

V I I 気体の性質

【理想気体】

[気体の状態方程式]

$$\underline{PV = nRT} \quad (7.1)$$

[熱容量]

$$\underline{c_p - c_v = nR} \quad (7.2)$$

[内部エネルギー]

$$\underline{\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0} \quad (7.3)$$

[等温可逆過程]

$$\underline{w = -nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1}\right)} \quad (7.4)$$

$$\underline{q = nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1}\right)} \quad (7.5)$$

[断熱可逆過程]

$$\underline{P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma} \quad \left(\gamma \equiv \frac{c_p}{c_v}\right) \quad (7.6)$$

[問7・1] 25 °C, 0.8 atm の空気 (理想気体とする) 10 dm³ が断熱可逆的に 0.47 atm に膨張した。この気体の定容モル熱容量は 20.8 J K⁻¹ mol⁻¹, 定圧モル熱容量は 29.1 J K⁻¹ mol⁻¹ である。膨張後のこの気体の温度を求めよ。《-16.97 °C》

[問7・2] ある4気筒エンジンのシリンダ内径は 86.0 mm, ストローク長は 85.0 mm, 圧縮比 23.0 である。25 °C, 1 atm の空気 (理想気体とする) が断熱的に圧縮されたとき, 最終温度を求めよ。ただしこの混合気体の定容モル熱容量は 20.8 J K⁻¹ mol⁻¹, 定圧モル熱容量は 29.1 J K⁻¹ mol⁻¹ であるとする。

[ヒント: 下死点での容積は 516.2 cm³, 上死点では 22.44 cm³ である。]

《768.7 °C》

[問7・3] 400 K, 10 atm の窒素 (理想気体とする) 2 mol を外界の圧力 5 atm (一定) の下で, 同じ圧力になるまで断熱的に膨張させた (断熱不可逆過程)。窒素の定容モル熱容量が次式で表されるとき, 内部エネルギー, エンタルピー, エントロピーの変化を求めよ。

$$c_v / \text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 18.67 + 0.0059 T$$

《-1.847 kJ, -3.326 kJ, 0 J》

【非理想気体】

[気体の状態方程式]

$$\left(P + \frac{a n^2}{V^2} \right) (V - n b) = n R T \quad (\text{van der Waals}) \quad (7 \cdot 7)$$

$$P V = R T \left(1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \frac{D}{V^3} + \dots \right) \quad (7 \cdot 8)$$

(virial)

$$P = \frac{R T}{V - b} \exp \left(- \frac{a}{R T V} \right) \quad (\text{Dieterici}) \quad (7 \cdot 9)$$

$$\left(P + \frac{a}{T V^2} \right) (V - b) = R T \quad (\text{Berthelot}) \quad (7 \cdot 10)$$

[圧縮係数]

$$z = \frac{P V}{n R T} \quad (7 \cdot 11)$$

[問 7・4] 非理想気体 1 mol についてのつぎの状態方程式から, 1 mol の窒素が 25 °C, 2 dm³ の容器に入れられたときの圧縮係数を求めよ。

$$(a) \left(P + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = R T$$

$$a / \text{dm}^6 \text{ atm} = 1.39, \quad b / \text{dm}^3 = 3.91 \times 10^{-2}$$

$$(b) \left(P + \frac{a}{T V^2} \right) (V - b) = R T$$

$$a / \text{dm}^6 \text{ K} = 169.9, \quad b / \text{dm}^3 = 38.6 \times 10^{-3}$$

$$(c) P V = R T \left\{ 1 + \frac{9}{128} \frac{P}{P_c} \frac{T_c}{T} \left[1 - 6 \left(\frac{T_c}{T} \right)^2 \right] \right\}$$

$$T_c / \text{K} = 126, \quad P_c / \text{atm} = 33.5$$

《0.9915, 1.0197, 0.9992》