

1. 次の用語 (technical terms) の意味を詳しく説明せよ (20)。

(1) 準静的変化

(解答例)

物体内部または物体間で力学的平衡 (圧力の釣り合い) , 熱的平衡 (温度の釣り合い) および化学平衡 (化学反応が進行しない) の条件が満たされている状態を熱力学的平衡といい, ある状態変化の途中の状態も熱力学的平衡状態である変化を準静的変化という。変化が起こるときは, 厳密には平衡状態ではないが, ゆっくり変化させれば平衡状態へ近づけることができるので, 変化の速度を遅くした極限として, 準静的変化を考えることができる。

(2) 熱力学第二法則

(解答例)

クラウジウスに従うと、「熱はそれ自身で低温から高温へ移動することはない」、またケルビンに従うと、「一つの熱源から得た熱をすべて仕事に変えることはできない」との法則であり、両者の意味する内容は等価である。

これをもとに定義したエントロピーを用いると、「断熱系では、エントロピーが増大する方向へ変化が進行する」と言い換えることもできる。

2. 次の値を求めよ (20)。

(1) 高温熱源の温度 300 °C, 低温熱源の温度 20 °C のカルノーサイクル**熱機関**の熱効率。

(解答)

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{293.15}{573.15} = 0.48853 \quad \text{Ans. } 48.9\%$$

(2) 高温熱源の温度 40 °C, 低温熱源の温度 -20 °C の逆カルノーサイクル**冷凍機**の動作係数。

(解答)

$$\epsilon_R = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{253.15}{313.15 - 253.15} = 4.219 \quad \text{Ans. } 4.22$$

3. 温度 15 の水 5.0 kg 中へ温度 600 に熱したある金属 1.0 kg を投入した。十分時間が経過したときの水および金属の温度は 31.3 となった。この金属の比熱はいくらであると考えられるか。ただし周囲への放熱はないものとし、水の比熱は 4.19 kJ/(kg K) である (20)。

(解答)

熱量が保存されるので

$$M_A c_A T_A + M_B c_B T_B = (M_A c_A + M_B c_B) T_2$$

または

$$M_B c_B (T_B - T_2) = M_A c_A (T_2 - T_A)$$

より

$$c_B = c_A \frac{M_A (T_2 - T_A)}{M_B (T_B - T_2)} = 4.19 \times \frac{5.0 \times (31.3 - 15)}{1.0 \times (600 - 31.3)} = 0.5994 \text{ kJ/(kg K)}$$

Ans. 0.599 kJ/(kg K)

4. 体積 10000 m^3 のガスタンク (参考 ; 直径 26.74 m の球形容器) に圧力 0.50 MPa (絶対圧力) で温度 20 の都市ガス (気体) が入っている。この都市ガスの成分が **メタン** (気体定数などはテキスト p. 22) であるとする、タンク内のメタンの質量はいくらか (20)。

(解答)

メタンのガス定数は $R = 518.7\text{ J/(kg K)}$ である。

または、分子量は $M = 16.0313\text{ kg/kmol}$ であるから、

$$R = \frac{R_0}{M} = \frac{8.31447\text{ kJ/(kmol K)}}{16.0313\text{ kg/kmol}} = 0.5186\text{ kJ/(kg K)} = 518.6\text{ J/(kg K)}$$

である。

これを用いて、

$$pV = mRT$$

より

$$m = \frac{pV}{RT} = \frac{0.50 \times 10^6\text{ N/m}^2 \times 10000\text{ m}^3}{518.7\text{ N m/(kg K)} \times 293.15\text{ K}} = 32880\text{ kg}$$

Ans. $32.9 \times 10^3\text{ kg}$

5. シリンダの中の圧力 0.10 MPa, 温度 20 °C の空気をピストンで断熱圧縮して、体積を 1/15 にする。このとき、次の値を求めよ(20)。

(1) 圧縮後の圧力。

(解答)

$$P_1 V_1^\kappa = P_2 V_2^\kappa \quad \text{より、}$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\kappa = 0.10 \times 15^{1.4} \text{ MPa} = 4.431 \text{ MPa}$$

Ans. 4.43 MPa

(2) 圧縮後の温度。

(解答 ; A案)

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

$$T_2 = T_1 \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = 293.15 \text{ K} \times \frac{4.431}{0.1} \times \frac{1}{15} = 865.97 \text{ K}$$

Ans. 866 K (593 °C)

(解答 ; B案)

$$P_1 V_1^{\kappa-1} = P_2 V_2^{\kappa-1} \quad \text{より}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} = 293.15 \text{ K} \times 15^{0.400} = 866.0 \text{ K}$$

Ans. 866 K (593 °C)

(以下なし)