本科１期６月度

**解答**

Ｚ会東大進学教室

# 難関大物理／難関大物理Ｔ

# ８章　熱量保存／理想気体

## 問題

### ■演習

**【1】**

**《解答》**

(1) $\boxed{\text{ア}}$　1s あたりに 600J の熱量を与えるヒーターで時刻 12.0s から 124.0s まで熱量を加えたから

$$600 \times (124.0 - 12.0) = \underline{6.72} \times 10^4$$

$\boxed{\text{イ}}$　200g の氷が**ア**の熱量によって水になったから

$$\frac{6.72 \times 10^4}{200} = 336 = \underline{3.36} \times 10^2$$

(2) $\boxed{\text{ウ}}$　1s あたりに 600J の熱量を与えるヒーターで時刻 124.0s から 199.0s まで熱量を加えたから

$$600 \times (199.0 - 124.0) = \underline{4.50} \times 10^4$$

$\boxed{\text{エ}}$　容器の熱容量を $C$ [J/K] とすると，水と容器が得た熱量が**ウ**の熱量なので

$$(4.20 \times 200 + C) \times (50.0 - 0) = 4.50 \times 10^4 \qquad \therefore \quad C = \underline{60.0}$$

(3) $\boxed{\text{オ}}$　氷の比熱を $c$ [J/g・K] とすると，氷と容器が得た熱量は

$$(c \times 200 + 60.0) \times \{0 - (-15.0)\} = 600 \times (12.0 - 0) \qquad \therefore \quad c = \underline{2.10}$$

(4) $\boxed{\text{カ}}$　金属の比熱を $c'$ [J/g・K] とすると，水と容器が失った熱量と金属が得た熱量が等しいから（熱量保存）

$$(4.20 \times 200 + 60.0) \times (50.0 - 47.7) = c' \times 90.0 \times \{47.7 - (-10.0)\}$$
$$\therefore \quad c' \fallingdotseq \underline{0.399}$$

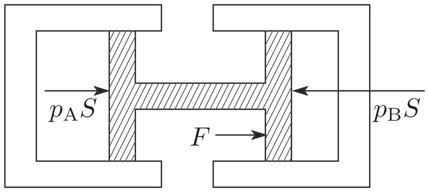
$\boxed{\text{キ}}$　金属が得た熱量は水と容器が失った熱量に等しいから

$$(4.20 \times 200 + 60.0) \times (50.0 - 47.7) = \underline{2.07} \times 10^3$$

【2】

《解答》

(1) A，B の気体の圧力を $p_{\mathrm{A}}[\mathrm{N/m^2}]$，$p_{\mathrm{B}}[\mathrm{N/m^2}]$ とする．ピストンに働く力のつり合いより




$$0 = p_{\mathrm{A}}S + F - p_{\mathrm{B}}S \quad \cdots ①$$

一方，状態方程式は

$$\mathrm{A}: \quad p_{\mathrm{A}}(L+d)S = nRT \quad \cdots ②$$

$$\mathrm{B}: \quad p_{\mathrm{B}}(L-d)S = nRT \quad \cdots ③$$

①，②，③より

$$F = \underline{\frac{2dnRT}{L^2 - d^2}}$$

(2) A，B の気体の圧力を $p[\mathrm{N/m^2}]$ とする．状態方程式は

$$\mathrm{A}: \quad p(L+x)S = nR \cdot 2T \quad \cdots ④$$

$$\mathrm{B}: \quad p(L-x)S = nRT \quad \cdots ⑤$$

④，⑤より

$$x = \underline{\frac{1}{3}L}$$

## 添削課題

**《解答》**

I (1) 求める温度を $t\,[^\circ\mathrm{C}]$ とおくと, 熱量保存より

[水と熱量計が失った熱量] = [氷が得た熱量]

= [0°C の氷がすべてとけて 0°C の水になるまでに得た熱量]

+ [0°C の水が $t\,[^\circ\mathrm{C}]$ の水になるまでに得た熱量]

$$(4.2\times 300+42)\times(18-t)=334\times 50+4.2\times 50\times(t-0)$$

$$\therefore\quad t \fallingdotseq \underline{4.5(^\circ\mathrm{C})}$$

(2) 求める質量を $m\,[\mathrm{g}]$ とおくと, 熱量保存より

[水と熱量計が 0°C になるまでに失った熱量] = [氷が得た熱量]

= [0°C の氷 $(100-m)\,[\mathrm{g}]$ がとけるまでに得た熱量]

$$(4.2\times 300+42)\times(18-0)=334\times(100-m)$$

$$\therefore\quad m \fallingdotseq \underline{30(\mathrm{g})}$$

II (1) A と B は細い管でつながれていて圧力が等しいので, 圧力を $p[\mathrm{N/m^2}]$, A, B 内の気体の物質量をそれぞれ $n_\mathrm{A}[\mathrm{mol}]$, $n_\mathrm{B}[\mathrm{mol}]$ とおくと, A, B の状態方程式より

$$\mathrm{A}:pV=n_\mathrm{A}RT\qquad\therefore\quad n_\mathrm{A}=\frac{pV}{RT}\quad\cdots①$$

$$\mathrm{B}:p(2V)=n_\mathrm{B}RT\qquad\therefore\quad n_\mathrm{B}=\frac{2pV}{RT}\quad\cdots②$$

$n_\mathrm{A}+n_\mathrm{B}=n$ に①と②を代入して $\quad\dfrac{pV}{RT}+\dfrac{2pV}{RT}=n\qquad\therefore\quad p=\underline{\dfrac{nRT}{3V}}$

(2)

$$\mathrm{A}:\underline{PV=xR(3T)}\quad\cdots③$$

$$\mathrm{B}:\underline{P(2V)=(n-x)RT}\quad\cdots④$$

(3) ④÷③より $\quad 2=\dfrac{n-x}{3x}\qquad\therefore\quad x=\underline{\dfrac{1}{7}n}$

②÷①から得られる $n_\mathrm{B}=2n_\mathrm{A}$ を $n_\mathrm{A}+n_\mathrm{B}=n$ に代入すると $\quad n_\mathrm{A}=\dfrac{1}{3}n$

よって, A から B へ移動した気体の物質量は $\quad\dfrac{1}{3}n-\dfrac{1}{7}n=\underline{\dfrac{4}{21}n}$

(4) ③より $\quad PV=\dfrac{1}{7}nR(3T)\qquad\therefore\quad P=\underline{\dfrac{3nRT}{7V}}$

**配点**

I (1) 20 点　(2) 15 点　II (1) 15 点　(2) 各 10 点　(3) 各 10 点　(4) 10 点

# ９章　熱力学第一法則

## 問題

■演習

【１】

《解答》

$\boxed{\text{ア}}$　[分子の運動量の変化量]=[分子が壁 A から受けた力積] より

$$m(-v_x) - mv_x = -2mv_x$$

よって，[分子が壁 A に及ぼす力積の大きさ]= $|-(-2mv_x)| = \underline{2mv_x}$

$\boxed{\text{イ}}$　$t$ 秒間に分子は距離 $v_xt$ 進み，$2L$ 進むごとに壁 A と 1 回衝突するから　$\underline{\dfrac{v_xt}{2L}}$

$\boxed{\text{ウ}}$　[$t$ 秒間に分子が壁 A に及ぼす力積の大きさ]$= 2mv_x \times \dfrac{v_xt}{2L} = \dfrac{m{v_x}^2t}{L}$

つまり，分子が壁 A に及ぼす力の大きさを $F$ とすると

$$Ft = \frac{m{v_x}^2t}{L} \qquad \therefore \quad F = \frac{m{v_x}^2}{L}$$

よって，分子が壁 A に及ぼす圧力は

$$\frac{F}{L^2} = \underline{\frac{m{v_x}^2}{L^3}}$$

$\boxed{\text{エ}}$　$\overline{{v_x}^2} = \overline{{v_y}^2} = \overline{{v_z}^2}$，　$\overline{v^2} = \overline{{v_x}^2} + \overline{{v_y}^2} + \overline{{v_z}^2}$ より

$$\overline{{v_x}^2} = \overline{{v_y}^2} = \overline{{v_z}^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$$

よって，$N$[個] の分子が壁 A に及ぼす圧力は

$$p = \frac{m\overline{{v_x}^2}}{L^3} \times N = \underline{\frac{Nm\overline{v^2}}{3L^3}}$$

$\boxed{\text{オ}}$　$p = \dfrac{Nm\overline{v^2}}{3L^3}$ より $m\overline{v^2} = \dfrac{3pL^3}{N}$ が成り立つ．また，状態方程式 $pV = nRT$，および $V = L^3$ の関係を用いて

$$\frac{1}{2}m\overline{v^2} = \underline{\frac{3nRT}{2N}}$$

$\boxed{\text{カ}}$　気体の内部エネルギーは気体分子のエネルギーの総和であるから

$$\frac{1}{2}m\overline{v^2} \times N = \underline{\frac{3}{2}nRT}$$

【2】

《解答》

$\boxed{\text{ア}}$ 求める圧力を $p_0$ とすると，板に働く力のつり合いより，上向きを正として

$$p_0S + (-M_0g) = 0 \qquad \therefore \quad p_0 = \underline{\frac{M_0g}{S}}$$

$\boxed{\text{イ}}$ 求める絶対温度を $T_0$ とすると，状態方程式より

$$p_0 \cdot SH = 1 \cdot RT_0 \qquad \therefore \quad T_0 = \frac{p_0SH}{R} = \underline{\frac{M_0gH}{R}}$$

$\boxed{\text{ウ}}$ 求める圧力を $p_1$ とすると，板に働く力のつり合いより，上向きを正として

$$p_1S - (M_0 + M_1)g = 0 \qquad \therefore \quad p_1 = \underline{\frac{(M_0 + M_1)g}{S}}$$

$\boxed{\text{エ}}$ 求める内部エネルギーの増加量を $\varDelta U$ とすると，$\varDelta U = \dfrac{3}{2}nR\varDelta T = \dfrac{3}{2}\varDelta(pV)$ であるから

$$\begin{aligned}\varDelta U = \frac{3}{2}\{p_1S(H-h) - p_0SH\} &= \frac{3}{2}\{(M_0+M_1)g(H-h) - M_0gH\} \\ &= \underline{\frac{3}{2}\{M_1(H-h) - M_0h\}g}\end{aligned}$$

$\boxed{\text{オ}}$ 求める仕事を $W$ とすると，圧力が一定なので

$$W = p_1Sh = \underline{(M_0 + M_1)gh}$$

$\boxed{\text{カ}}$ 求める内部エネルギーの増加量を $\varDelta U_1$ とすると

$$\varDelta U_1 = \frac{3}{2}\{p_1SH - p_1S(H-h)\} = \frac{3}{2}p_1Sh = \underline{\frac{3}{2}(M_0 + M_1)gh}$$

$\boxed{\text{キ}}$ 熱力学第一法則より，求める熱量を $Q$ とすると

$$Q = \varDelta U_1 + W = \frac{3}{2}(M_0+M_1)gh + (M_0+M_1)gh = \underline{\frac{5}{2}(M_0+M_1)gh}$$

## 添削課題

**《解答》**

(1) ピストンが動き始めるときは止め具から受ける垂直抗力の大きさが0となるので，水に働く力のつり合いより

$$p_1S + (-p_0S) + (-Sb\rho g) = 0 \qquad \therefore \quad p_1 = \underline{p_0 + b\rho g}$$

また，ボイル・シャルルの法則より

$$\frac{p_0Sa}{T_0} = \frac{p_1Sa}{T_1} \qquad \therefore \quad T_1 = \frac{p_1}{p_0}T_0 = \underline{\frac{p_0 + b\rho g}{p_0}T_0}$$

(2) ピストンが動き始めたときから水の表面がCに達したときまでは圧力一定であるから，状態1のときの容器内の気体の体積を $V_1$，状態2のときの容器内の気体の体積を $V_2$ とすると，シャルルの法則より

$$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2}$$

$$\therefore \quad T_2 = \frac{V_2}{V_1}T_1 = \frac{a+c}{a} \times \frac{p_0 + b\rho g}{p_0}T_0 = \underline{\frac{(a+c)(p_0 + b\rho g)}{ap_0}T_0}$$

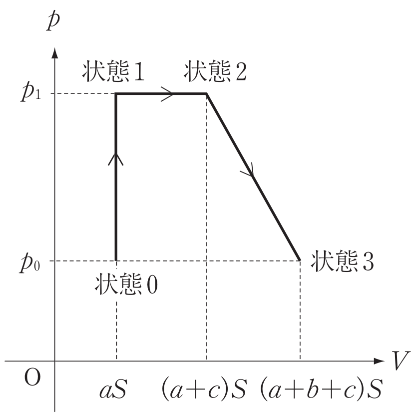
ピストンがCに達したときの圧力を $p_3$，容器内の気体の体積を $V_3$ とすると，ボイル・シャルルの法則より

$$\frac{p_1V_2}{T_2} = \frac{p_3V_3}{T_3}$$

ピストンがCに達したとき，水は容器の外にあふれ出ることから，$p_3 = p_0$ より

$$\therefore \quad T_3 = \frac{p_3V_3}{p_1V_2}T_2 = \frac{p_0(a+b+c)S}{(p_0 + b\rho g)(a+c)S} \times \frac{(a+c)(p_0 + b\rho g)T_0}{ap_0} = \underline{\frac{a+b+c}{a}T_0}$$

(3)



(4) ①

(i) $W_{01} = \underline{0}$

(ii) $W_{12} = p_1 cS = \underline{(p_0 + b\rho g)cS}$

(iii) $W_{23} = (p_0 + p_1) \times bS \times \dfrac{1}{2} = \underline{\left(p_0 + \dfrac{b\rho g}{2}\right) bS}$

② $\varDelta U = \dfrac{3}{2} nR\varDelta T = \dfrac{3}{2}\varDelta(pV) = \underline{\dfrac{3}{2} p_0(b+c)S}$

③

$$\begin{aligned} Q &= \varDelta U + W_{01} + W_{12} + W_{23} \\ &= \frac{3}{2}p_0(b+c)S + (p_0 + b\rho g)cS + \left(p_0 + \frac{b\rho g}{2}\right) bS \\ &= \underline{\frac{S}{2}\left\{5(b+c)p_0 + b(b+2c)\rho g\right\}} \end{aligned}$$

**配点**

(1) 各 10 点　(2) 各 10 点　(3) 20 点

(4) ① 各 8 点　② 8 点　③ 8 点

# １０章　熱サイクル

## 問題

### ■演習

【1】

《解答》

(1) 状態 A の圧力を $p_{\mathrm{A}}$ [Pa]，状態 B の温度 $T_{\mathrm{B}}$ [K] とすると，ボイル・シャルルの法則より

$$\frac{p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}}}{T_{\mathrm{A}}} = \frac{3p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}}}{T_{\mathrm{B}}} \qquad \therefore \quad T_{\mathrm{B}} = \underline{3T_{\mathrm{A}}}$$

(2) 体積の変化量が 0 なので，$W_1 = \underline{0}$

$$\Delta U_1 = \frac{3}{2}nR(3T_{\mathrm{A}} - T_{\mathrm{A}}) = \underline{3nRT_{\mathrm{A}}}$$

熱力学第一法則より

$$Q_1 = \Delta U_1 + W_1 = 3nRT_{\mathrm{A}} + 0 = \underline{3nRT_{\mathrm{A}}}$$

**■別解**　単原子分子理想気体の定積モル比熱を $C_V$ [J/mol・K]，温度の変化量を $\Delta T_1$[K] とすると

$$Q_1 = nC_V\Delta T_1 = n \cdot \frac{3}{2}R \cdot (3T_{\mathrm{A}} - T_{\mathrm{A}}) = \underline{3nRT_{\mathrm{A}}}$$

(3) 状態 C の体積を $V_{\mathrm{C}}$ [m$^3$] とすると，等温変化であるからボイルの法則より

$$3pV_{\mathrm{A}} = pV_{\mathrm{C}} \qquad \therefore \quad V_{\mathrm{C}} = \underline{3V_{\mathrm{A}}}$$

(4) 等温変化であるから，温度の変化量が 0 より，内部エネルギーの増加量を $\Delta U_2$[J] とすると

$$\Delta U_2 = \frac{3}{2}nR \cdot 0 = \underline{0}$$

熱力学第一法則より，気体に与えた熱量を $Q_2$[J] とすると

$$Q_2 = \Delta U_2 + W_2 = 0 + W_2 = \underline{W_2}$$

(5) 状態 A において状態方程式より

$$p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}} = nRT_{\mathrm{A}} \qquad \therefore \quad p_{\mathrm{A}} = \frac{nRT_{\mathrm{A}}}{V_{\mathrm{A}}}$$

定圧変化であるから，気体が外部からされた仕事を $-W_3$[J] とすると

$$-W_3 = -p_{\mathrm{A}}(V_{\mathrm{A}} - V_{\mathrm{C}}) = -\frac{nRT_{\mathrm{A}}}{V_{\mathrm{A}}}(V_{\mathrm{A}} - 3V_{\mathrm{A}}) = \underline{2nRT_{\mathrm{A}}}$$

内部エネルギーの減少量を $-\mathit{\Delta} U_3$[J] とすると

$$-\mathit{\Delta} U_3 = -\frac{3}{2}nR(T_{\mathrm{A}} - 3T_{\mathrm{A}}) = \underline{3nRT_{\mathrm{A}}}$$

熱力学第一法則より，気体から奪った熱量を $-Q_3$[J] とすると

$$-Q_3 = (-\mathit{\Delta} U_3) + (-W_3) = 3nRT_{\mathrm{A}} + 2nRT_{\mathrm{A}} = \underline{5nRT_{\mathrm{A}}}$$

**■別解**　単原子分子理想気体の定圧モル比熱を $C_p$[J/mol・K]，温度の変化量を $\mathit{\Delta} T_2$[K] とすると

$$-Q_3 = -nC_p\mathit{\Delta} T_2 = -n \cdot \frac{5}{2}R \cdot (T_{\mathrm{A}} - 3T_{\mathrm{A}}) = \underline{5nRT_{\mathrm{A}}}$$

(6) 求める仕事を $W$ [J] とすると，

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 0 + W_2 + (-2nRT_{\mathrm{A}}) = \underline{W_2 - 2nRT_{\mathrm{A}}}$$

熱効率を $\eta$ とすると

$$\eta = \frac{W}{Q_1 + Q_2} = \underline{\frac{W_2 - 2nRT_{\mathrm{A}}}{3nRT_{\mathrm{A}} + W_2}}$$

## 【2】

**《解答》**

(1) $\boxed{\text{　ア　}}$ A→B は断熱変化であるから $pV^\gamma$ =[一定]，また，気体が 1mol であることと，状態方程式より

$$pV^\gamma = \frac{RT}{V}\cdot V^\gamma = RTV^{\gamma-1} = [\text{一定}] \quad \text{つまり，} TV^{\gamma-1} = [\text{一定}] \quad \text{であるから，}$$

状態 A，B における気体の絶対温度をそれぞれ $T_\mathrm{A}$[K]，$T_\mathrm{B}$[K] とすると

$$T_\mathrm{A}{V_\mathrm{A}}^{\gamma-1} = T_\mathrm{B}{V_\mathrm{B}}^{\gamma-1} \qquad \therefore \quad T_\mathrm{B} = \underline{\left(\frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{B}}\right)^{\gamma-1}} T_\mathrm{A}$$

$\boxed{\text{　イ　}}$ [気体の内部エネルギー] = [気体分子の運動エネルギーの総和] であるから

$$U = C_V T = \frac{1}{2}m\overline{v^2}\times N \qquad \therefore \quad T \propto \overline{v^2}$$

$k$ を比例定数として，$T = k\overline{v^2}$ とおけるから，状態 A，B における気体分子の速さの二乗平均をそれぞれ $\overline{{v_\mathrm{A}}^2}$[m/s]，$\overline{{v_\mathrm{B}}^2}$[m/s] とすると

$$\overline{{v_\mathrm{B}}^2} = \left(\frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{B}}\right)^{\gamma-1}\overline{{v_\mathrm{A}}^2} \qquad \therefore \quad \sqrt{\overline{{v_\mathrm{B}}^2}} = \underline{\left(\frac{V_\mathrm{A}}{V_\mathrm{B}}\right)^{\frac{\gamma-1}{2}}}\sqrt{\overline{{v_\mathrm{A}}^2}}$$

(2) $\boxed{\text{　ウ　}}$ B，C の状態方程式より，状態 C における気体の絶対温度を $T_\mathrm{C}$[K] とすると

$$T_\mathrm{B} = \frac{p_\mathrm{B}V_\mathrm{B}}{R}, \qquad T_\mathrm{C} = \frac{p_\mathrm{B}V_\mathrm{C}}{R}$$

温度の変化量を $\varDelta T$[K] とすると，内部エネルギーの変化量 $\varDelta U = C_V\varDelta T$ であるから，求める内部エネルギーの増加量を $\varDelta U_\mathrm{BC}$[J] とすると

$$\begin{aligned}\varDelta U_\mathrm{BC} &= C_V(T_\mathrm{C} - T_\mathrm{B})\\ &= C_V\left(\frac{p_\mathrm{B}V_\mathrm{C}}{R} - \frac{p_\mathrm{B}V_\mathrm{B}}{R}\right) = p_\mathrm{B}\times\underline{\frac{C_V(V_\mathrm{C}-V_\mathrm{B})}{R}}\end{aligned}$$

$\boxed{\text{　エ　}}$ B→C は定圧変化であるから，このとき気体がピストンにした仕事量を $W_\mathrm{BC}$[J] とすると

$$W_\mathrm{BC} = p_\mathrm{B}\times\underline{(V_\mathrm{C} - V_\mathrm{B})}$$

$\boxed{\text{オ}}$ 気体が H から供給された熱量を $Q_{\mathrm{BC}}$[J] とすると，熱力学第 1 法則より

$$Q_{\mathrm{BC}} = \mathit{\Delta} U_{\mathrm{BC}} + W_{\mathrm{BC}}$$
$$= \frac{p_{\mathrm{B}} C_V (V_{\mathrm{C}} - V_{\mathrm{B}})}{R} + p_{\mathrm{B}}(V_{\mathrm{C}} - V_{\mathrm{B}}) = \frac{C_V + R}{R} p_{\mathrm{B}}(V_{\mathrm{C}} - V_{\mathrm{B}}) = p_{\mathrm{B}} \times \underline{\frac{C_p}{R}(V_{\mathrm{C}} - V_{\mathrm{B}})}$$

(3) $\boxed{\text{カ}}$ C→D は断熱変化であるから $pV^{\gamma}$ =[一定] より，状態 D における気体の圧力を $p_{\mathrm{D}}$[Pa] とすると

$$p_{\mathrm{C}} {V_{\mathrm{C}}}^{\gamma} = p_{\mathrm{D}} {V_{\mathrm{D}}}^{\gamma} \qquad \therefore \quad \frac{p_{\mathrm{D}}}{p_{\mathrm{C}}} = \underline{\left(\frac{V_{\mathrm{C}}}{V_{\mathrm{D}}}\right)^{\gamma}}$$

(4) $\boxed{\text{キ}}$ D→A は定積変化であるから，このときの仕事 $W_{\mathrm{DA}} = 0$ であることと，A，D の状態方程式より，状態 D における気体の絶対温度を $T_{\mathrm{D}}$[K] とすると

$$T_{\mathrm{A}} = \frac{p_{\mathrm{A}} V_{\mathrm{A}}}{R}, \qquad T_{\mathrm{D}} = \frac{p_{\mathrm{D}} V_{\mathrm{A}}}{R}$$

よって，求めるのは気体が放出した熱量 $-Q_{\mathrm{DA}}$[J] であるから，内部エネルギーの増加量を $\mathit{\Delta} U_{\mathrm{DA}}$[J] とすると

$$-Q_{\mathrm{DA}} = -(\mathit{\Delta} U_{\mathrm{DA}} + W_{\mathrm{DA}}) = -\mathit{\Delta} U_{\mathrm{DA}}$$
$$= -C_V (T_{\mathrm{A}} - T_{\mathrm{D}}) = -C_V \left(\frac{p_{\mathrm{A}} V_{\mathrm{A}}}{R} - \frac{p_{\mathrm{D}} V_{\mathrm{A}}}{R}\right) = (p_{\mathrm{D}} - p_{\mathrm{A}}) \times \underline{\frac{C_V V_{\mathrm{A}}}{R}}$$

## 添削課題

**《解答》**

$\boxed{1}$ ボイル・シャルルの法則より

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{2p_A V_A}{T_B} \qquad \therefore \quad T_B = \underline{2}\,T_A$$

$\boxed{2}$ A→B は定積変化であるから

$$Q_1 = 1 \times \frac{3}{2}R \times (T_B - T_A) = \frac{3}{2}R(2T_A - T_A) = \underline{\frac{3}{2}}RT_A$$

$\boxed{3}$ 体積の変化量が 0 より　$W_1 = \underline{0}$

$\boxed{4}$ 熱力学第一法則より

$$Q_1 = \Delta U_1 + W_1 = \Delta U_1 \qquad \therefore \quad \Delta U_1 = \underline{\frac{3}{2}}RT_A$$

$\boxed{5}$ ボイル・シャルルの法則より

$$\frac{2p_A V_A}{T_B} = \frac{2p_A \cdot 2V_A}{T_C} \qquad \therefore \quad T_C = \underline{2}\,T_B$$

$\boxed{6}$ B→C は定圧変化であるから

$$Q_2 = 1 \times \frac{5}{2}R \times (T_C - T_B) = \frac{5}{2}R(2T_B - T_B) = \underline{\frac{5}{2}}RT_B$$

$\boxed{7}$ $p - V$ グラフの BCFGB で囲まれる部分の面積が気体が外部にした仕事であるから

$$W_2 = 2p_A(2V_A - V_A) = 2p_A V_A$$

また，B における状態方程式より　$2p_A V_A = 1 \times RT_B \qquad \therefore \quad W_2 = \underline{R}T_B$

$\boxed{8}$ 熱力学第一法則より

$$Q_2 = \Delta U_2 + W_2 \qquad \therefore \quad \Delta U_2 = Q_2 - W_2 = \frac{5}{2}RT_B - RT_B = \underline{\frac{3}{2}}RT_B$$

$\boxed{9}$ <u>CDEFC</u>

$\boxed{10}$ 温度の変化量が 0 より　$\Delta U_3 = \underline{0}$

$\boxed{11}$ 熱力学第一法則より

$$Q_3 = \Delta U_3 + W_3 = \underline{1}W_3$$

**配点**

(3)(10) 5 点　　その他　各 10 点

P3T

難関大物理／難関大物理 T

Z-KAI

| 会員番号 | |
|---|---|

| 氏　名 | |
|---|---|