

章末問題

3.1

(a) $F = mg = 1.0 \times 9.8 = 9.8 \text{ N}$ (重力が働く)

(b) 位置エネルギー $mgh = 1 \times 9.8 \times 58 = 568.4 \text{ J}$

(c) 568.4 J

(d) 水の熱容量は $4.184 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1} = 4.184 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
8%)

$$568.4 / 4.184 \times 10^3 = 0.136 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ 上昇}$$

3.2

電熱線に発せられる熱量 = (電気エネルギー) $\times$ (時間)

ボルトの単位
 IR は $V = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$

$I^2 R$ は $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$ の単位

$I^2 R t$ は $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{J}$ の単位

$$= I^2 R t$$

$$= (1.34)^2 \times 50 \times 5.62 \times 60$$

$$= 30.3 \times 10^3 \text{ J}$$

このエネルギーでベンゼン 78.12 (1 mol) が蒸発する。

従って 1 mol のベンゼンの蒸発に必要なエネルギーは

$$30.3 \text{ kJ/mol}$$

3.3.

(a) 一定外圧に對して膨張する

$$\text{始りの体積 } V_1 = \frac{RT}{P_1} = 2.27 \text{ L} = 2.27 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{終りの体積 } V_2 = \frac{RT}{P_2} = 56.74 \text{ L} = 56.74 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

従って

$$\Delta U_{\text{mech}} = (0.4 \times 10^5) \times (56.74 \times 10^{-3} - 2.27 \times 10^{-3})$$

$$= 2178.8 = 2180 \text{ J}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

(b) 気体の内部エネルギーは温度だけで決まるので、

$$\Delta T = 0 \text{ の系においては } \Delta U = 0$$

$$(c) \quad \Delta U = -\Delta U_{\text{therm}} - \Delta U_{\text{mech}} \quad \text{より}$$

$$\begin{aligned} \text{熱的周囲から与えられたエネルギー} - \Delta U_{\text{therm}} &= \Delta U_{\text{mech}} \\ &= 2180 \text{ J} \end{aligned}$$

3.4.

可逆膨張の問題 (3.3は不可逆)

“外圧は気体の圧力^{に等しい}常に無限小小さい。” $\Rightarrow$ 一定圧力では無い。

$$\begin{aligned} (a) \quad \Delta U_{\text{mech}} &= \int P \cdot dV = \int \frac{RT}{V} \cdot dV \\ &= RT \ln \frac{V_2}{V_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (P_1 V_1 = P_2 V_2) \\ &= 8.314 \times 273 \times \ln \frac{10}{0.4} \\ &= 7306 \text{ J} \end{aligned}$$

$$(b) \quad \text{等温過程 } T \text{ の } \Delta U = 0$$

$$(c) \quad \Delta U = -\Delta U_{\text{therm}} - \Delta U_{\text{mech}} \quad \text{より}$$

$$\begin{aligned} \text{熱的周囲から与えられたエネルギー} \quad -\Delta U_{\text{therm}} &= \Delta U_{\text{mech}} \\ &= 7306 \text{ J} \end{aligned}$$

3.5

(a) 3.3や3.4の問題からわかるように
最大の仕事をとするのは 等温可逆膨張

$$W = \int P \cdot dV = \int \frac{RT}{V} \cdot dV = RT \ln \frac{V_2}{V_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

$$= 8.314 \times 298 \times \ln \frac{10}{1}$$

$$= 5705 \text{ J}$$

ピストンの摩擦のエネルギー ϵ は

$$\epsilon = P_{\text{fric}} \cdot \Delta V = 0.1 \times 10^5 (V_2 - V_1)$$

$$= 0.1 \times 10^5 \left(\underbrace{\frac{0.08314 \times 298}{1} - \frac{0.08314 \times 298}{10}}_{\text{L 単位}} \right) \times 10^{-3}$$

↑
m³の体積に変換

$$= 223 \text{ J}$$

以上より力学的周囲のエネルギー増加は

$$\Delta U_{\text{mech}} = 5705 - 223 = 5482 \text{ J}$$

(b) (a)と逆過程で圧縮したと考える。

$$\Delta U_{\text{mech}} = -5705 - 223 = -5928 \text{ J}$$

(c) (a)と(b)から

$$\Delta U_{\text{mech}} = 5482 - 5928 = -446 \text{ J}$$

(d) 等温過程 T_0 ので $\Delta U = 0$

(e) $\Delta U_{\text{therm}} = -\Delta U - \Delta U_{\text{mech}} = 0 - (-446) = 446 \text{ J}$

3.6 全 $\Delta U_{\text{mech}} = \Delta U = \Delta U_{\text{therm}} = 0$ とする。

3.7. (a) 500 W のホットプレートで10分間加熱したときのエネルギーは

$$500 \times 10 \times 60 = 3 \times 10^5 \text{ J}$$

これが $-\Delta U_{\text{therm}}$ に等しい。

(b) 1 mol の水が水蒸気になるのに必要なエネルギーは 40670 J

$$3 \times 10^5 / 40670 = 7.376 \text{ mol 水蒸気になる。}$$

(c) 水蒸気を理想気体と考える。

$$100^\circ\text{C} \text{ の水蒸気の体積 (1 mol)} \quad 24.8 \times \left(\frac{373}{298} \right) = 31.0 \text{ L} \\ = 0.0310 \text{ m}^3$$

$$\Delta U_{\text{mech}} = \underbrace{7.376}_{\text{モル数}} \times (1.013 \times 10^5) \times 0.0310 \\ = 2.32 \times 10^4 \text{ J}$$

(e) $\Delta U = -\Delta U_{\text{therm}} - \Delta U_{\text{mech}} = 3 \times 10^5 - 2.32 \times 10^4 \\ = 276.8 \text{ kJ}$