問

２０２６年度
第１回
大学院理工学研究科
機械工学専攻　修士課程

入学試験問題

[専門科目]

２０２５年7月6日（日）
９：３０～１１：３０

解 答 要 領

1．「材料力学」「熱力学・熱工学」「水力学・流体工学」「機械力学・制御工学」「材料物性」（各分野数学を含む）の５分野の中から３分野を選択して解答すること．

2．解答は，別冊解答用紙に行うこと．解答用紙表紙の解答要領をよく読むこと．

3．問題用紙・解答用紙ともすべて提出すること．

受験番号	

試 験 科 目	機械工学専攻　修士課程
材料力学	

1. 図 1 に示す，内半径 R，肉厚 t の長い薄肉円筒容器に，内圧 p が作用している．
この材料の縦弾性係数を E，ポアソン比を ν，引張強さを σ_B，安全率を S とする．
次の問いに答えよ．

   (1) この円筒の円周応力 σ_θ を R，p および t を用いて表せ．

   (2) この円筒の軸応力 σ_z を R，p および t を用いて表せ．

   (3) この円筒の円周方向ひずみ ε_θ を E，R，p，t および ν を用いて表せ．

   (4) この円筒の許容応力 σ_a を σ_B および S を用いて表せ．

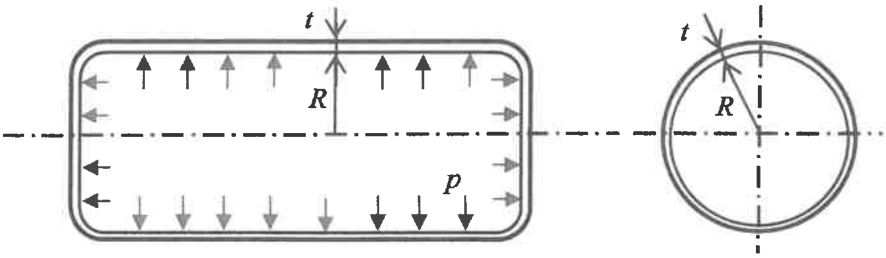


図 1

2. 長さ L の単純支持はりに，図 2 に示すように等分布荷重 w が作用している．
このはりの曲げ剛性を EI_z とする．支点 A から x だけ離れた距離にある断面 ab について，
次の問いに答えよ．

   (1) 断面 ab におけるせん断力 F を L，x および w を用いて表せ．

   (2) 断面 ab における曲げモーメント M を L，x および w を用いて表せ．

   (3) 断面 ab におけるたわみ角 θ を EI_z，L，x および w を用いて表せ．

   (4) 断面 ab におけるたわみ y を EI_z，L，x および w を用いて表せ．

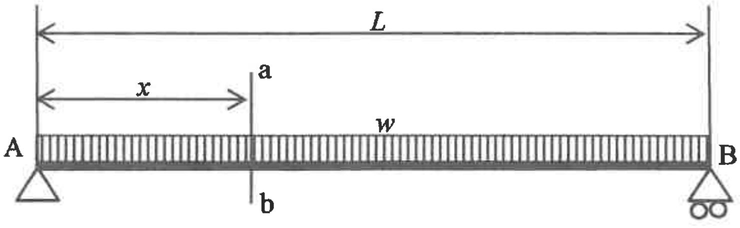


図 2

２０２６年度第１回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験問題用紙

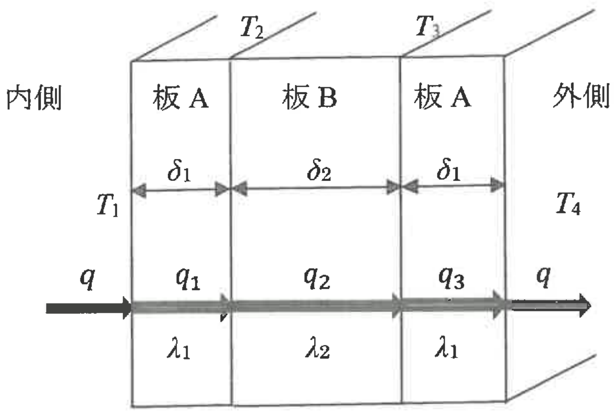
試 験 科 目	
熱力学・熱工学	機械工学専攻　修士課程

1．サバテサイクルは，質量 m の空気を作動流体として，状態 1→2→2’→3→4→1 と変化する．
ここで，各状態は，
状態 1：断熱圧縮前の空気の温度を T_1，圧力を P_1，体積を V_1
状態 2：断熱圧縮後の空気の温度を T_2，圧力を P_2，体積を V_2
状態 2’：等容受熱後（受熱量：Q_{1V}）の空気の温度を T_2'，圧力を P_2'，体積を V_2'
状態 3：等圧受熱後（受熱量：Q_{1P}）の空気の温度を T_3，圧力を P_3，体積を V_3
状態 4：断熱膨張後の空気の温度を T_4，圧力を P_4，体積を V_4
とする． 状態 4→状態 1 は，等容放熱過程（放熱量：Q_2）とする． 以下の問いに答えよ． ただし，空気の比熱比を κ，定圧比熱を C_p，定容比熱を C_v，圧縮比を ε（$=V_1/V_2$），圧力上昇比を ρ（$=P_2'/P_2$）および等圧膨張比を σ（$=V_3/V_2'$）とする．(4)の解答は，受熱量および放熱量も問題文中の記号を用いながら，導出過程を記述すること． 併せて(5)の解答は，(4)の理論熱効率から導出すること．

(1) 熱力学におけるカルノーサイクルを，50 字程度で説明せよ．
(2) 状態 1 から状態 2 の断熱圧縮後の温度 T_2 を，T_1, κ および ε を用いて表せ．
(3) 断熱膨張後の温度 T_4 を，$T_1, \kappa, \rho, \sigma$ を用いて表せ．
(4) サバテサイクルの理論熱効率 η を，κ, T_1, T_2, T_2', T_3, T_4 を用いて表せ．
(5) サバテサイクルの理論熱効率 η を，$\kappa, \varepsilon, \rho, \sigma$ を用いて表せ．

2．図に示すように密着させた多層の平行平面壁（板 A：2 枚，板 B:1 枚の組み合わせ）がある． ここで，板 A および板 B のそれぞれの熱伝導率を λ_1, λ_2，厚さを δ_1, δ_2 とする．多層の平行平面壁の内側の表面温度を T_1（一定），平行平面壁の外側の表面温度を T_4（一定），各板間の境界温度を T_2, T_3 とする($T_1>T_2>T_3>T_4$)． 各板の隣り合う壁の表面は密着させているので，その表面温度は同一であるとし，壁の内部の温度は，壁に垂直な方向の軸に沿ってのみ変化する一次元の定常温度場として考える． 以下の問いに答えよ． (3)の解答は，必ず導出過程も記述すること．

(1) 伝熱工学における温度境界層を 50 字程度で説明せよ．
(2) 内側の板 A の熱流束 q_1 を，δ_1, λ_1, T_1 および T_2 を用いて表せ．
(3) 多層の平行平面壁を 1 枚の板と見なした場合の熱流束 q を，$\delta_1, \delta_2, \lambda_1, \lambda_2, T_1$ および T_4 を用いて表せ．ただし，$q = q_1 = q_2 = q_3$ とする．



多層の平行平面壁

２０２６年度第１回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験問題用紙

試　験　科　目	機械工学専攻　修士課程
水力学・流体工学	

1. つぎの各問いに，各文章中の記号で表した式で答えよ．ただし，必要に応じて重力加速度の大きさ g を用いてもよい．
 (1) 重量 W，密度 ρ の物体の体積を答えよ．
 (2) 質量 M，体積 V の物体をある液体に沈めたところ，V の 2/3 が液面下に沈んだ状態で静止した．この液体の密度を答えよ．
 (3) 比重 S_1 の液体の高さで表した圧力を比重 S_2 の液体の高さで表すと，S_1 のときの高さの何倍になるかを答えよ．
 (4) 全圧 p_0，静圧 p の非圧縮性流体の流れの流速が u であるとき，この流体の密度を答えよ．
 (5) 断面積 A の円管内を密度 ρ の流体が完全に発達した層流速度分布で流れている．質量流量が G のとき管中心での管軸方向流速を答えよ．

2. 一次元定常非粘性流れに関する以下の文章中の$\boxed{}$内に，文中の記号で表した適切な式を記入せよ．

流管に沿った座標 s の任意の点での流速を u，圧力を p および密度を ρ とすると，この流れ場に対する運動方程式は体積力の影響を無視すると，

$$u\frac{du}{ds} = \boxed{(1)}$$

で表される．この式を s にそって積分すると，つぎのベルヌーイの式が得られる．

$$\boxed{(2)} + \int\frac{dp}{\rho} = C \qquad \cdots ①$$

ここで，C は定数である．式①の左辺の項 $\int\frac{dp}{\rho}$ は積分を実行すると，非圧縮性流れでは $\boxed{(3)}$ となり，また圧縮性の等エントロピー流れの場合は，比熱比を κ とすると $\boxed{(4)}$ となる．

$$\boxed{(2)} + \boxed{(4)} = C \qquad \cdots ②$$

つぎに，等エントロピー流れにおいてはよどみ点での圧力を p_0，密度を ρ_0 とすると，それらと任意の点での圧力 p と密度 ρ との間には，

$$\frac{p}{\rho} = \boxed{(5)}$$

の関係が成り立つ．したがって，式②を両点間で適用すると任意の点での流速 u は圧力比 $\frac{p}{p_0}$ の関数としてつぎのように表される．

$$u = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1}\frac{p_0}{\rho_0}\left\{\boxed{(6)}\right\}} \qquad \cdots ③$$

また，任意の点での状態が絶対真空の場合はそこでの流速 u は式③から，

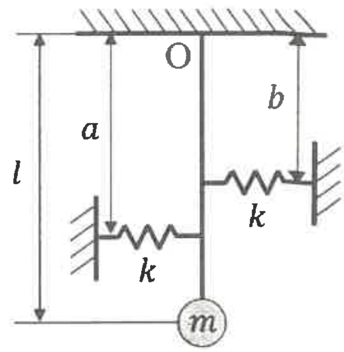
$$u = \boxed{(7)}$$

となる．

２０２６年度第１回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験問題用紙

試　験　科　目	機械工学専攻　修士課程
機械力学・制御工学	

１．図に示すように，質量が無視できる長さlの剛体棒の先端に，質量mの物体を取り付けた振り子があり，棒の支点Ｏから距離aおよび距離bの位置に，ばね定数kのばねがそれぞれ水平に取り付けられている．振り子が鉛直になっているときに静止しているとし，物体の鉛直真下からの振れ角をθとして，物体の運動方程式を求めよ．ただし，振り子は微小振動するものとする．

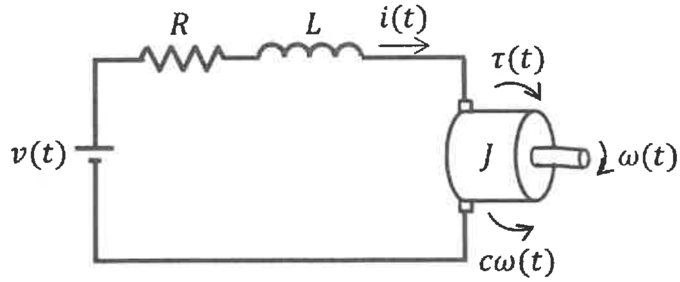


２．図に示される電機子回路を考慮した直流モータの運動方程式は

直流モータ：$J\frac{d\omega(t)}{dt} = \tau(t) - c\omega(t)$

電機子回路：$v(t) = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt} + K_e\omega(t)$

で与えられる．ただし，$\omega(t)$はモータの回転角速度，$\tau(t)$はモータトルク，$i(t)$は電機子電流，$v(t)$は電機子端子電圧，Jはモータの慣性モーメント，cは粘性係数，Rは電機子抵抗，Lはインダクタンス，K_eは逆起電力定数であり，モータトルクはトルク定数K_tを用いて，$\tau(t) = K_t i(t)$で与えられる．

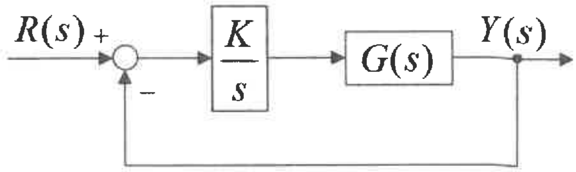


このとき，以下の問いに答えよ．

(1) $v(t)$から$\omega(t)$までの伝達関数$G(s)$を求めよ．

(2) (1)で求めた$G(s)$において，$L = J = c = 1$，$R = 6$，$K_t = K_e = 2$とする．$G(s)$に単位ステップ入力を加えたときの応答を求めよ．

(3) 出力$y(t) = \omega(t)$を目標値$r(t)$に追従させるため，図に示すようなフィードバック制御を行った．ただし，$G(s)$は(1)で求めた伝達関数であり，Kは積分ゲインである．$R(s)$から$Y(s)$までの閉ループ伝達関数$G_c(s)$を求めよ．



２０２６年度第１回法政大学大学院理工学研究科入学者選抜試験問題用紙

試　験　科　目	機械工学専攻　修士課程
材料物性	

1．　アルミニウム合金について単軸引張試験を実施し，公称応力―公称ひずみ曲線を描いたところ，ヤング率 70.0 GPa，降伏点 210 MPa，引張強さ 280 MPa，一様伸び 0.20 が得られた．試験に用いた試験片は，平行部長さ 60 mm，幅 20.0 mm，厚さ 1.0 mm の矩形断面であり，試験片中央から長手方向に ±25.0 mm の位置に取り付けた伸び計により，変形量（伸び計で測定された変位）が記録された．なお，試験中のひずみ（すなわち，全ひずみ）は，弾性ひずみと塑性ひずみの和として定義され，一様伸びは最大荷重時の全ひずみとして評価された．

(1) 本試験において，公称応力―公称ひずみ曲線には明瞭な降伏点が現れなかった．このような材料の降伏点は，一般に何を基準に判断するのが適切か簡潔に述べよ．

(2) 降伏時の荷重 [N]，ひずみ，変形量 [mm] をそれぞれ求めよ．

(3) 最大荷重に達した時点での変形量 [mm] を求めよ．

(4) 引張強さに到達した時点における弾性ひずみと塑性ひずみをそれぞれ求めよ．

2．　応力緩和試験中は，全ひずみ ε が一定であり，これは弾性ひずみ ε_e と塑性ひずみ ε_p の和で表される．応力緩和が Norton 則（$\dot{\varepsilon}_p = \alpha\sigma^n$）に従うとき，緩和試験開始時の初期応力 σ_0 から時間 t の経過に伴う応力 σ の変化が次式で示されることを導出せよ．ただし，$\dot{\varepsilon}_p$ は塑性ひずみ速度，α および n は定数，E はヤング率とする．

$$t = \frac{1}{\alpha E(n-1)}\left(\frac{1}{\sigma^{n-1}} - \frac{1}{{\sigma_0}^{n-1}}\right)$$

3．　ある純鉄試料において，室温下で結晶欠陥を含む単結晶の臨界分解せん断応力は $\tau =$ 30.0 MPa であった．このとき，室温下における多結晶体の降伏応力 σ_y を求めよ．ただし，テイラー因子は，体心立方構造では $M = 2.8$，面心立方構造では $M = 3.0$ とする．

4．　ある単結晶中において，運動転位密度は $2.0 \times 10^9\ \mathrm{cm^{-2}}$ であり，せん断方向に 2.0×10^{-3} /s のひずみ速度で変形している．このとき，転位 1 本あたりの平均移動速度 [mm/s] を求めよ．ただし，バーガースベクトルは 0.25 nm とする．

5．　ある単結晶中の転位密度は $1.0 \times 10^8\ \mathrm{cm^{-2}}$ であった．Bailey-Hirsch 則（$\tau = \alpha G b\sqrt{\rho}$）を用いて，この結晶に外力を加える場合の臨界分解せん断応力 [MPa] を求めよ．ただし，バーガースベクトルは 0.25 nm，剛性率は 50 GPa，結晶中の転位同士が互いに影響し合って運動を妨げる効果を表す係数は 0.50 とする．