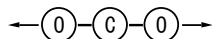


2024 年度 エネルギー変換 学期末試験問題

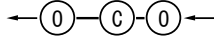
持込不可。

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。

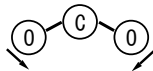
全対称伸縮振動, ν_1



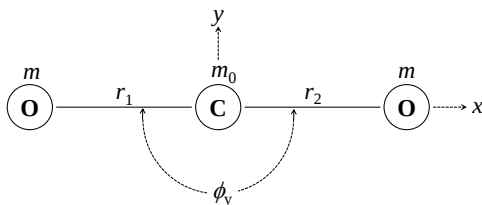
逆対称伸縮振動, ν_2



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。

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

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

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。

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

Lagrange の運動方程式は以下のように与えられる。

$$L = T - V$$

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

また、振動座標は以下のように与えられる。

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

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

(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。

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. 地球温暖化は、人間の産業活動から排出された二酸化炭素、メタンなどの分子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. 熱機関について下記の問いに答えなさい。

- 問1. オットーサイクル（自動車のガソリンエンジン）について、エンジンの構造図、および横軸を体積、縦軸を圧力とする等温線と断熱線に関するグラフを描いて説明しなさい。
- 問2. 熱機関の発明によって産業革命が起こったのはなぜか。その結果、人類全体へどのような影響がもたらされたのか。以上について説明しなさい。

4. 断熱変化について下記の問いに答えなさい。

- 問1. 断熱変化 ($dQ = 0$) において、系の体積を変化させるときの仕事 dw は $dw = -PdV = C_v dT$ である。ここで、 C_v は定容熱容量である。また、気体の状態方程式は $PV = nRT$ である。系が (V_i, T_i) から (V_f, T_f) まで断熱変化したとき、

$$V_f T_f^c = V_i T_i^c, c = \frac{C_v}{nR}$$

となることを示しなさい。

- 問2. 下式を示しなさい。

$$PV^\gamma = \text{constant}, \gamma = \frac{C_v + nR}{C_v}$$

5. 火力発電では化石燃料を燃やして熱を発生させているが、原子力発電では核分裂反応で熱を発生させている。このふたつの違いは、熱の発生のおおきさが違うだけである。そこで、原子力発電の構造と原理について、図を描いて説明しなさい。ただし、「ウラン濃縮」「原子炉」「原子核分裂」「減速材」「熱中性子」「連鎖反応」「臨界」「冷却材」「蒸気」「タービン」「発電機」等の語句を全て用いなさい。
6. 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。