２０２２年度（令和４年度）

編入学者・転入学者選抜　専門試験

電気・機械工学科（機械工学分野）

問題冊子（解答時間１２０分）

注意事項

1．試験開始の合図があるまで，配布された冊子を開いてはいけません。

2．以下の４つの選択科目から，３科目を選択し解答してください

科目番号・科目名
[1] 材料力学
[2] 熱力学
[3] 流体力学
[4] 制御工学

3．この冊子には問題用紙が５枚，下書き用紙が２枚あります。用紙の脱落等に気づいたときには，手を挙げて監督者に知らせてください。

4．問題用紙の余白や下書き用紙は，計算などに適宜使用して構いません。

5．別冊子の解答用紙冊子には，解答用紙が３枚あります。用紙の脱落等に気づいたときには，手を挙げて監督者に知らせてください。３枚すべての解答用紙の該当欄に，「科目番号」「科目名」「受験番号」を記入してください。

6．時計のアラーム（時計機能以外の機能を含む）は，使用しないでください。

7．コンパス及び定規等は使用できません。

8．携帯電話，ＰＨＳ等は，電源を切って，カバン等に入れてください。

9．試験終了まで退室できません。試験時間中に用がある場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

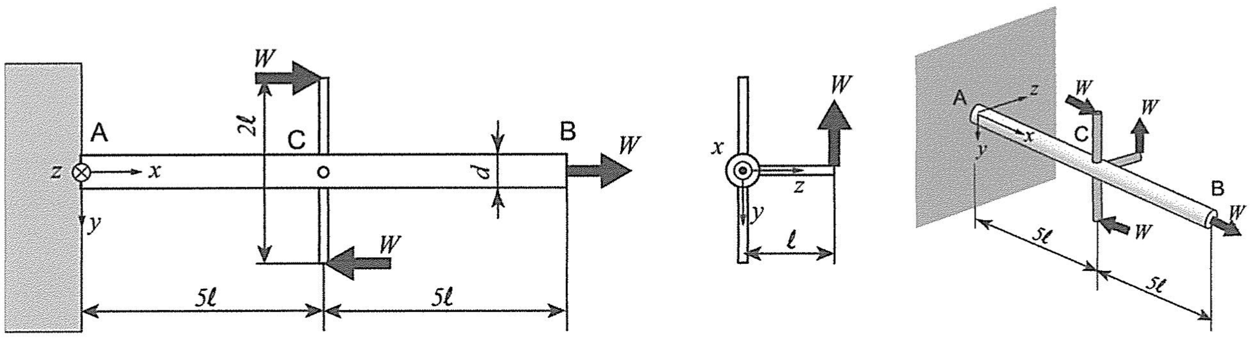
10．試験終了後に解答用紙は回収します。問題用紙および下書き用紙は持ち帰ってください。

名古屋工業大学　電気・機械工学科（機械工学分野）

[1] 材料力学

選択問題

問　図のように，長さ 10ℓ，外径 d の一様な中実丸棒のはり AB があり，A にて剛体壁に固定されている。固定端の丸棒の中心を原点とし，はりの長軸方向に沿って x 軸，鉛直方向下向きに y 軸をとる。また，図のように $x = 5\ell$ の位置 C に y 軸方向と z 軸方向に腕が取り付けられ，腕の先端には大きさ W の集中荷重が，それぞれ x 軸方向と y 軸方向の図の向きに加えられている。さらに，位置 B には，x 軸方向正の向きに大きさ W の引張力が加わっている。このとき，以下の設問すべてに答えよ。なお，各部分の重さは無視し，横弾性係数 G，円周率は π とする。また，中実丸棒の断面 2 次極モーメントは $\pi d^4/32$ である。



図

(1) 固定端 A での，壁から丸棒の横断面に作用する y 軸方向の反力 R_A，曲げモーメント M_A，ねじりモーメント T_A を求めよ。

以降の問題では，R_A，M_A，T_A を用いて解答してもよい。

(2) 固定端からの距離 x の断面での曲げモーメント $M(x)$ およびせん断力 $F(x)$ を求め，曲げモーメント線図とせん断力線図をそれぞれ描け。

(3) 位置 C でのねじれ角 φ_C，および位置 B でのねじれ角 φ_B を求めよ。

(4) 軸方向垂直応力の最大値 σ_x とその位置 (x, y, z) を示せ。

［2］ 熱力学

選択問題

問１　気体定数 R〔J/(kg・K)〕，比熱比 κ の理想気体を用いた熱力学のサイクルを考える。理想気体は，図１に示すように，圧力 p_1〔Pa〕，温度 T_1〔K〕，体積 V_1〔m^3〕の状態Ａから等温変化で圧力 p_2〔Pa〕の状態Ｂに変化し，次に等圧変化で状態Ｃに変化した後，最後に等積変化で状態Ａに戻る。理想気体は準静的に変化したものとする。このとき，以下の（１）から（４）の問いに答えよ。ただし，解答には R ，κ，p_1，T_1，V_1，p_2 のうち必要なものを用いて答えること。

（１）理想気体の質量 m〔kg〕を求めよ。
（２）状態 B の体積 V_2〔m^3〕を求めよ。
（３）状態 A から状態 B の変化で理想気体が外部にした仕事 W〔J〕を求めよ。
（４）状態 C から状態 A の変化で理想気体に加えられた熱量 Q〔J〕を求めよ。

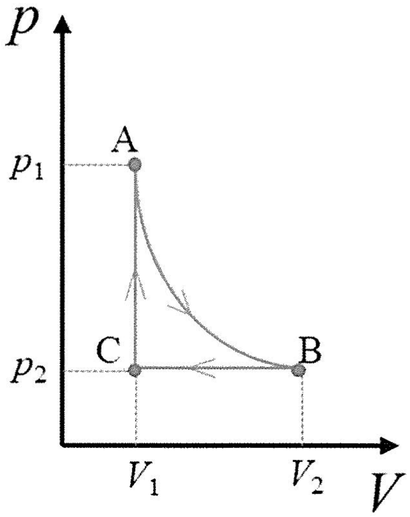


図１　p-V 線図

問２　図２の T-s 線図で示される 1 kg の理想気体のサイクルを考える。理想気体は加熱により，温度 T_1〔K〕，比エントロピーs_1〔J/(kg・K)〕の状態１から，温度 $3T_1$，比エントロピー $2s_1$ の状態２に変化した。さらに状態２から比エントロピー$3s_1$ の状態３に等温的に変化した後，冷却により状態３から比エントロピー$2s_1$ の状態４へ変化した。最後に等温的に状態４から状態１に戻った。

状態１から状態２への変化と状態３から状態４への変化は，T-s 線図上で直線となる。また，理想気体はすべての過程で準静的に変化したものとする。このとき，以下の（１）と（２）の問いに答えよ。ただし，解答には T_1 ，s_1 のうち必要なものを用いて答えること。

（１）状態１から状態２の変化で理想気体に加えられた熱量 Q〔J〕を求めよ。

（２）１回のサイクルで理想気体が外部にした仕事 W〔J〕を求めよ。

図２で，状態１の体積を V_1〔m^3〕，状態２の体積を V_2〔m^3〕，状態３の体積を V_3〔m^3〕，状態４の体積を V_4〔m^3〕とする。また，理想気体の気体定数を R〔J/(kg・K)〕，比熱比を κ とする。このとき，以下の（３）から（５）の問いに R，κ，s_1 のうち必要なものを用いて答えよ。

（３）状態２と状態４の比エントロピーが等しいことを利用して，V_2/V_4 を求めよ。

（４）V_3/V_2 を求めよ。

（５）V_3/V_1 を求めよ。

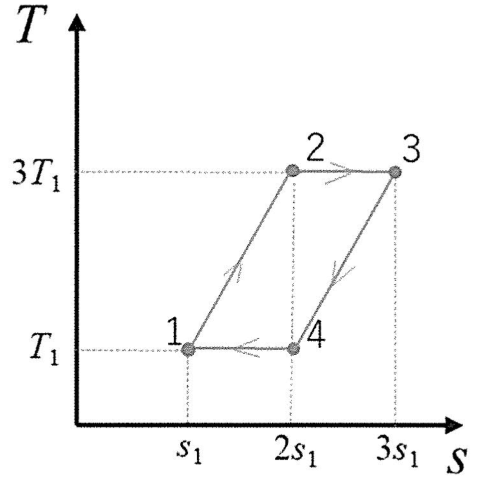
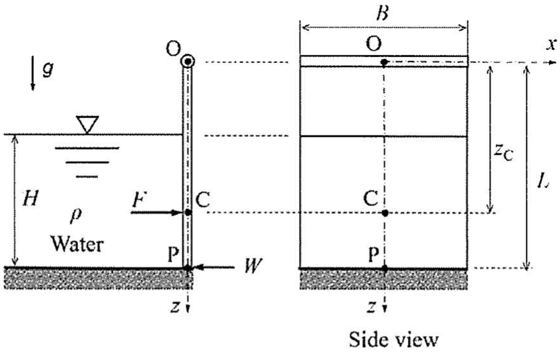


図２ T-s 線図

［3］ 流体力学

選択問題

問１ 図のように，上部がちょうつがいによって水平に固定された幅 B で高さ L の鉛直な長方形板の下部のＰ点に力 W を加えて深さ H の水路の水（密度 ρ）がせき止められている。これについて，以下の(1)〜(4)の問いに答えよ。ただし，重力加速度を g とし，座標の原点をちょうつがいの中央Ｏ点，Ｏ点から鉛直下向きに z 座標，Ｏ点からちょうつがいに沿って x 座標をとる。解答には ρ, g, z, B, H, L, の中から必要な記号を用い，また可能な限り整理した形で示せ。



(1) 水面下（ $z > L - H$ ）のゲージ圧の分布 $p(z)$ を表す式を示せ。

(2) 板に作用する全圧力 F を表す式を示せ。

(3) 全圧力の作用点Ｃ（圧力中心）の z 座標 z_C を表す式を示せ。

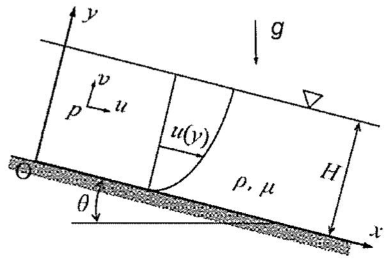
(4) x 軸まわりのモーメントの釣り合いをもとに，水をせき止めるのに必要な力 W を表す式を示せ。ただし，水路と板の間の摩擦や漏れは無視できるものとする。

問２ 図のように，水平からの傾斜角 θ の固体表面上を密度 ρ，粘度 μ の液体が層の厚さ H で二次元的に流れている。この液体層内の流れを解析するため，斜面に沿って x 座標，それと直交する方向に y 座標，時間を t とし，x, y それぞれの方向の速度成分を $u(x,y,t)$, $v(x,y,t)$，また圧力を $p(x,y,t)$ とすると，流れの支配方程式は以下となる。

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}=0 \qquad \text{(a)}$$

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}\right)=-\frac{\partial p}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)+\rho g\sin\theta \qquad \text{(b)}$$

$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}\right)=-\frac{\partial p}{\partial y}+\mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right)-\rho g\cos\theta \qquad \text{(c)}$$



ただし g は重力加速度であり，液体の物性値は定数とする。これについて以下の(1)〜(2)の問いに答えよ。

(1) 流れ場に定常 $\left(\frac{\partial}{\partial t}=0\right)$ および完全発達 $\left(\frac{\partial}{\partial x}=0\right)$ の条件を適用し，さらに $y=0$ で $v=0$ の境界条件を用いて $v(y)$ の解を定めると，$u(y)$ の常微分方程式 $\frac{d^2u}{dy^2}=-\frac{\rho g\sin\theta}{\mu}$ と $p(y)$ の常微分方程式 $\frac{dp}{dy}=-\rho g\sin\theta$ が導出されることを示せ。

(2) $y=0$ で $u=0$ および $y=H$ で $\frac{du}{dy}=0$ の境界条件を用いて上記(1)で導出された $u(y)$ の常微分方程式を解き，液体層内の u の y 方向分布 $u(y)$ を求めて示せ。

［4］ 制御工学

選択問題

問１　図１のダッシュポット（ダンパ）と質量とバネからなる機械振動系を考える。運動は一直線上に拘束されているものとする。また，壁は固定されており動かないものとする。図中のダッシュポットの粘性減衰係数（粘性抵抗係数）を D，質量を M，バネ定数を K，$x(t)$ と $y(t)$ はそれぞれの平衡点からの変位とする。$x(t)$ を入力信号，$y(t)$ を出力信号としたときの伝達関数を求めよ。

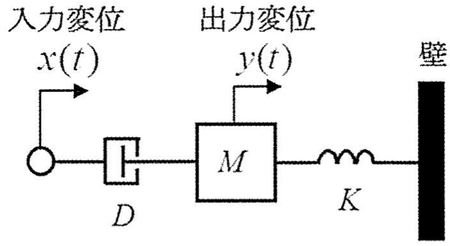


図1　機械振動系

問２　ある伝達関数で表されるシステムの単位ステップ応答 $y(t)$ が

$$y(t) = 10(1 - e^{-6t}) \ , \quad (t \geq 0)$$

であった。このシステムの単位インパルス応答 $g(t)$，$(t \geq 0)$ を計算せよ。

問３　図２のフィードバックシステムについて考える。図中の $R(s)$，$E(s)$，$D(s)$，$Y(s)$ は，それぞれ目標値 $r(t)$，偏差 $e(t)$，外乱 $d(t)$，制御量 $y(t)$ のラプラス変換を表す。次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

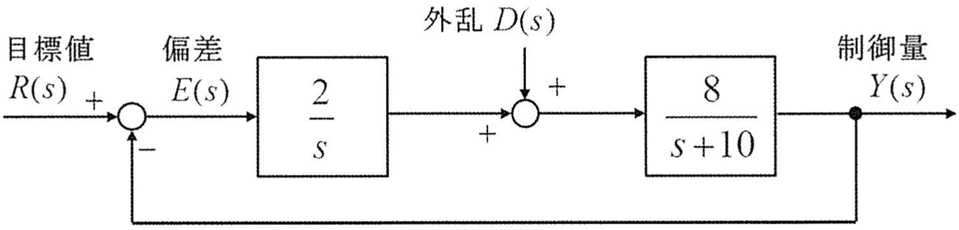


図２　フィードバックシステム

(1)　外乱から制御量までの伝達関数を求めよ。

(2)　$r(t)=0$，$d(t)=1$，$(t \geq 0)$ が加わった時の偏差の応答 $e(t)$，$(t \geq 0)$ を求めよ。

(3)　$r(t)=0$，$d(t)=\sin(4t)$，$(t \geq 0)$ が加わった時の，偏差の定常状態（$t \to \infty$）における応答（定常応答）を求めよ。

(4)　$r(t)=0$，$d(t)=t$，$(t \geq 0)$ が加わった時の定常偏差を求めよ。