問

２０２６年度
第２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]

２０２６年２月１８日（水）
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	

２０２６年度第２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
材料力学	

1. 直径 d, 長さ ℓ を有する中実丸棒の一端が，剛体壁に固定されている．
自由端にねじりモーメント T が作用する場合について，次の問いに答えよ．
ただし，丸棒の横弾性係数を G, 円周率を π とする．
また，付与したねじりモーメントを正とする．
   (1) 丸棒に生じる最大せん断応力 τ_{max} を，π, d および T を用いて表せ．
   (2) 丸棒に生じるねじれ角 ϕ を，π, d, ℓ, G および T を用いて表せ．

2. 直径 D の中実丸軸が，毎分 N 回転で動力 P を伝達している．
丸軸に生じる最大せん断応力 τ_{max} を，π, D, N および P を用いて表せ．

3. 図 1 に示すように，異なった材質で同一の長さ L を有する円柱 1 と円筒 2 が同心に配置されており，その両端は剛体板に接着されている．
この構造の温度を t [℃] だけ上昇させた場合について，次の問いに答えよ．
ただし，円柱 1, 円筒 2 の断面積 A を A_1, A_2, 縦弾性係数 E を E_1, E_2,
線膨張係数 α を α_1, α_2 とする．また，$\alpha_1 < \alpha_2$ とする．
   (1) 円柱 1 に生じる熱応力 σ_1 を，α, t, A および E を用いて表せ．
   (2) 円筒 2 に生じる熱応力 σ_2 を，α, t, A および E を用いて表せ．

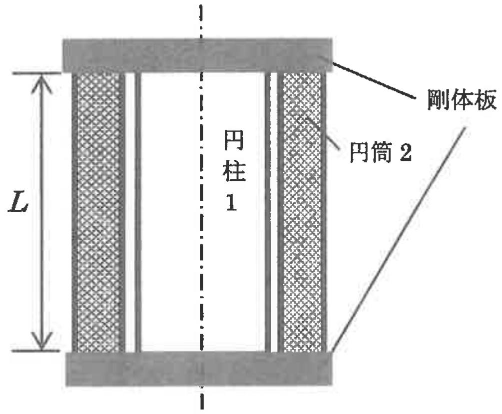


図 1

２０２６年度第２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
熱力学・熱工学	

1．温度 T で燃焼中の表面積 A の固体燃料の表面が完全黒体とする．ステファンーボルツマン定数を σ とする．

(1) ステファンーボルツマンの法則を，50 字程度で説明せよ．
(2) 固体燃料の表面からの全放射熱量 Q を，σ, T, A を用いて表せ．

2．状態 1（圧力 p_1，比体積 v_1）から状態 2（圧力 p_2，比体積 v_2）まで，空気（理想気体とし，定容比熱を C_v，比熱比を κ とする）を断熱変化させた．

(1) 断熱変化の関係を，p_1, p_2, v_1, v_2 および κ を用いて表せ．
(2) 断熱変化での外部になす工業仕事を，p_1，p_2，v_1，v_2 および κ を用いて表せ．

つぎに，状態 1（圧力 p_1，比体積 v_1）から状態 2（圧力 p_2，比体積 v_2）まで，空気（理想気体とし，定容比熱を C_v，比熱比を κ とする）をポリトロープ変化（ポリトロープ指数を n とする）させた．

(3) ポリトロープ比熱 C_n を，C_v, κ および n を用いて表せ．
(4) ポリトロープ変化での比エントロピー変化 s_2-s_1 を，C_v, κ, p_1, p_2 および n を用いて表せ．
(4) の解答は，必ず導出過程も記述すること．

3．質量 m の空気を作動流体とするカルノーサイクルがある（状態 1→状態 2→状態 3→状態 4→状態 1）．各状態は，

状態 1：等温膨張前の空気の温度を T_1，圧力を p_1，体積を V_1
状態 2：等温膨張後の空気の温度を T_2，圧力を p_2，体積を V_2
状態 3：断熱膨張後の空気の温度を T_3，圧力を p_3，体積を V_3
状態 4：等温圧縮後の空気の温度を T_4，圧力を p_4，体積を V_4
とする．

ここで，空気の比熱比を κ，気体定数を R，高温熱源温度を $T_H(=T_1=T_2)$，低温熱源温度を $T_L(=T_3=T_4)$，状態 1→状態 2 の受熱量を Q_{12}，状態 3→状態 4 の放熱量を Q_{34} とする．

(1) 状態 1→状態 2 の受熱量 Q_{12} を，m，R，V_1，V_2 および T_H を用いて表せ．
(2) カルノーサイクルの理論熱効率 η_C を，T_H および T_L を用いて表せ．(2) の解答は，必ず導出過程も記述すること．

２０２６年度第２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または数値で答えよ．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) 体積 V の物体を液体 A と液体 B に入れたところ，それぞれ液面下に $0.5V$ と $0.6V$ が沈んだ状態で静止した．A の密度は B の密度の何倍かを答えよ．
   (2) 体積流量 Q で断面積 S の液体噴流が平板に垂直方向に衝突し，その方向に力 F を作用させている．この液体の密度を答えよ．
   (3) 内径 d の円管内を粘度 μ の液体が完全に発達した層流状態で流れているとき，単位長さあたりの圧力損失が Δp であった．管中心での流速を答えよ．
   (4) 液体 A 中を速度 U で移動する代表長さが L の物体の液体 A との相対運動を調べるのに，流速 $1.5U$ で流れる液体 B 中において代表長さが $0.5L$ の模型で実験をするには，B の動粘度を A の動粘度の何倍にすればよいかを答えよ．
   (5) ジェット機が絶対温度 T，ガス定数 R，比熱比 κ の理想気体中をマッハ数 M で飛行している．ジェット機の飛行速度を答えよ．

2. 二次元直交座標系 x-y における非定常・圧縮性・粘性流れ場に対する x 方向の運動方程式が，

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) \qquad (\mathrm{I})$$

で与えられるとき，つぎの各問いに答えよ．ただし，x と y は直交座標，t は時間，u と v はそれぞれ x と y 方向の速度成分，p は圧力，ρ は密度および μ は粘度とする．
   (1) 式(Ｉ)の流れ場に対する連続の式を答えよ．
   (2) 式(Ｉ)を保存形表示に書き換えよ．（導出過程を記すこと）
   (3) 速度勾配を用いて渦度 ω を表せ．
   (4) 式(Ｉ)を二次元直交座標系 x-y における定常・非圧縮性・非粘性流れ場に対して書き換えよ．
   (5) 二次元直交座標系 x-y における定常・非圧縮性・非粘性流れ場に対する渦度 ω の輸送方程式を導出せよ．（導出過程を記すこと）
   (6) つぎの式で表される二次元の速度場が非圧縮性の流れ場として成立し，さらに非回転の流れ場であることを証明せよ．

$$u=2xy,\quad v=x^2-y^2$$

２０２６年度第２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

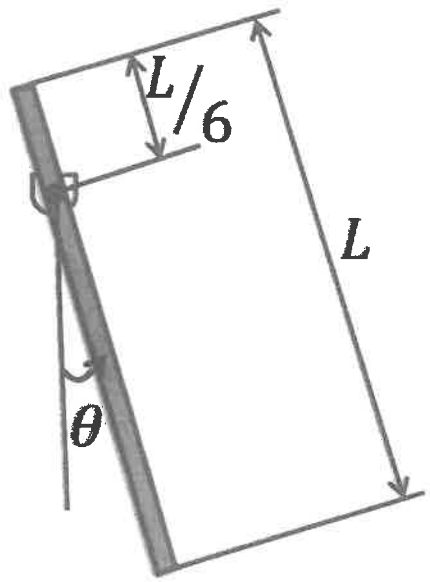
試 験 科 目	機械工学専攻　修士課程
機械力学・制御工学	

1．以下の図に示すように，質量M，長さLで太さが無視できる一様密度M/Lの剛体棒がある．この剛体棒の端から$L/6$の位置を回転支持する．回転支持軸周りの剛体棒の慣性モーメントをIとし，重力加速度の大きさをgとする．ただし，空気抵抗は無視する．以下の問いに答えよ．

(1) 回転支持軸周りの剛体棒の慣性モーメントIを求めよ．

(2) この系が微小振動するとき，剛体棒の鉛直真下からの振れ角をθとし，剛体棒の運動方程式を求めよ．

(3) 固有角振動数ω，固有周期Tを求めよ．



2. 以下の図に示す電気回路について問いに答えよ．

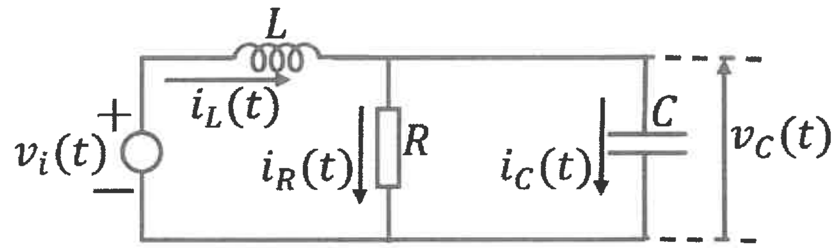
(1) 入力$v_i(t)$，出力$v_C(t)$に関する回路方程式を求めよ．

(2) 入力$v_i(t)$から出力$v_C(t)$までの伝達関数$G(s)$を求めよ．

(3) $R = 10\,\Omega$，$C = 0.02$ Fおよび(2)の伝達関数が$G(s) = \frac{6}{s^2+5s+6}$のとき，インダクタンス$L$を求めよ．

(4) 伝達関数$G(s) = \frac{6}{s^2+5s+6}$のとき，単位ステップ応答を求めよ．

(5) 状態ベクトル$\boldsymbol{x}(t) = [i_L(t)\ v_C(t)]^T$，入力$u(t) = v_i(t)$，出力を$y(t) = v_C(t)$と定義したとき，状態方程式および出力方程式を求めよ．



２０２６年度第２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. 一般的な金属材料において，降伏応力 σ_y と結晶粒径 d の間には Hall–Petch 関係 $\sigma_y = \sigma_0 + k\,d^{-1/2}$ が経験則として成り立つ．次の 3 点の測定値をもとに以下の問いに答えよ．

測定点	結晶粒径 d [μm]	降伏応力 σ_y [MPa]
A	100	200
B	25	260
C	4	440

(1) 測定点 A，B，C における $d^{-1/2}$ を求めよ．

(2) $x = d^{-1/2}$，$y = \sigma_y$ とおくとき，次の最小二乗法の公式を用いて k および σ_0 を求めよ．ただし，n は測定点数とする．

$$k = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}, \qquad \sigma_0 = \frac{\sum y - k\sum x}{n}$$

(3) 結晶粒径 $d = 9$ μm における降伏応力 σ_y を求めよ．

(4) Hall–Petch 関係における σ_0 の物理的意味を結晶粒径に基づき説明せよ．

2. 一般的な金属材料の塑性域では，近似的に Hollomon 則 $\sigma = K(\varepsilon_p)^n$ が成り立つ．ある金属材料の真応力―対数塑性ひずみ関係（$\sigma - \varepsilon_p$）について，次の 3 点の測定値をもとに以下の問いに答えよ．

測定点	対数塑性ひずみ ε_p	真応力 σ [MPa]
A	0.01	100
B	0.04	200
C	0.16	400

(1) 対数ひずみ（真ひずみと同義）ε は，弾性成分と塑性成分に分解できる．Hooke の法則 $\sigma = E\varepsilon_e$ を用いて次式を導出せよ．

$$\varepsilon_p = \varepsilon - \sigma/E$$

(2) Hollomon 則において，両辺の自然対数を取り，測定点 A，B，C のデータを用いて加工硬化指数 n を求めよ．

(3) 得られた n を用いて，塑性係数 K を求めよ．

(4) 得られた n と K を用いて，$\varepsilon_p = 0.25$ のときの真応力 σ を求めよ．