

物理Ⅱ (担当教官 岡本) 平成29年2月6日 (月) 9:50~10:40

- ※指示事項 1. 持込可能物品…筆記用具、電卓 2. 必要な用紙類…この用紙と計算用紙(A4)
3. 与えられた数値や文字を用いた計算式を書くこと。
4. 数値解は有効数字2桁で答えよ。 5. 必要の場合は答えに単位をつけよ。

1. 次の各問いに答えよ。(16点)

- ① 理想気体が外部に $5.2 \times 10^2 \text{ J}$ の熱を放出し、外部から $3.4 \times 10^2 \text{ J}$ の仕事をされた。内部エネルギーの変化 ΔU はいくらか。

5点 $\Delta U = Q + W = -5.2 \times 10^2 + 3.4 \times 10^2 = -1.8 \times 10^2 \text{ J}$

- ② 体積が変化しない容器に 0.40 mol の単原子分子の理想気体を入れ、 $5.0 \times 10^2 \text{ J}$ の熱を加えた。温度変化 ΔT はいくらか。ただし、気体定数を $8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

6点 $\Delta U = Q + W$ $\Delta T = \frac{2Q}{3nR} = \frac{2 \times 5.0 \times 10^2}{3 \times 0.40 \times 8.3} = 100. \dots = 1.0 \times 10^2 \text{ K}$
 $\frac{3}{2} n R \Delta T$

- ③ 圧力 $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積 $8.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ の理想気体を断熱圧縮して、体積を $5.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ にした。圧縮後の気体の圧力 P を求めよ。ただし、この気体はポアソンの法則「 $P \cdot V^{1.7} = \text{一定}$ 」に従うものとする。

5点 $3.0 \times 10^5 \times (8.0 \times 10^{-2})^{1.7} = P \times (5.0 \times 10^{-2})^{1.7}$
 $P = 3.0 \times 10^5 \times \left(\frac{8.0}{5.0}\right)^{1.7} = 6.66 \dots \times 10^5 = 6.7 \times 10^5 \text{ Pa}$

2. 次の各問いに答えよ。(20点)

- ① 0°C の水 200 g を加熱し、完全に融かして 0°C の水にした。この過程におけるエントロピー変化 ΔS を計算せよ。ただし、水の融解熱を $3.3 \times 10^2 \text{ J/g}$ とする。

5点 $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{200 \times 3.3 \times 10^2}{0 + 273} = 241. \dots = 2.4 \times 10^2 \text{ J/K}$

- ② 断面積 0.60 m^2 のなめらかに動くピストンがついたシリンダー内に $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の気体を入れた。圧力一定のもとで気体に $1.3 \times 10^4 \text{ J}$ の熱を加えたところ、気体が膨張してピストンが外向きに $7.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ 移動した。気体がピストンにした仕事 W' と、気体の内部エネルギーの変化量 ΔU を求めよ。

5点 $W' = P \Delta V = 1.0 \times 10^5 \times 0.60 \times 7.0 \times 10^{-2} = 4.2 \times 10^3 \text{ J}$

5点 $\Delta U = Q + W - W' = 1.3 \times 10^4 - 4.2 \times 10^3 = 8.8 \times 10^3 \text{ J}$

- ③ ある熱機関は高温の熱源から $7.5 \times 10^2 \text{ J}$ の熱量を吸収して、低温の熱源に $4.0 \times 10^2 \text{ J}$ の熱量を放出して外部に仕事をした。この熱機関の熱効率 η を求めよ。

5点 $\eta = \frac{W'}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = \frac{(7.5 - 4.0) \times 10^2}{7.5 \times 10^2} = 0.466 \dots = 0.47 (47\%)$

3. 単原子分子の理想気体 0.20 mol の圧力を一定に保ちながら、温度を 300 K から 380 K まで変化させた。気体定数を $8.3 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ として、次の各問いに答えよ。(18点)

- ① 気体が外部にした仕事 W' を求めよ。

6点 $W' = P \Delta V = n R \Delta T = 0.20 \times 8.3 \times (380 - 300) = 132. \dots = 1.3 \times 10^2 \text{ J}$

- ② 気体が吸収した熱 Q を求めよ。

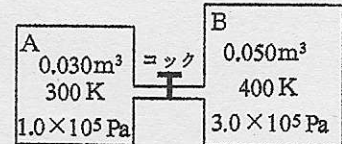
6点 $\Delta U = Q + W$ $Q = \frac{3}{2} \times 0.20 \times 8.3 \times 80 + 132$
 $\frac{3}{2} n R \Delta T$ $- P \Delta V = -W'$ $= 331. \dots = 3.3 \times 10^2 \text{ J}$

- ③ 定圧モル比熱 C_p はいくらか。(問題文中のデータと②の答えを用いて計算すること。)

6点 $C_p = \frac{Q}{n \Delta T} = \frac{331}{0.20 \times 80} = 20.6 \dots = 21 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

() 科 2 年 () 番 氏名 (解答例)

4. 右図のように、体積 0.030 m^3 の容器 A と体積 0.050 m^3 の容器 B がコックのついた細い管でつながれている。初め、容器 A には 300 K 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、また容器 B には 400 K 、圧力 $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の単原子分子の理想気体が封入されている。このコックを開いた後、気体が一樣な状態になったときの圧力 P と絶対温度 T をそれぞれ求めよ。ただし、外部との熱のやりとりは無いものとする。 (10 点)



$$n_A + n_B = n_{\text{全}} \quad (P \cdot V = nRT \rightarrow n = \frac{PV}{RT})$$

$$\frac{1.0 \times 10^5 \times 0.030}{R \times 300} + \frac{3.0 \times 10^5 \times 0.050}{R \times 400} = \frac{P \cdot (0.030 + 0.050)}{R \cdot T}$$

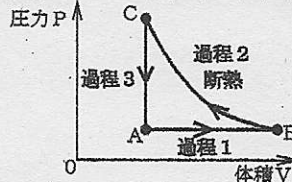
$$U_A + U_B = U_{\text{全}} \quad (U = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} PV)$$

$$\frac{3}{2} \times 1.0 \times 10^5 \times 0.030 + \frac{3}{2} \times 3.0 \times 10^5 \times 0.050 = \frac{3}{2} P (0.030 + 0.050)$$

$$P = 2.25 \times 10^5 = 2.3 \times 10^5 \text{ Pa}, \quad T = 378 \dots = 3.8 \times 10^2 \text{ K}$$

5. 理想気体を容器に入れたところ、下図の状態 A になった。外部と気体の中で熱および仕事のやりとりをして、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ (過程 1: 定圧変化, 過程 2: 断熱変化, 過程 3: 定積変化) と変化させた。下表の各過程における内部エネルギーの変化 ΔU 、熱量 Q 、仕事 W の値が、 $+$ 、 $-$ 、 0 のどれになるか求め、表の空欄に記入せよ (答えだけでよい)。ただし、熱量 Q は吸熱を $+$ 、放熱を $-$ とし、仕事 W は圧縮を $+$ 、膨張を $-$ とする。 (9 点)

1 点 $\times 9$



	過程 1	過程 2	過程 3
ΔU	+	+	-
Q	+	0	-
W	-	+	0

6. $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ 、 2.4 mol の単原子分子理想気体を圧力 $P_1 = 2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積 $V_1 = 3.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ の状態 A で容器に封入し、図のように $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ の順に変化させた。 $P_2 = 4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $V_2 = 9.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ である。気体定数を $8.3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ として、次の各問いに答えよ。 (27 点)

- ① 状態 B、C での温度 T_B 、 T_C をそれぞれ求めよ。

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} = \frac{P_C V_C}{T_C} \quad T_B = 6 T_A = 6 \times 3.0 \times 10^2 = 1.8 \times 10^3 \text{ K}$$

$$T_C = 3 T_A = 3 \times 3.0 \times 10^2 = 9.0 \times 10^2 \text{ K}$$

- ② この 1 サイクルの間に気体が吸収した熱量 Q を求めよ。

7 点 吸熱するのは $A \rightarrow B$

$$\Delta U = Q + W$$

$$\frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$\uparrow$$

$$T_B - T_A$$

$$Q = \frac{3}{2} \times 2.4 \times 8.3 \times (18 - 3.0) \times 10^2$$

$$+ (2.0 + 4.0) \times 10^5 \times (9.0 - 3.0) \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}$$

$$= 4.48 \dots \times 10^4 + 1.8 \times 10^4 = 6.28 \dots \times 10^4$$

$$= 6.3 \times 10^4 \text{ J}$$

- ③ 1 サイクルで気体が外部にした仕事 W' を求めよ。(外部からされた仕事は差し引く)

$$W' = \Delta ABC \text{ の面積} = (4.0 - 2.0) \times 10^5 \times (9.0 - 3.0) \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}$$

$$= 6.0 \times 10^3 \text{ J}$$

- ④ この 1 サイクルの熱効率 η を求めよ。

$$\eta = \frac{W'}{Q} = \frac{6.0 \times 10^3}{6.28 \times 10^4} = 0.0955 \dots = 0.096 \quad (9.6 \times 10^{-2}, 9.6\%)$$

