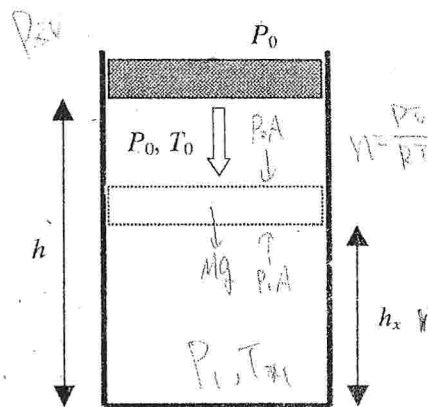


平成 17 年度 熱力学 I (石井)



以下の問いに答えよ。ただし、気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。数値で答える設問では必ず単位を付記し、有効数字は 3 桁とせよ。

1. 右図のように、圧力 P_0 、温度 T_0 、比熱比 κ の気体が、断面積 A のシリンダに満たされている。このとき以下の問いに答えよ。ただし、気体定数は R 、雰囲気気圧力は P_0 、重力加速度は g とする。



- (1) 質量 M のピストンを高さ h から静かに落下させる。釣り合いの位置でのピストンの高さ h_1 、気体の圧力 P_1 、温度 T_1 を求めよ。気体は等エントロピー変化をし、摩擦は無視できるものとする。
- (2) (1) で、気体が等温変化をしたときの釣り合い位置でのピストン高さ h_2 、気体の圧力 P_2 、温度 T_2 、気体が得た熱量 Q を求めよ。

$$5 \times h_1 = \frac{1}{\kappa - 1} \frac{P_0 V_0}{P_1 V_1} \left\{ \frac{P_1 V_1}{P_0 V_0} - 1 \right\}$$

$$TV = P_0 V_0$$

$$\frac{20}{18} \times \frac{1}{18} \times \frac{1}{18} \times \frac{1}{18}$$

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

2. 0°C の水 10.0 g と 90°C の水 20.0 g の定圧下での混合を考える。水の融解熱は 5980 kJ/kmol 、水の比熱は温度によらず $4.19\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ 、水の分子量は 18.0 kg/kmol として、以下の問いに答えよ。

- (1) 水の最終温度はいくらか。
- (2) 上記の過程はどのようにしたら可逆的に行えるか説明せよ。また、その場合の水と水で構成される系のエントロピー変化はいくらか
- (3) 水に氷を直接加える場合のエントロピー変化はいくらか。

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1}$$

$$MC \Delta T = m \frac{m}{M} \frac{m}{M}$$

$$P_0 V_0 = P_1 V_1$$



3. 断熱圧縮 (1-2)、等圧加熱 (2-3)、断熱膨張 (3-4)、等容冷却 (4-1) から構成されるサイクルをディーゼルサイクルと言う。

- (1) このサイクルの P - V 線図を描け。
- (2) このサイクルの熱効率 η を T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 および比熱比 κ を用いて表せ。
- (3) κ 、圧縮比 ε ($=V_1/V_2$)、締切比 ρ ($=V_3/V_2$) および T_1 を用いて、 T_2 、 T_3 、 T_4 を表せ。
- (4) 以上より、ディーゼルサイクルの熱効率 η を κ 、 ε 、 ρ のみで表せ。

$$\varepsilon = m$$

$$1 - \frac{1}{\kappa - 1} \frac{P_0 V_0}{P_1 V_1}$$

$$1 - \frac{1}{\kappa - 1} \frac{P_0 V_0}{P_1 V_1}$$

$$PV = \frac{m}{M} \bar{R} T$$

$$M =$$

平成 20 年 2 月 5 日

平成 19 年度 熱力学□ (石井)

以下の問いに答えよ。ただし気体はすべて理想気体として取り扱えるものとし、一般気体定数 $\bar{R} = 8.314 \text{ kJ/kmol} \cdot \text{K}$ とする。また数値で答える設問では必ず単位を付記し、有効数字は 3 桁とせよ。

$$PV = n\bar{R}T$$

1. 質量 $m_1 = 1.19 \times 10^{-2} \text{ kg}$ の未知の気体は、圧力 $P_1 = 1.00 \times 10^{-1} \text{ MPa}$ 、温度 $T_1 = 293 \text{ K}$ のとき、容積 $V_1 = 1.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ を占めることがわかっている。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) この気体の分子量 M はいくらか。
- (2) 容積を一定として、この気体 $m_1 [\text{kg}]$ の温度を $T_2 = 350 \text{ K}$ まで上昇させるために必要な熱量は $Q_{12} = 853 \text{ J}$ であった。この気体の定圧比熱 $c_p [\text{J/kg} \cdot \text{K}]$ および定容比熱 $c_v [\text{J/kg} \cdot \text{K}]$ はいくらか。また、この気体の比熱比 κ はいくらか。
- (3) この気体 $m_2 = 2.00 \text{ kg}$ を圧力 P_1 、温度 T_2 の状態から一定圧力のまま加熱したところ、容積が 1.50 倍になった。このとき、加熱後の気体の温度 $T_3 [\text{K}]$ および容積 $V_3 [\text{m}^3]$ 、加熱に必要な熱量 $Q_{23} [\text{J}]$ 、気体が外部に対して成した仕事 $W_{23} [\text{J}]$ はいくらか。

$$P_1 T_1 = 1.5 P_1 T_2$$



$$Q = W + U \quad Q = H + W$$



2. 圧力 $P_1 [\text{Pa}]$ 、体積 $V_1 [\text{m}^3]$ 、温度 $T_1 [\text{K}]$ の気体が同体積の真空容器に自由膨張する。熱力学的平衡に達した後の気体の圧力 $P_2 [\text{Pa}]$ 、温度 $T_2 [\text{K}]$ 、エントロピー変化 $\Delta S [\text{J/K}]$ を P_1 、 V_1 、 T_1 を用いて表せ。

$$U = \left(\frac{20}{3} \right) n T$$

3. $T_1 = 1500 \text{ K}$ の高温熱源と $T_2 = 300 \text{ K}$ の低温熱源の間で動作する可逆サイクルがある。このサイクルが高温熱源から受け取る熱量が 1 サイクルあたり $Q_1 = 100 \text{ kJ}$ であり、1 秒間で 20 サイクル動作するとする。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) このサイクルの熱効率 η および 1 サイクルあたりの仕事 $W [\text{kJ}]$ を求めよ。
- (2) このサイクルの動力 $P [\text{kW}]$ および低温熱源に放出する熱流量 $\dot{Q}_2 [\text{kJ/s}]$ を求めよ。

$$T_1/P_1 = T_2/P_2$$

4. 等エントロピー圧縮 (1→2)、等圧加熱 (2→3)、等エントロピー膨張 (3→4)、等圧冷却 (4→1) から成るサイクルをブレイトンサイクルという。

- (1) このサイクルの P - V 線図を描け。
- (2) このサイクルの熱効率 η を温度 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 のみを用いて表せ。
- (3) 圧力比 $r = P_2/P_1$ として、このサイクルの熱効率 η を r と比熱比 κ のみで表せ。



平成 20 年度 熱力学 I (石井)

以下の問いに答えよ。ただし気体はすべて理想気体として取り扱えるものとし、一般気体定数 $\bar{R} = 8.314 \text{ kJ/kmol}\cdot\text{K}$ 、空気の分子量 $M_{\text{air}} = 29.0 \text{ (kg/kmol)}$ 、空気の比熱比 $\kappa = 1.40$ 、 $0^\circ\text{C} = 273.15\text{K}$ とする。また数値で答える設問では必ず単位を付記し、有効数字は 3 桁とせよ。

50

1. 圧力 $P_1 = 1.00 \times 10^{-1} \text{ MPa}$ 、温度 $T_1 = 373 \text{ K}$ 、容積 $V_1 = 1.00 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ の空気を圧力一定の条件で加熱して $T_2 = 873 \text{ K}$ とした。このとき、以下の問いに答えよ。
 - (1) 空気の質量 m はいくらか。
 - (2) 加熱後の空気の容積 V_2 はいくらか。
 - (3) 空気がなした仕事 W 、加熱に要した熱量 Q 、加熱前後での内部エネルギーの変化 ΔU 、エンタルピーの変化 ΔH 、エントロピー変化 ΔS はいくらか。
2. 0°C の氷 10.0 g と 90°C の水 20.0 g の混合を考える。氷の融解熱は 6012 kJ/kmol 、水の比熱は温度によらず $4.19 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ 、水の分子量は 18.0 (kg/kmol) とする。このとき以下の問いに答えよ。
 - (1) 水の最終温度 t ($^\circ\text{C}$) はいくらか。
 - (2) 氷と水で構成される系の混合前後でのエントロピー変化はいくらか。
 - (3) 上記の過程はどのようにしたら可逆的に行えるか説明せよ。また、その場合の系のエントロピー変化はいくらか。
3. 断熱圧縮 (1-2)、等圧加熱 (2-3)、断熱膨張 (3-4)、等容冷却 (4-1) から構成されるサイクルをディーゼルサイクルと言う。
 - (1) このサイクルの P - V 線図を描け。
 - (2) このサイクルの熱効率 η を T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 および比熱比 κ を用いて表せ。
 - (3) 比熱比 κ 、圧縮比 ε ($= V_1/V_2$)、締切比 ρ ($= V_3/V_2$) および T_1 を用いて、 T_2 、 T_3 、 T_4 を表せ。
 - (4) 以上より、ディーゼルサイクルの熱効率 η を κ 、 ε 、 ρ のみで表せ。

平成 21 年度 熱力学 I (石井) 中間試験

以下の問いに答えよ. ただし気体はすべて理想気体として取り扱えるものとし, 一般気体定数 $\bar{R} = 8.314 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, 空気の分子量 $M_{\text{air}} = 29.0 \text{ (kg/kmol)}$, 空気の比熱比 $\kappa = 1.40$ とする. なお, 解答に至る途中過程を必ず明記し, 解答には単位を付記すること. また, 有効数字は 3 桁とせよ.

1. 圧力 1.00 MPa , 温度 300 K で, $5.00 \times 10^{-1} \text{ m}^3$ の容器内にある酸素の質量を求めよ. ただし酸素の分子量は 32.0 (kg/kmol) とする.
2. 圧力 $p_1 = 3.00 \times 10^{-1} \text{ MPa}$, 温度 $T_1 = 288 \text{ K}$, 質量 $m = 50.0 \text{ kg}$ の空気を一定圧力で $T_2 = 393 \text{ K}$ ままで加熱した. このとき加熱後の空気の体積 V_2 , 空気に加えられた熱量 Q_{12} , 空気がした膨脹仕事 W_{12} , 空気の内部エネルギー変化 ΔU_{12} およびエンタルピー変化 ΔH_{12} を求めよ.
3. 圧力 $1.00 \times 10^{-1} \text{ MPa}$, 温度 273 K の空気 2.00 kg を断熱圧縮すると, 温度が 873 K となった. 圧縮後の圧力および圧縮に要した仕事はいくらか.

平成 21 年度 熱力学 I (石井)

以下の問いに答えよ。なお、数値で回答する場合には必ず単位を付記し、設問 1 では有効数字 2 桁、設問 2 および設問 3 (5) では有効数字 3 桁で回答すること。

1. 1000 K の高温熱源と 300 K の低温熱源の間で動作するカルノーサイクルがある。等温膨張過程において、単位質量の作動流体が高温熱源から受け取る熱量は 300 kJ/kg であった。

- (1) このサイクルの熱効率 η を求めよ。
- (2) 作動流体 1 kg あたりにサイクルが成す仕事 w を求めよ。
- (3) 作動流体 1 kg あたりが低温熱源に捨てる熱量 q_2 を求めよ。

2. 0°C の氷 10.0 g と 90°C の水 20.0 g の混合を考える。氷の融解熱は 6012 kJ/kmol、水の比熱は温度によらず 4.19 kJ/kg·K、水の分子量は 18.0 (kg/kmol)、絶対零度は -273.15°C とする。

- (1) 混合後の水の温度 t (°C) はいくらか。
- (2) 氷と水で構成される系の混合前後でのエントロピー変化はいくらか。
- (3) 上記の過程はどのようにしたら可逆的に行えるか説明せよ。

3. 断熱圧縮 (1 → 2)、等容加熱 (2 → 3)、断熱膨張 (3 → 4)、等容冷却 (4 → 1) から成るサイクルをオットーサイクルと言う。

- (1) このサイクルの P - V 線図を描け。
- (2) このサイクルの熱効率 η を T_1 , T_2 , T_3 , T_4 のみを用いて表せ。
- (3) 比熱比 κ , 圧縮比 ε (V_1/V_2), 圧力上昇比 ξ (P_3/P_2) および T_1 のみを用いて T_2 , T_3 , T_4 を表せ。
- (4) 以上から、オットーサイクルの熱効率 η を ε のみを用いて表せ。
- (5) 圧縮比 9.90 のオットーサイクルの理論熱効率を求めよ。ただし、作動気体は理想気体として取り扱えるものとし、その分子量は 27.7 (kg/kmol)、定圧比熱は 1.05 kJ/kg·K、一般気体定数は 8.314 J/mol·K とせよ。