令和４年度　豊橋技術科学大学第３年次入学者選抜学力検査問題解答例

専門科目（１：機械工学）

[1]

(1) 水面と小孔の2点においてベルヌーイの定理を適用する。水槽上部の物理量に添え字1を付け，小孔部の物理量に添え字2を付けて表すと

$$\frac{1}{2}u_1^2+\frac{p_1}{\rho}+gh_1=\frac{1}{2}u_2^2+\frac{p_2}{\rho}+gh_2$$

この式に下記の条件

$u_1=0$

$p_2=0$

$h=h_1-h_2$

を当てはめて式を整理し，小孔部の速度u_2は水平方向速度uと等しいとすると，

$$u=\sqrt{2gh+\frac{2p_1}{\rho}}=\sqrt{2\left(gh+\frac{p_1}{\rho}\right)}$$

(2) 単位時間当たりの流体の運動量Pは，流体の密度ρ，流量Au，速度uから以下のように表せる。

$$P=\rho(Au)u=\rho Au^2=\rho A\left\{2\left(gh+\frac{p_1}{\rho}\right)\right\}=2A(\rho gh+p_1)$$

(3) 水面部の運動量はゼロであるから，出口（小孔）と水槽上面（水面）における水平方向の運動量変化から流体に作用する力fを求めると

$$f=2A(\rho gh+p_1)-0=2A(\rho gh+p_1)$$

となる。水槽に作用する力Fは流体に作用する力の反力であるから，

$$F=-f=-2A(\rho gh+p_1)$$

(4) 水槽から出ていく水の質量は

$$\left(\rho A\sqrt{2\left(gh+\frac{p_1}{\rho}\right)}\right)t$$

と表せるから，任意の時間における水槽，台車，水の質量の合計は

$$m+M-\left(\rho A\sqrt{2\left(gh+\frac{p_1}{\rho}\right)}\right)t$$

となる。ニュートンの運動方程式より，これらの物体を加速させる力は，

$$F=\left(m+M-\left(\rho A\sqrt{2\left(gh+\frac{p_1}{\rho}\right)}\right)t\right)a$$

と表すことができる。したがって，

$$a=\frac{F}{m+M-\left(\rho A\sqrt{2\left(gh+\dfrac{p_1}{\rho}\right)}\right)t}=\frac{-2A\left(\rho gh+p_1\right)}{m+M-\left(\rho A\sqrt{2\left(gh+\dfrac{p_1}{\rho}\right)}\right)t}$$

[2]

(1)

ア．エネルギー保存則$\mathrm{d}U + p\mathrm{d}V = \mathrm{d}Q$が成り立つ。

イ．$\mathrm{d}U = C_V\mathrm{d}T$

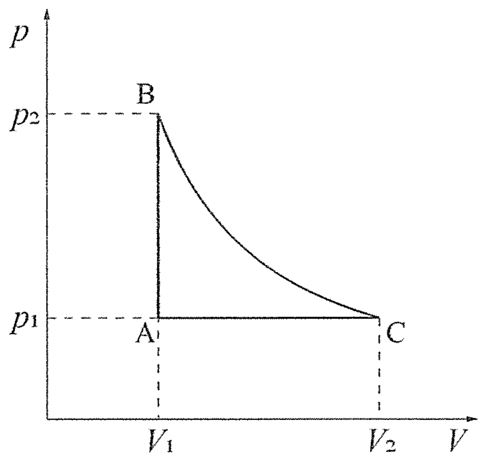
ウ．$pV = R_0T$

エ．$\mathrm{d}Q = C_V\mathrm{d}T + p\mathrm{d}V = C_V\mathrm{d}T + \mathrm{d}(pV) - V\mathrm{d}p = C_V\mathrm{d}T + R_0\mathrm{d}T - V\mathrm{d}p = (C_V + R_0)\mathrm{d}T - V\mathrm{d}p$

オ．定圧過程を考えて，$\mathrm{d}p = 0$であるから，設問エの結果より$\mathrm{d}Q = (C_V + R_0)\mathrm{d}T$となる。一方，$\mathrm{d}Q = C_p\mathrm{d}T$であるから，両者を係数比較して$(C_V + R_0) = C_p$より，Mayerの関係式$C_p - C_V = R_0$を得る。

(2)

ア．



イ．等温過程で行った仕事W_{BC}は，

$$W_{BC} = \int_{V_1}^{V_2} p\mathrm{d}V = R_0T_2\int_{V_1}^{V_2}\frac{\mathrm{d}V}{V} = R_0T_2\ln\frac{V_2}{V_1} = R_0T_2\ln\frac{p_2}{p_1} = R_0T_2\ln\frac{T_2}{T_1}$$

ウ．1サイクルの総仕事Wは，

$$W = W_{BC} - p_1(V_2 - V_1) = R_0T_2\ln\frac{T_2}{T_1} - R_0\left(T_2 - T_1\right)$$

エ．過程AB，BCおよびCAのエントロピー変化をそれぞれS_{AB}，S_{BC}およびS_{CA}とすると，エントロピーの定義式より

$$\text{(a)}\ S_{\mathrm{AB}} = \int_{Q_{\mathrm{A}}}^{Q_{\mathrm{B}}}\frac{\mathrm{d}Q}{T} = \int_{V_{\mathrm{A}}}^{V_{\mathrm{B}}}\frac{p}{T}\mathrm{d}V + C_V\int_{T_{\mathrm{A}}}^{T_{\mathrm{B}}}\frac{\mathrm{d}T}{T} = R_0\int_{V_1}^{V_1}\frac{\mathrm{d}V}{V} + C_V\int_{T_1}^{T_2}\frac{\mathrm{d}T}{T} = C_V\ln\frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{(b)}\ S_{\mathrm{BC}} = \int_{Q_{\mathrm{B}}}^{Q_{\mathrm{C}}}\frac{\mathrm{d}Q}{T} = \int_{V_{\mathrm{B}}}^{V_{\mathrm{C}}}\frac{p}{T}\mathrm{d}V + C_V\int_{T_{\mathrm{B}}}^{T_{\mathrm{C}}}\frac{\mathrm{d}T}{T} = R_0\int_{V_1}^{V_2}\frac{\mathrm{d}V}{V} + C_V\int_{T_2}^{T_2}\frac{\mathrm{d}T}{T} = R_0\ln\frac{V_2}{V_1} = R_0\ln\frac{p_2}{p_1} = R_0\ln\frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{(c)}\ S_{\mathrm{CA}} = \int_{Q_{\mathrm{C}}}^{Q_{\mathrm{A}}}\frac{\mathrm{d}Q}{T} = \int_{V_{\mathrm{C}}}^{V_{\mathrm{A}}}\frac{p}{T}\mathrm{d}V + C_V\int_{T_{\mathrm{C}}}^{T_{\mathrm{A}}}\frac{\mathrm{d}T}{T} = R_0\int_{V_2}^{V_1}\frac{\mathrm{d}V}{V} + C_V\int_{T_2}^{T_1}\frac{\mathrm{d}T}{T} = -R_0\ln\frac{T_2}{T_1} - C_V\ln\frac{T_2}{T_1} = -C_p\ln\frac{T_2}{T_1}$$

サイクルであることより，$S_{\mathrm{CA}} = -S_{\mathrm{AB}} - S_{\mathrm{BC}}$としても求まる。

[3]

(1)

ア．$\dfrac{W}{A} = E\varepsilon \rightarrow \therefore \varepsilon = \dfrac{W}{AE}$

イ．$\nu = -\dfrac{\varepsilon'}{\varepsilon} \rightarrow \therefore \varepsilon' = -\nu\varepsilon = -\dfrac{\nu W}{AE}$

ウ．$U = \dfrac{1}{2} WL\varepsilon = \dfrac{W^2 L}{2AE}$

(2)

ア．$\sigma = \dfrac{A(L-x)\rho g}{A} = \rho g(L-x)$

イ．$\rho g(L-x) = E\dfrac{\mathrm{d}\lambda}{\mathrm{d}x} \rightarrow \therefore \mathrm{d}\lambda = \dfrac{\rho g(L-x)}{E}\mathrm{d}x \quad \cdot\cdot$ ①

ウ．設問イの式①の両辺を積分する。

$$\int_0^{\lambda_{\max}} \mathrm{d}\lambda = \int_0^L \frac{\rho g(L-x)}{E}\mathrm{d}x$$

$$\therefore \lambda_{\max} = \frac{\rho g L^2}{2E}$$

［４］

(1)

記号	ア	イ	ウ	エ	オ
解答番号	18（除去）	25（成形）	3（付加）	6（バイト）	21（フライス）

記号	カ	キ	ク	ケ	コ
解答番号	24（切削）	4（研削）	23（研磨）	9（鍛造）	14（プレス）

記号	サ	シ	ス	セ	ソ
解答番号	12（塑性）	15（鋳造）	5（溶接）	11（溶射）	27（アディティブ・マニュファクチャリング）

(2)

記号	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
解答欄	×	×	○	×	○

（説明）

(a)「降伏点」ではなく「弾性限度」を越えると塑性変形が起こる。

(b)「最大荷重」から求められる応力は「破断強さ」ではなく「引張強さ」。

(d)　炭素原子を固溶した「α鉄はフェライト」，炭素原子を固溶した「γ鉄はオーステナイト」。