

G. 機械工学

G1. (選択記述問題)

出題の意図

機械力学、材料力学、熱力学、流体力学の基礎学力を確認する

解答例

- A1 (1) (ア) 円の中心 (イ) v^2/r (ウ) 4.5 N (エ) 遠心力
(オ) 2.0 m/s^2 (カ) 慣性モーメント (キ) $0.45 \text{ N}\cdot\text{m}$
(ク) 運動量ベクトル (ケ) $Lmgt$
(コ) 重力によるモーメント

- (2) ① 棒が円柱とおもりを押す力をそれぞれ R_1, R_2 とし、円柱が斜面からうける摩擦力を F (斜面に沿って上向きを正) とする.

$$\text{円柱の並進: } M\ddot{x} = Mg \sin \alpha + R_1 - F \cdots \text{(i)}$$

$$\text{円柱の回転: } \frac{1}{2}MR^2\ddot{\theta} = FR \cdots \text{(ii)}$$

$$\text{棒の並進: } 0 \cdot \ddot{x} = -R_1 + R_2 \cdots \text{(iii)}$$

$$\text{おもりの並進: } m\ddot{x} = mg \sin \alpha - R_2 - \mu mg \cos \alpha \cdots \text{(iv)}$$

$$\text{② 円柱が滑らずに転がる時の関係式 } \ddot{x} = R\ddot{\theta} \cdots \text{(v)}$$

$$\text{式(ii) (v)より } F = \frac{1}{2}MR\ddot{\theta} = \frac{1}{2}M\ddot{x}$$

式(i) (iii) (iv) (vi)より

$$(M + m)\ddot{x} = (M + m)g \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha - \frac{1}{2}M\ddot{x}$$

これを整理して

$$\ddot{x} = \frac{(M + m) \sin \alpha - \mu m \cos \alpha}{\frac{3}{2}M + m} g$$

- A2 (1) (ア) $P_1 + P_2 = P$ (イ) $\lambda_1 = P_1 l / A_1 E_1$ (ウ) $\lambda_2 = P_2 l / A_2 E_2$ (エ) $\lambda_1 = \lambda_2$
(オ) $\sigma_1 = \frac{E_1 P}{A_1 E_1 + A_2 E_2}$ (カ) $\sigma_2 = \frac{E_2 P}{A_1 E_1 + A_2 E_2}$

(2) (キ) $R_A = \frac{5}{6}P$ (ク) $R_B = \frac{1}{6}P$ (ケ) $y_c = \frac{13Pl^3}{1296EI}$
 (コ) $y_c = \frac{Pl^3}{36EI}$
 (サ) $\frac{w dx}{12EI} \left(\frac{3}{4}l^2 - x^2 \right) x$ (シ) $y_c = \frac{wa^2}{48EI} \left(\frac{3}{2}l^2 - a^2 \right)$

- B1 (1) ①: 正しい
 ②: 開いた系では、境界を通して、物質、熱ともに流入流出がある。
 ③: エントロピーは系の熱の出入りに伴って増減し、断熱不可逆の場合には常に増大する。
 ④: 正しい
 ⑤: ある物質の定圧比熱の値は、定積比熱の値より大きい。
 ⑥: 正しい
 ⑦: 圧力の SI 単位は Pa (パスカル) である。
 ⑧: 軸仕事は軸トルクと回転角度の積である。
 ⑨: 等温過程を持続的に続けることができれば、理論的には熱を持続的に仕事に 100 % 変換し続けることができる。
 ⑩: カルノー機関の熱効率、作動流体によらない。

(2) ①: 質量 m $m = \frac{p_1 V_1}{RT_1}$
 ②: 温度 T_2 $T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} = T_1 \frac{2V_1}{V_1} = 2T_1$
 ③: 仕事 L_{12} $L_{12} = \int_1^2 p dV = p_1 (V_2 - V_1) = p_1 V_1$
 ④: 熱量 Q_{12} $Q_{12} = mc_p (T_2 - T_1) = mc_p T_1$
 ⑤: 内部エネルギーの変化量 dU
 $dU = Q_{12} - L_{12} = mc_p T_1 - p_1 V_1$
 ⑥: エントロピーの変化量 ΔS
 $\Delta S = mc_p \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) = mc_p \ln 2$

- (3) ①: $W = Q_H - Q_L$ 熱力学第一法則より、 $Q_H = W + Q_L$
 ②: $\eta_{\text{Carnot}} = 1 - T_L / T_H$ $\eta = W / Q_H = 1 - Q_L / Q_H = 1 - T_L / T_H$
 ③: $Q_H = m R T_H \ln(V_2 / V_1)$ 等温過程では、温度が一定のため内部エネルギーの変化はゼロ。よって吸収された熱 Q_H はすべて仕事に変わる。理想気体の等温過程の仕事は $W = nRT \ln(V_2 / V_1)$
 ④: $V_2 / V_1 = V_3 / V_4$ 断熱過程では $PV^\gamma = \text{const.}$ 、
 または $TV^{\gamma-1} = \text{const.}$ が成り立つ。断熱膨張($T_H \rightarrow T_L$, $V_2 \rightarrow V_3$)、断熱圧縮($T_L \rightarrow T_H$, $V_4 \rightarrow V_1$)において、 $T_H V_2^{\gamma-1} = T_L V_3^{\gamma-1}$ 、 $T_L V_4^{\gamma-1} = T_H V_1^{\gamma-1}$ が成り立つので、これを整理すれば解答が得られる。
 ⑤: $W = m R (T_H - T_L) \ln(V_2 / V_1)$

- ③より $Q_H = n R T_H \ln(V_2 / V_1)$ 、 $Q_L = m R T_L \ln(V_3 / V_4)$
 ④より $V_2 / V_1 = V_3 / V_4$ なので、 $Q_L = m R T_L \ln(V_2 / V_1)$
 よって、①より $W = Q_H - Q_L = m R (T_H - T_L) \ln(V_2 / V_1)$

- B2 (1) (ア) Pa·s, kg/(m·s) (イ) 低下する
 (ウ) m²/s (エ) 水
 (オ) 慣性力 (カ) 音速
 (キ) 0 (ク) 非圧縮流れ (ケ) c²x (コ) c²y

(2) ① $V_1 = V_2 A_2 / A_1$
 ② $p_1 - p_2 = (\rho_M - \rho) g H$
 ③ $Q = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho_M - \rho) g H}{\rho \left(1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}\right)}}$

(3) ① $\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dV_z}{dr} \right) = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial z}$
 ② $V_z = \left(-\frac{\partial p}{\partial z} \right) \frac{R^2}{4\mu} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$, $V_{\max} = \left(-\frac{\partial p}{\partial z} \right) \frac{R^2}{4\mu}$

G2. (小論文問題)

出題の意図

卒業研究について小論文形式で記述させること研究内容の理解度と文章作成能力を確認する

以上。