

1.

(1)

① $\alpha : 3 \quad \beta_2 : 5$

※二原子分子は、並進運動の自由度 (XYZ、計 3) に加えて回転運動の自由度 (二原子分子の軸方向以外、計 2) も持つ。

② $E_\alpha = 3/2 k_b T \quad E_{\beta_2} = 5/2 k_b T$

※エネルギー分配の法則より、1 自由度につき $1/2 k_b T$ の平均運動エネルギーを持つ。

(2)

①
$$\begin{aligned} E_{N_2} &= 5/2 k_b T \\ &= 2.5 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 \\ &= 1.04 \times 10^{-20} \text{ [J]} \end{aligned}$$

② 分子の並進運動に関する平均運動エネルギー E は以下 2 通りで表される。

$$E = 1/2 m v^2 = 3/2 k_b T \quad \text{※並進運動の自由度 (XYZ、計 3) のみ考慮。}$$

$$\text{よって、} v = \sqrt{2E/m} \text{ <式 1 >}$$

さらに、

$$E = 3/2 k_b T = 6.21 \times 10^{-21} \text{ [J/K]}$$

$$\text{さらに、問題文より } m = 4.65 \times 10^{-26} \text{ [kg]}$$

これらを式 1 に代入し、

$$v = \sqrt{2.67 \times 10^5} \text{ [m/s]}$$

2 A.

- ① 17.0 g = 1.00 mol の NH₃ を生成したときの熱量 : -46.1 kJ
→ 2 mol の NH₃ に対しては、 $\Delta H^\circ = -46.1 \times 2 = -92.2$ kJ

- ② 反応式の ΔS° は以下のように表される。

$$\Delta S^\circ = [(a) 2 \times S^\circ(\text{NH}_3)] - [(b) 1 \times S^\circ(\text{N}_2) + (c) 3 \times S^\circ(\text{H}_2)]$$

ここで、各値を代入し計算すると

$$\Delta S^\circ = (d) 386 - ((e) 192 + (f) 393)$$

$$= (g) -199 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

- ③ この反応式における標準ギブズ自由エネルギー変化 ΔG° を求めよ。

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$$= -92.2 - (300 \times -0.199)$$

$$= -32.5 \text{ kJ}$$

2B.

(1) 定圧比熱は $c_p = \kappa c_v$

(2) 外部からの加わる熱量は、定圧変化なので、状態2と3の温度の差によるエンタルピー変化に相当する

$$Q_1 = mc_p(T_3 - T_2) = m\kappa c_v(T_3 - T_2)$$

(3) 外部へ放出する熱量は、定圧変化なので、状態4と1の温度の差によるエンタルピー変化に相当する

$$Q_2 = mc_p(T_4 - T_1) = m\kappa c_v(T_4 - T_1)$$

(4) 仕事 W は、第一法則から定容変化では、熱量の差になるから

$$W = Q_1 - Q_2$$

(5) 理論熱効率

$$\eta = W / Q_1 = (Q_1 - Q_2) / Q_1 = 1 - Q_2 / Q_1$$

(6) $\eta = 1 - Q_2 / Q_1 = 1 - Q_2 = 1 - m\kappa c_v(T_4 - T_1) / m\kappa c_v(T_3 - T_2)$
 $= 1 - (T_4 - T_1) / (T_3 - T_2)$

(7) (6) の熱効率は

$$T_1 / T_2 = T_4 / T_3 = (T_4 - T_1) / (T_3 - T_2) = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{1}{\phi} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

より

$$\eta = 1 - (T_4 - T_1) / (T_3 - T_2) = 1 - \left(\frac{1}{\phi} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

(8) この熱サイクルの熱効率は、圧力比 ϕ を大きくすると高くなる。