令和８年度　前期日程

「物理」解答例

第１問

問１

小物体に対する力のつり合い式は

$m_1 a = m_1\ g\ \sin\theta$

となる。よって，$a = g\ \sin\theta$

である。

問２

$v = at$，より $t = v/a = v/\ g\ \sin\theta$

問３

$L = \frac{1}{2}at^2$ より $L = \frac{1}{2}\ g\sin\theta\ (\frac{v}{g\sin\theta})^2 = \frac{1}{2}\frac{v^2}{g\sin\theta}$

問４

運動方程式は，

$m_2 a' = m_2\ g\ \sin\theta - \mu' m_2\ g\ \cos\theta$

よって，質量 m_2 で除して

$a' = g\ \sin\theta - \mu' g\ \cos\theta$

問５

$v = a't'$，より $t' = v/a' = v/(\ g\ \sin\theta - \mu' g\ \cos\theta)$，$L' = \frac{1}{2}a't'^2$

より

$L' = \frac{1}{2}(g\ \sin\theta - \mu' g\ \cos\theta)\ v^2\ /\ (g\sin\theta - \mu' g\cos\theta)^2 = \frac{1}{2}\ v^2\ /\ (g\ \sin\theta - \mu' g\ \cos\theta)$

よって，L/L' は，

$L/L' = = \frac{1}{2}\frac{v^2}{g\sin\theta} / \{\frac{1}{2}\ v^2\ /\ (g\ \sin\theta - \mu' g\ \cos\theta)\} = (g\ \sin\theta - \mu' g\ \cos\theta)/\ g\sin\theta$

$= (\sin\theta - \mu'\cos\theta)/\sin\theta$

第２問

問１
状態 B の圧力を p_{B}〔Pa〕, 体積を V_{B}〔m^3〕とする。ボイル・シャルルの法則から，次の関係が成り立つ。

$$\frac{p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}}}{T_{\mathrm{A}}}=\frac{p_{\mathrm{B}}V_{\mathrm{B}}}{T_{\mathrm{B}}} \qquad \cdots(1)$$

図より，$p_{\mathrm{B}}=3p_{\mathrm{A}}$，$V_{\mathrm{B}}=V_{\mathrm{A}}$ であるので，これらを代入すると式(1)は次のようになる。

$$\frac{p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}}}{T_{\mathrm{A}}}=\frac{3p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}}}{T_{\mathrm{B}}}$$

$$T_{\mathrm{B}}=3T_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(2)$$

解答：　$T_{\mathrm{B}}=3T_{\mathrm{A}}$　〔K〕

問２
図より，A→B の過程は定積変化である。よって次式を用いることができる。

$$Q_{\mathrm{AB}}=nC_V(T_{\mathrm{B}}-T_{\mathrm{A}}) \qquad \cdots(3)$$

ここで C_V〔J/（mol・K)〕は単原子分子理想気体の定積モル比熱であり，気体定数を用いて次のように表される。

$$C_V=\frac{3}{2}R \qquad \cdots(4)$$

式(3)に式(2)，(4)を代入すると，熱量 Q_{AB}〔J〕は次のように表される。

$$Q_{\mathrm{AB}}=n\left(\frac{3}{2}R\right)(3T_{\mathrm{A}}-T_{\mathrm{A}})=3nRT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(5)$$

解答：　$Q_{\mathrm{AB}}=3nRT_{\mathrm{A}}$　〔J〕

問３
図より，B→C の過程は定圧変化である。シャルルの法則より，次の関係が成り立つ。

$$\frac{V_{\mathrm{B}}}{T_{\mathrm{B}}}=\frac{V_{\mathrm{C}}}{T_{\mathrm{C}}} \qquad \cdots(6)$$

図より，$V_{\mathrm{C}}=aV_{\mathrm{A}}$ であるから，これと式(2)を式(6)に代入すると次のようになる。

$$\frac{V_{\mathrm{A}}}{3T_{\mathrm{A}}}=\frac{aV_{\mathrm{A}}}{T_{\mathrm{C}}}$$

$$T_{\mathrm{C}} = 3aT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(7)$$

定圧モル比熱の式から，次式が成り立つ。

$$Q_{\mathrm{BC}} = nC_p(T_{\mathrm{C}} - T_{\mathrm{B}}) \qquad \cdots(8)$$

ここで C_p 〔J/（mol・K)〕 は単原子分子理想気体の定圧モル比熱であり，気体定数を用いて次のように表される。

$$C_p = \frac{5}{2}R \qquad \cdots(9)$$

式(8)に式(2)，(7)，(9)を代入すると，熱量 Q_{BC}〔J〕は次式で表される。

$$Q_{\mathrm{BC}} = n\left(\frac{5}{2}R\right)(3aT_{\mathrm{A}} - 3T_{\mathrm{A}}) = \frac{15}{2}(a-1)nRT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(10)$$

解答： $Q_{\mathrm{BC}} = \frac{15}{2}(a-1)nRT_{\mathrm{A}}$ 〔J〕

問４

図より，B→C の過程は定圧変化であることから，気体が外部にした仕事 W_{BC}〔J〕は次式で表される。

$$W_{\mathrm{BC}} = p_{\mathrm{B}}(V_{\mathrm{C}} - V_{\mathrm{B}}) \qquad \cdots(11)$$

図より， $p_{\mathrm{B}} = 3p_{\mathrm{A}}$，$V_{\mathrm{C}} = aV_{\mathrm{A}}$ であるから，これらを式(11)に代入すると次のようになる。

$$W_{\mathrm{BC}} = 3p_{\mathrm{A}}(aV_{\mathrm{A}} - V_{\mathrm{A}}) = 3p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}}(a-1) \qquad \cdots(12)$$

理想気体の状態方程式より，$p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}}$ は次式で表される。

$$p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}} = nRT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(13)$$

式(12)に式(13)を代入すると，仕事 W_{BC}〔J〕は次式で表される。

$$W_{\mathrm{BC}} = 3(a-1)\,nRT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(14)$$

解答： $W_{\mathrm{BC}} = 3(a-1)\,nRT_{\mathrm{A}}$ 〔J〕

問５

熱力学第一法則より，気体の内部エネルギーの増加 ΔU 〔J〕 は次式で表される。

$$\Delta U = Q_{\mathrm{BC}} - W_{\mathrm{BC}} \qquad \cdots(15)$$

式(15)に式(10)，(14)を代入すると，次のようになる。

$$\Delta U = \frac{15}{2}(a-1)nRT_{\mathrm{A}} - 3(a-1)\,nRT_{\mathrm{A}} = \frac{9}{2}(a-1)\,nRT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(16)$$

解答：　　$\Delta U = \dfrac{9}{2}(a-1)\,nRT_{\mathrm{A}}$　〔J〕

問 6

図より，D→A の過程は定圧変化であるから，気体が外部にした仕事 W_{DA}〔J〕は次式で表される。

$$W_{\mathrm{DA}} = p_{\mathrm{A}}(V_{\mathrm{A}} - V_{\mathrm{D}}) \qquad \cdots(17)$$

$V_{\mathrm{D}} = aV_{\mathrm{A}}$ であるから，式(17)にこれを代入すると次のようになる。

$$W_{\mathrm{DA}} = p_{\mathrm{A}}(V_{\mathrm{A}} - aV_{\mathrm{A}}) = p_{\mathrm{A}}V_{\mathrm{A}}(1-a) \qquad \cdots(18)$$

式(18)に式(13)を代入すると，W_{DA}〔J〕は次式で表される。

$$W_{\mathrm{DA}} = (1-a)\,nRT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(19)$$

解答：　　$W_{\mathrm{DA}} = (1-a)\,nRT_{\mathrm{A}}$　〔J〕

問 7

気体が吸収した熱量の合計を Q_1〔J〕とすると，Q_1 は次式で表される。

$$Q_1 = Q_{\mathrm{AB}} + Q_{\mathrm{BC}} \qquad \cdots(20)$$

式(20)に式(5)，(10)を代入すると，Q_1〔J〕は次のように表される。

$$Q_1 = 3nRT_{\mathrm{A}} + \frac{15}{2}(a-1)nRT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(21)$$

気体が外部にした仕事を W〔J〕とすると，W は次式で表される。

$$W = W_{\mathrm{BC}} + W_{\mathrm{DA}} \qquad \cdots(22)$$

式(22)に，式(14)と(19)を代入すると，W〔J〕は次のように表される。

$$W = 3(a-1)\,nRT_{\mathrm{A}} + (1-a)\,nRT_{\mathrm{A}} = 2(a-1)\,nRT_{\mathrm{A}} \qquad \cdots(23)$$

熱機関の熱効率を e とすると，e は次式で表される。

$$e = \frac{W}{Q_1} \qquad \cdots(24)$$

式(24)の e は 0.2 であることと，式(21)と(23)より，a は次のように求まる。

$$e = \frac{2(a-1)nRT_{\mathrm{A}}}{3nRT_{\mathrm{A}} + \frac{15}{2}(a-1)nRT_{\mathrm{A}}} = 0.2$$

$$a = \frac{11}{5} = 2.2$$

解答：　　$a = 2.2$

第 3 問

（1）力
ニュートン（N）
$kg \cdot m/s^2$

（2）仕事率
ワット（W）
$kg \cdot m^2/s^3$

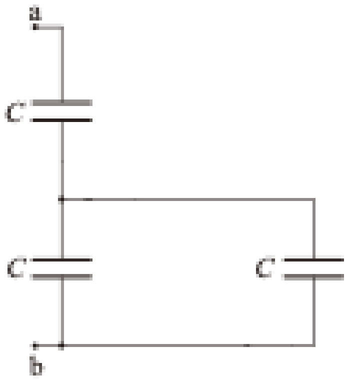
（3）周波数（振動数）
ヘルツ（Hz）
$1/s$

（4）磁束
ウェーバ（Wb）
$kg \cdot m^2/(A \cdot s^2) \cdot$

（5）磁束密度
テスラ（T）
$kg/(A \cdot s^2)$

第 4 問

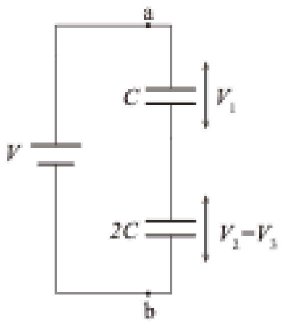
問 1



右図より，

$$C_0 = \frac{1}{\frac{1}{C} + \frac{1}{C + C}} = \frac{1}{\frac{2}{2C} + \frac{1}{2C}} = \frac{2}{3}C$$

問 2



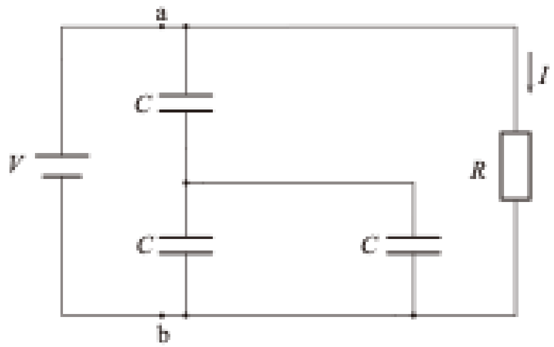
下側の 2 つのコンデンサーを合成すると，右図のように C と 2C の直列回路になる。問 1 より電気量は

$$Q = C_0V = \frac{2}{3}CV$$

なので，

$$V_1 = \frac{Q}{C} = \frac{2}{3}V,\ V_2 = V_3 = \frac{Q}{2C} = \frac{1}{3}V$$

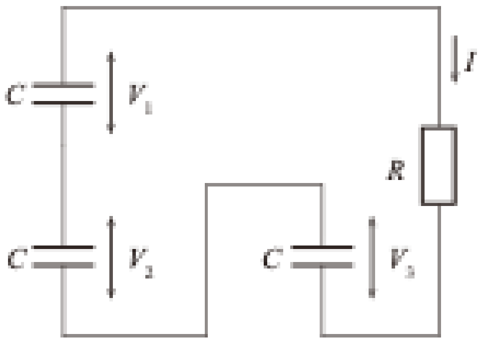
問 3



右図より，抵抗 R に印加される電圧は V なので，オームの法則により，

$$I = \frac{V}{R}$$

問 4



右図より，

$$I=\frac{V_1+V_2+V_3}{R}=\frac{\frac{2}{3}V+\frac{1}{3}V+\frac{1}{3}V}{R}=\frac{4}{3}\frac{V}{R}$$

よって，問 3 と比較して 4/3 倍になった。

問 5

問 4 の状態から全てのエネルギーを R で消費された場合，そのエネルギー総量 E_1 は問 4 の操作直前にコンデンサーに蓄えられているエネルギー量に等しい。

$$E_1=\frac{1}{2}CV_1^2+\frac{1}{2}CV_2^2+\frac{1}{2}CV_3^2=\frac{1}{2}C\left(\frac{2}{3}V\right)^2+\frac{1}{2}C\left(\frac{1}{3}V\right)^2+\frac{1}{2}C\left(\frac{1}{3}V\right)^2$$

$$=\frac{1}{2}CV^2\left(\frac{4}{9}+\frac{1}{9}+\frac{1}{9}\right)=\frac{1}{2}CV^2\frac{2}{3}=\frac{1}{3}CV^2$$

または合成容量を用いて，

$$E_1=\frac{1}{2}C_0V^2=\frac{1}{2}\frac{2}{3}\,CV^2=\frac{1}{3}CV^2$$

一方，問 3 の状態は t [s]続いているので，この時の消費エネルギー量 E_2 は

$$E_2=RI^2t=R\left(\frac{V}{R}\right)^2t=\frac{V^2t}{R}$$

よって，全消費エネルギーE は

$$E=E_1+E_2=\frac{1}{3}CV^2+\frac{V^2t}{R}=\left(\frac{1}{3}C+\frac{t}{R}\right)V^2$$

第 5 問

問 1

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (n = 1,2,3,\dots)$$

問 2

問 1 で$n = 5$とすると、$d = 5\lambda = 2.0 \times 10^{-10}\mathrm{m}$

問 3

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

問 4

$$p = \frac{h}{\lambda} = 1.7 \times 10^{-23}\ \mathrm{kg \cdot m/s}$$

$$E = \frac{p^2}{2m} = 1.5 \times 10^{-16} J$$

問 5

$$V = \frac{E}{e} = 9.4 \times 10^2\ V$$