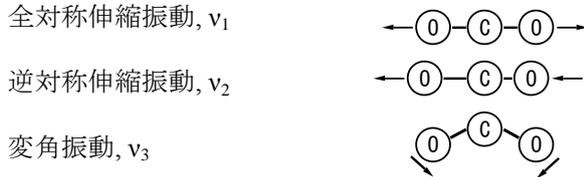


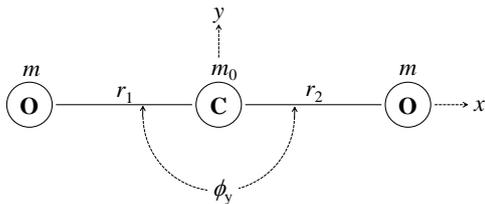
平成 29 年度 エネルギー変換 学期末試験問題

関数電卓のみ、持込可。その他は持込不可。

1. 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。



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。

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

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

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。

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

問 1. 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。

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

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

(3) 式の S に $S = S_1, S_2, S_{3y}, S_{3z}$ と代入して、全対称伸縮振動数 ν_1 , 逆対称伸縮振動数 ν_2 , 変角振動数 ν_3 を、 K, k, H, m, μ によって示しなさい。

問 2.各振動モードの振動数を以下に示す。

$$v_1 = 4.01 \times 10^{13} (\text{S}^{-1}), v_2 = 7.05 \times 10^{13} (\text{S}^{-1}), v_3 = 2.00 \times 10^{13} (\text{S}^{-1})$$

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。温室効果の機構について、「太陽放射」「地球放射」「プランクの輻射則」「大気の組成」「二酸化炭素」「遷移確率」「逆対称伸縮振動」「変角振動」「双極子モーメント」「赤外吸収」等の語句を全て用いて、200 字程度で説明しなさい。必要に応じて、数式や図を用いても良い。

3.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。

4.原子力発電について下記の問いに答えなさい。

- (1) 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、熱の発生のさせかたが違うだけである。そこで、原子力発電の構造図を描き、「原子炉」「核燃料」「制御棒」「熱中性子」「減速材」「連鎖反応」「臨界」「冷却材」「水蒸気」「タービン」「復水器」等の語句を全て用いて、原子力発電の構造と原理について説明しなさい。
- (2) 原子力発電において、不測の事態により原子炉が緊急に運転停止しウランの核分裂が止まった後も、原子炉の冷却機構がしばらく動いている必要がある。「核分裂生成物」「中性子過剰」「 β 崩壊」「崩壊熱」等の語句を全て用いて、その理由を説明しなさい。また、原子炉の緊急停止の直後に全ての冷却機構が失われた場合には、最終的にどのような深刻な事故が想定されるだろうか。以上について 200 字程度で述べなさい。