

# I I 系と熱力学第 1 法則

## 【系】

[系 (system) と外界 (surroundings) ]

孤立系 (isolated system) , 閉じた系 (closed system) , 開いた系 (open system)

[問 2・1] 孤立系, 閉じた系, 開いた系の例を挙げよ。

## 【熱】

$q$

[熱容量]

$$\underline{c \equiv \frac{dq}{dT}} \quad : \text{熱容量} \quad (2 \cdot 1)$$

比熱容量, モル熱容量

$$\underline{c_v \equiv \left( \frac{\partial q}{\partial T} \right)_V} \quad : \text{定容熱容量} \quad (2 \cdot 2)$$

定容比熱容量, 定容モル熱容量

$$\underline{c_p \equiv \left( \frac{\partial q}{\partial T} \right)_P} \quad : \text{定圧熱容量} \quad (2 \cdot 3)$$

定圧比熱容量, 定圧モル熱容量

[熱]

定容:  $\underline{q = \int_{T_1}^{T_2} c_v dT} \quad (2 \cdot 4)$

定圧:  $\underline{q = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT} \quad (2 \cdot 5)$

[問 2・2] 窒素の定容モル熱容量が  $20.8 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  , 定圧モル熱容量が  $29.1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  であるとき,  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  の窒素  $2 \text{ mol}$  を定容下, および定圧下でそれぞれ  $680 \text{ J}$  の熱を加えたときのおのこの最終温度を求めよ。 《 $41.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $36.7 \text{ }^\circ\text{C}$ 》

[問 2・3] 水素の定圧モル熱容量が

$$c_p / \text{J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 28.36 + 1.70 \times 10^{-3} T$$

で表される ( $T$ は絶対温度) とき, この水素  $3 \text{ mol}$  を  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  から  $1000 \text{ K}$  まで圧力一定で加熱した。加えた熱はどれだけか。 《 $62.037 \text{ kJ}$ 》

**【仕事】** $w$ **[仕事量]**

体積変化による仕事

$$\underline{dw = -PdV} \quad (2.6)$$

 $P$ : 外界の圧力,  $V$ : 系の体積

[問 2.4] 25 °C, 2 atm の窒素 (理想気体,  $PV = nRT$  の式に従う気体) 3 mol を外界の圧力 0.5 atm のもとで, 窒素の圧力が 0.5 atm になるまで膨張させた。系の温度は一定として, 仕事の量を求めよ。 《-5.578 kJ》

[問 2.5] 25 °C, 2 atm の窒素 (理想気体) 3 mol を系の圧力をつねに外界と等しい状態で 0.5 atm まで徐々に圧力を下げた。系の温度は一定として, 仕事の量を求めよ。 《-10.310 kJ》

**【内部エネルギー】** $U$ **【熱力学第 1 法則】**

$$\underline{dU = dq + dw} \quad (2.7)$$

[問 2.6] 25 °C の窒素 (理想気体とする) 10 dm<sup>3</sup> に外界の圧力 1 atm の一定圧力下で, 2080 J の熱を加えたところ, 温度は 473 K になった。仕事量を求めよ。つぎに, 内部エネルギーの変化を求めよ。 《-594 J, 1486 J》

**[熱容量と内部エネルギー]**

$$\underline{c_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V} \quad (2.8)$$

[問 2.7] 定容熱容量の定義式 (2.2) から, 体積一定の下で上式 (2.8) となることを導き出せ。

**[内部エネルギーの温度による変化]**

$$\underline{\Delta U = \int_{T_1}^{T_2} c_v dT} \quad (2.9)$$

[問 2.8] 定容熱容量を与える式 (2.8) から, 上式 (2.9) を導き出せ。

[問 2.9] 25 °C, 1 atm の水素 (理想気体とする) 10 dm<sup>3</sup> を体積一定の下で, 1000 K まで加熱した。内部エネルギーの温度による変化量を求めよ。ただし, 水素の定容モル熱容量は 20.8 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> である。 《5.967 kJ》