

物理Ⅱ 確認テスト No.6

平成29年1月30日(月)

※指示事項

1. 答えには必要な場合は単位をつけ、数値解は有効数字2桁で答えよ。
2. 与えられた文字、数値を用いた数式を書くこと。

1. 次の各問いに答えよ。(15点)

- ① 断面積  $0.70 \text{ m}^2$  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  $6.5 \times 10^3 \text{ J}$  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  $4.5 \times 10^{-2} \text{ m}$  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  $\Delta U$  を求めよ。

$$5 \text{ 点 } W' = P \Delta V = 1.0 \times 10^5 \times 0.70 \times 4.5 \times 10^{-2} = 3.15 \times 10^3 = \underline{3.2 \times 10^3 \text{ J}}$$

$$5 \text{ 点 } \Delta U = Q + W = 6.5 \times 10^3 - 3.15 \times 10^3 = 3.35 \times 10^3 = \underline{3.4 \times 10^3 \text{ J}}$$

- ② ある熱機関は高温の熱源から  $8.0 \times 10^2 \text{ J}$  の熱量を吸収して、低温の熱源に  $5.5 \times 10^2 \text{ J}$  の熱量を放出して外部に仕事をした。熱効率  $\eta$  を求めよ。

$$5 \text{ 点 } \eta = \frac{W'}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = \frac{(8.0 - 5.5) \times 10^2}{8.0 \times 10^2} = 0.3125 = \underline{0.31 \text{ (31\%)}}$$

2. 次の各問いに答えよ。(10点)

- ① 圧力  $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$  の気体を断熱圧縮して、体積を  $8.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  から  $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  にした。圧縮後の気体の圧力  $P$  を求めよ。ただし、この気体は圧力を  $P$ 、体積を  $V$  としたときに、ポアソンの法則「 $P \cdot V^{1.7} = \text{一定}$ 」に従うものとする。

$$5 \text{ 点 } 1.5 \times 10^5 \times (8.0 \times 10^{-3})^{1.7} = P \times (3.0 \times 10^{-3})^{1.7} \quad P = 1.5 \times 10^5 \times \left(\frac{8.0}{3.0}\right)^{1.7} \\ = 7.94 \times 10^5 = \underline{7.9 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

- ②  $100^\circ\text{C}$  の水  $200 \text{ g}$  を加熱して  $100^\circ\text{C}$  の水蒸気にした。この過程におけるエントロピー変化  $\Delta S$  を計算せよ。ただし、水の蒸発熱を  $2.3 \times 10^6 \text{ J/g}$  とする。

$$5 \text{ 点 } \Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{200 \times 2.3 \times 10^6}{100 + 273} = 1.23 \times 10^3 = \underline{1.2 \times 10^3 \text{ J/K}}$$

3. なめらかに動くピストンのついたシリンダー内に単原子分子の理想気体を入れた。(18点)

- ① まず、ピストンを固定して外部から  $82 \text{ J}$  の熱量を加えたところ、気体の温度は  $30 \text{ K}$  上がった。シリンダー内の気体の物質量を  $n$ 、気体定数を  $R$  とするとき、 $nR$  の値は何  $\text{J/K}$  か。

$$6 \text{ 点 } \Delta U = Q + W \quad nR = \frac{2Q}{3\Delta T} = \frac{2 \times 82}{3 \times 30} = 1.82 = \underline{1.8 \text{ J/K}}$$

$$\frac{3}{2} nR \Delta T$$

- ② 次に、ピストンが自由に動くようにして外部からある量の熱を加えて等圧変化させたところ、気体の温度は  $20 \text{ K}$  上がった。この定圧変化の間に気体がピストンにした仕事  $W'$  と、気体が吸収した熱量  $Q$  を求めよ。

$$6 \text{ 点 } W' = P \Delta V = nR \Delta T = 1.82 \times 20 = 36.4 = \underline{36 \text{ J}}$$

$$6 \text{ 点 } \Delta U = Q + W \quad Q = \frac{3}{2} \times 1.82 \times 20 + 36.4 = 91 \text{ J}$$

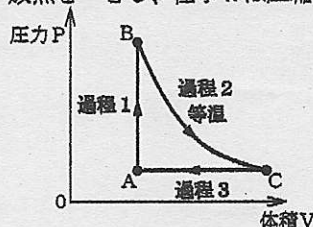
$$\frac{3}{2} nR \Delta T \quad -W'$$

または、 $\Delta U = Q + W$   
 $\frac{3}{2} nR \Delta T \quad -P \Delta V = -nR \Delta T$   
 $Q = \frac{5}{2} nR \Delta T = \dots$

4. 理想気体を容器に入れたところ、下図の状態Aになった。外部と気体の間で熱および仕事のやりとりをして、

A→B→C→A (過程1: 定積変化, 過程2: 等温変化, 過程3: 定圧変化) 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  $\Delta U$ 、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×9



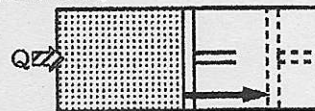
	過程1	過程2	過程3
$\Delta U$	+	0	-
$Q$	+	+	-
$W$	0	-	+

( ) 科 2 年 ( ) 番 氏名 ( 解答例 )

5. 図のようになめらかに動くピストンのついたシリンダー内に、圧力  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度  $350 \text{ K}$  の単原子分子の理想気体を  $2.5 \text{ mol}$  入れた。圧力一定のもとで気体の温度を  $480 \text{ K}$  にすると気体は膨張した。気体定数を  $8.3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$  として、次の各問に答えよ。 (18点)

① 気体が膨張するときにピストンにした仕事  $W'$ 、気体が吸収した熱量  $Q$  をそれぞれ求めよ。

6点  $W' = P_0 V = n R \Delta T = 2.5 \times 8.3 \times (480 - 350)$   
 $= 2.69 \dots \times 10^3 = \underline{2.7 \times 10^3 \text{ J}}$



6点  $\Delta U = Q + W$   $Q = \frac{3}{2} \times 2.5 \times 8.3 \times 130 + 2.69 \times 10^3 = 6.73 \dots \times 10^3$   
 $= \underline{6.7 \times 10^3 \text{ J}}$  (または、3②と同じ様に  $Q = \frac{5}{2} n R \Delta T$ )

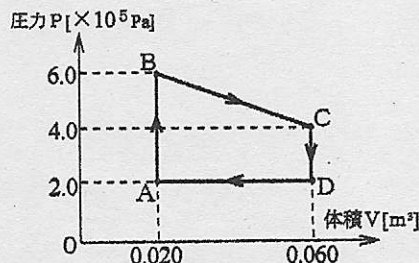
② 気体の定圧モル比熱  $C_p$  を求めよ。(問題文中のデータや①の答えの中で必要なものを用いて計算せよ)

6点  $C_p = \frac{Q}{n \Delta T} = \frac{6.73 \times 10^3}{2.5 \times 130} = 20.7 \dots = \underline{21 \text{ J/mol} \cdot \text{K}}$

6. 温度  $3.0 \times 10^2 \text{ K}$ 、 $1.5 \text{ mol}$  の理想気体の状態を、図のように  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  の順に変化させた。気体定数  $R = 8.3 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ 、定積モル比熱  $C_v$  と定圧モル比熱  $C_p$  は  $C_v = \frac{3}{2} R$ 、 $C_p = \frac{5}{2} R$  とする。 (30点)

① 状態 B, C, D での温度  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  をそれぞれ求めよ。

4点  $\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} = \frac{P_C V_C}{T_C} = \frac{P_D V_D}{T_D}$   
 $T_B = 3 T_A = 3 \times 3.0 \times 10^2 = \underline{9.0 \times 10^2 \text{ K}}$   
 $T_C = 6 T_A = 6 \times 3.0 \times 10^2 = \underline{1.8 \times 10^3 \text{ K}}$   
 $T_D = 3 T_A = 3 \times 3.0 \times 10^2 = \underline{9.0 \times 10^2 \text{ K}}$



② この1サイクルの間に気体が外部から吸収した熱量  $Q$  を求めよ。

7点  $A \rightarrow B$   $\Delta U = Q + W$   $Q_{AB} = 1.5 \times \frac{3}{2} \times 8.3 \times (9.0 - 3.0) \times 10^2$   
 $= 1.12 \dots \times 10^4$   
 $B \rightarrow C$   $\Delta U = Q + W$   $Q_{BC} = 1.5 \times \frac{3}{2} \times 8.3 \times (18 - 9.0) \times 10^2$   
 $+ (4.0 + 6.0) \times 10^5 \times (0.060 - 0.020) \times \frac{1}{2}$   
 $= 1.68 \dots \times 10^4 + 2.00 \times 10^4 = 3.68 \dots \times 10^4$   
 $Q = Q_{AB} + Q_{BC} = (1.12 + 3.68) \times 10^4 = \underline{4.80 \times 10^4 \text{ J}}$

③ この1サイクルの間に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)

6点  $W' = ABCD \text{ の面積} = (2.0 + 4.0) \times 10^5 \times (0.060 - 0.020) \times \frac{1}{2} = \underline{1.2 \times 10^4 \text{ J}}$

④ このサイクルの熱効率  $\eta$  を求めよ。

5点  $\eta = \frac{W'}{Q_H} = \frac{1.2 \times 10^4}{4.8 \times 10^4} = \underline{0.25 \text{ (25\%)}}$