delta \dot{\phi}_z)^2 \right] \quad - (1)$$

$$V = \frac{1}{2}(K+k) \left(\frac{\Delta r_1 + \Delta r_2}{\sqrt{2}} \right)^2 + \frac{1}{2}(K-k) \left(\frac{\Delta r_1 - \Delta r_2}{\sqrt{2}} \right)^2 + \frac{1}{2}H \left[(r_0 \Delta \phi_y)^2 + (r_0 \Delta \phi_z)^2 \right]$$

ここで、酸素原子の質量を m 、炭素原子の質量を m_0 とする。 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。

$$\frac{1}{\mu} = \frac{2}{m_0} + \frac{1}{m} \quad - (2)$$

Lagrange の運動方程式は以下のように与えられる。

$$L = T - V$$

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{\partial L}{\partial \dot{S}} \right] - \frac{\partial L}{\partial S} = 0 \quad - (3)$$

また、振動座標は以下のように与えられる。

$$S_1 = \frac{\Delta r_1 + \Delta r_2}{\sqrt{2}}, S_2 = \frac{\Delta r_1 - \Delta r_2}{\sqrt{2}} \quad - (4)$$

$$S_{3y} = r_0 \Delta \phi_y, S_{3z} = r_0 \Delta \phi_z$$

問1. (4)式の S に $S = S_1, S_2, S_{3y}, S_{3z}$ と代入して全対称伸縮振動 ν_1 、逆対称伸縮振動 ν_2 、変角振動 ν_3 の振動数について、 m, μ, K, k, H を用いて示しなさい。

問2. 各振動モードの振動数を以下に示す。

$$\nu_1 = 4.01 \times 10^{13} \text{ (s}^{-1}\text{)}, \nu_2 = 7.05 \times 10^{13} \text{ (s}^{-1}\text{)}, \nu_3 = 2.00 \times 10^{13} \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

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。

$$m = 2.66 \times 10^{-26} \text{ (kg)}, m_0 = 1.99 \times 10^{-26} \text{ (kg)}$$

バネ定数, K, k, H を計算しなさい。ただし、単位は kgs^{-2} で算出すること。

2. 地球温暖化について、以下の問いに答えなさい。

問1. 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。その理由について簡単に説明しなさい。

問2. 現在の地球の平均気温は $+15^\circ\text{C}$ で、太陽放射と地球放射との輻射平衡になっている。仮に、大気成分が窒素と酸素だけから構成されている場合には、地球は -40°C で輻射平衡になると予想される。その理由について簡単に説明しなさい。

3. 熱機関について下記の問いに答えなさい。

問1. 熱機関について、カルノーサイクルを例として説明しなさい。ただし、横軸を体積、縦軸を圧力とする等温線と断熱線に関するグラフを用いること。

問2. 内燃機関と外燃機関の違いを説明しなさい。

問3. 我々は熱機関に大きく依存して生活している。熱機関への依存する生活について、その長所・短所を簡単に説明しなさい。

4. 原子力発電について下記の問いに答えなさい。

問1. 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。また、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のはなぜか。以上について、図を描いて説明しなさい。

問2. U や Pu が原子核分裂を起こすと、質量数が 80~100、130~150 の 2 つの非対称な核分裂片に分かれる。それらの核分裂片は不安定な核である。それはなぜか？核分裂片が不安定な核である理由について、簡単に説明しなさい。

5. 今日、現代文明は曲がり角に直面している。今後、環境問題やエネルギー問題を解決するために、我々は個人としてどのような貢献ができるだろうか。あなたの思うところを 200 字程度で述べなさい。