■出題の意図■

専門科目（受験区分コード：55）

機械工学系専攻の各コースに関わる学問分野である機械力学及び制御工学（古典）、水力学、熱力学、材料力学に関して、理解度を測る。

令和８年４月入学（第２回）
山口大学大学院創成科学研究科（工学系）博士前期課程入学試験

【解答用紙】　機械力学及び制御工学（古典）　受験番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

解答例：

(1) 変位の符号は斜面下向きを正と定める．変位x が発生したとき，摩擦力F とバネによる張力kx は斜面の上方向に作用する．したがって

$$\mathrm{m}\ddot{x} = -F - kx$$

が求めるべき運動方程式である．

(2) 円板の慣性モーメントは，$\frac{1}{2}mR^2$ である．F によるモーメントが$F \times R$ であることに注意すると

$$\frac{1}{2}mR^2\ddot{\theta} = FR$$

が求めるべき運動方程式である．式を整理し，次のような形にしても良い．

$$\ddot{\theta} = \frac{2F}{mR}$$

(3) 題意よりxとθの関係式は，$x = R\theta$であるため，(1)で求めた運動方程式に代入すると次のように整理できる．

$$\mathrm{mR}\ddot{\theta} = -F - kR\theta$$

これに(2)で求めた式を用いて，F を消去すると

$$\mathrm{mR}\ddot{\theta} = -\frac{1}{2}mR\ddot{\theta} - kR\theta$$

これを整理すると

$$\frac{3}{2}mR\ddot{\theta} + kR\theta = 0$$

これが求めるべき運動方程式である．式より固有角振動数は

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2k}{3m}}$$

である．

(4) 問で与えられた微分方程式のラプラス変換は，入出力のラプラス関数を$\Phi(s)$，$\Theta(s)$とすると，

$$(s^3 + 5s^2 + 7s + 3)\Phi(s) = (3s^2 + 1)\Theta(s)$$

となる．したがって，制御系の伝達関数は，

$$G(s) = \frac{\Phi(s)}{\Theta(s)} = \frac{3s^2 + 1}{(s+1)^2(s+3)}$$

となる．

(5) インパルス応答は，

$$G(s) = \frac{2}{(s+1)^2} - \frac{4}{(s+1)} + \frac{7}{(s+3)}$$

より，次のようになる．

$$g(t) = 2(t-2)e^{-t} + 7e^{-3t}$$

令和 8 年 4 月入学（第 2 回）
山口大学大学院創成科学研究科（工学系）博士前期課程入学試験

【解答用紙】　　　　水力学　　　　　　受験番号＿＿＿＿＿＿＿＿

(1) タンクの水面と噴流の出口との間でベルヌーイの定理を適用すると

$$V = \sqrt{2gh}$$

(2) コントロール・ボリュームを偏向板の周辺のみに設定し、運動量の原理を適用すると

$$F = \rho A_1 (2gh)(1 - \cos\theta)$$

(3)台車全体（タンク、水、偏向板）を一つのコントロール・ボリューム として考え、運動量の原理を適用すると

$$T = (\rho A_1 V)(V\cos\theta) = \rho A_1 V^2 \cos\theta$$

$V = \sqrt{2gh}$を代入し

$$T = 2\rho g h A_1 \cos\theta$$

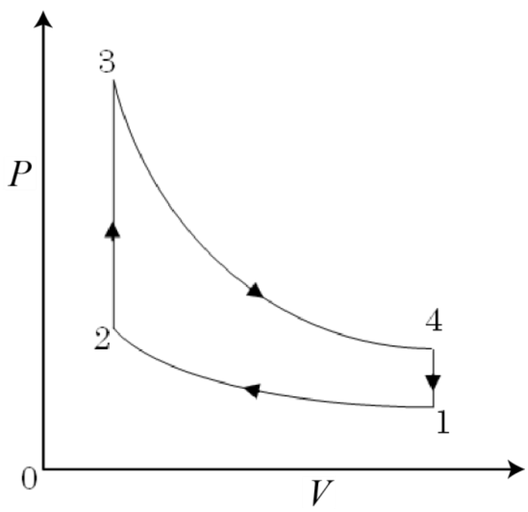
(4) T が最大になるのは、 $\cos\theta$ が最大になるときで$\theta = 0°$

令和 8 年 4 月入学（第 2 回）
山口大学大学院創成科学研究科（工学系） 博士前期課程入学試験

受験区分コード 55
専門科目（熱力学）

問題（配点 75 点）

質量 M=1.50 g の完全ガス（比熱比κ=1.40，ガス定数 R=0.287 kJ/(kgK)）を作動流体とする圧縮比ε=10.0 のサイクルについて考える．このサイクルは，ポリトロープ指数 n_c=1.35 の圧縮過程１→２，供給熱量 Q_{23}=3.00 kJ の等容加熱過程２→３，ポリトロープ指数 n_e=1.45 の膨張過程３→４および等容冷却過程４→１から構成される．状態１の作動流体の圧力および温度をそれぞれ 0.101 MPa および 20.0 ℃として，以下の問いに答えなさい．



１．状態２における圧力 (MPa)および温度 (℃)を求めなさい.

→$P_1V_1^{nc}= P_2V_2^{nc}$，$T_1V_1^{nc-1}= T_2V_2^{nc-1}$ より，

$P_2=P_1(V_1/V_2)^{nc}=P_1\varepsilon^{nc}$=0.101*10$^{1.35}$=2.261… 2.26MPa

$T_2= T_1(V_1/V_2)^{nc-1}= T_1\varepsilon^{nc-1}$=(20+273)*10$^{1.35-1}$

=655.9…K=382.9…℃ 383℃

２．系の最高温度 T_{max}(℃)を求めなさい.

→$Q_{23}=MCv(T_3-T_2)$より，

$T_{max}=T_3=T_2+ Q_{23}/(MCv)= T_2+ Q_{23}(\kappa-1)/(MR)$

=655.9+3000*(1.4-1)/(1.5*10^{-3}*0.287*10^3)

=3443.3…K=3170.3…℃ 3170℃

３. 膨張過程３→４において作動流体が外部になす仕事が$W_{34}=\frac{-MR}{n_e-1}(T_4-T_3)$と表されることを示しなさい．ただし，$W_{34}=\int_{V_3}^{V_4}PdV$から式変形を開始すること.

→$PV^{ne}=P_3V_3^{ne}= P_4V_4^{ne}=C$ とする.

$$W_{34}=\int_{V_3}^{V_4}PdV=C\int_{V_3}^{V_4}V^{-n_e}dV=\frac{C}{1-n_e}[V^{1-n_e}]_{V_3}^{V_4}=\frac{C}{1-n_e}[V_4{}^{1-n_e}-V_3{}^{1-n_e}]$$

$$=\frac{-1}{n_e-1}(P_4V_4-P_3V_3)=\frac{-MR}{n_e-1}(T_4-T_3)$$

４．膨張過程３→４において作動流体に供給された熱量 Q_{34}の式を示したうえで，熱が作動

流体に供給されているか，作動流体から失われているかを示しなさい．

→内部エネルギー増加は$U_4 - U_3 = MCv(T_4 - T_3) = \frac{MR}{\kappa-1}(T_4 - T_3)$．熱力学第一法則より

$$Q_{34} = U_4 - U_3 + W_{34} = \frac{MR}{\kappa-1}(T_4 - T_3) + \frac{-MR}{n_\mathrm{e}-1}(T_4 - T_3) = \frac{n_\mathrm{e}-\kappa}{(\kappa-1)(n_\mathrm{e}-1)}MR(T_4 - T_3) = \frac{\kappa-n_\mathrm{e}}{\kappa-1}W_{34}$$

ここで，$\kappa=1.40<n_\mathrm{e}=1.45$ および $W_{34}>0$ なので，$Q_{34}<0$．よって，熱が失われている．

令和８年４月入学（第２回）
山口大学大学院創成科学研究科（工学系）博士前期課程入学試験

【解答用紙】　　　　　材料力学　　　　　　　　受験番号＿＿＿＿＿＿＿＿

（１）

$$-E\alpha\Delta T$$

（２）

$$\frac{L(E_1\alpha_1 - E_2\alpha_2)\Delta T}{2(E_1 + E_2)}$$

（３）

$$\frac{PL^3}{3EI}$$

（４）

$$\frac{3kEI}{kL^3 + 3EI}\delta y$$

（５）

$$\frac{6EI\theta_{\mathrm{B}}}{L^2(3\delta y - 2L\theta_{\mathrm{B}})}$$