

専攻名 機械科学専攻(一般選抜, 出身学部等限定特別選抜)

試験科目名 専門科目
①材料力学-I

P. 1 / 8

- ・ I を 1 枚の答案用紙に解答し、答案用紙の科目欄には ①材料力学-I と記入すること。
- ・ 解答の経緯を省略せず、明記すること。

I

図1に示すように、両端が固定された全長 $3l$ の棒に、中間断面 b と c にそれぞれ荷重 P と kP (k は定数) が作用している。このとき、この棒は壁から反力 R_1 と R_2 を受ける。各棒のもとの長さを l 、部材 ab の断面積を A 、部材 bc の断面積を αA 、部材 cd の断面積を βA (α と β は正の定数)、ヤング率を E とする。以下の設問に答えなさい。

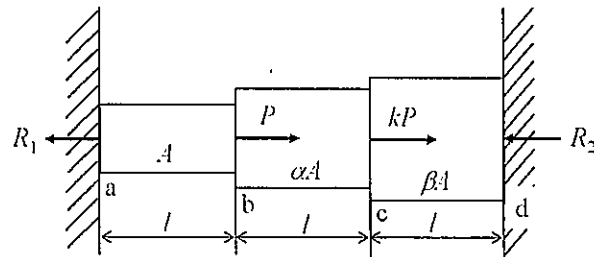


図1

問1 部材 ab 、部材 bc 、部材 cd に生じる応力を R_2 以外の記号を用いて求めなさい。

問2 部材 ab 、部材 bc 、部材 cd の変位を R_2 以外の記号を用いて求めなさい。

問3 反力 R_1 と R_2 を求めなさい。

問4 $k=1$ のとき、部材 cd の変位の大きさが $\frac{1}{3} \frac{Pl}{AE}$ となった。このとき、 α と β の関係を図示しなさい。ま

た、 $\alpha=1.5$ のときの β の値を求めなさい。

問題用紙

専攻名 機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）

試験科目名 専門科目
①材料力学－Ⅱ

P.2 / 8

- ・Ⅱを1枚の答案用紙に解答し，答案用紙の科目名欄には①材料力学－Ⅱと記入すること。
- ・解答の経緯を省略せず，明記すること。

Ⅱ

図2-1に示すように，長さ l のはりが左端で固定され，矢印の向きに集中荷重 P が2カ所作用している。はりのヤング率は E ，断面二次モーメントは I とする。以下の間に答えなさい。なお，長さ L の片持ちはり（曲げ剛性 ED ）の先端に集中荷重 W が作用しているときの先端のたわみとたわみ角は $WL^3/3EI$ ， $WL^2/2EI$ である。

- 問1 せん断力図を書きなさい。
- 問2 曲げモーメント図を書きなさい。
- 問3 はりの断面形状が，横幅 a ，高さ b の長方形であり，その中心から幅 $a/2$ ，高さ $b/2$ の長方形がくり抜かれた形をしている。このときの断面係数を， a および b を用いて求めなさい。
- 問4 はり先端のたわみの大きさと方向を求めなさい。

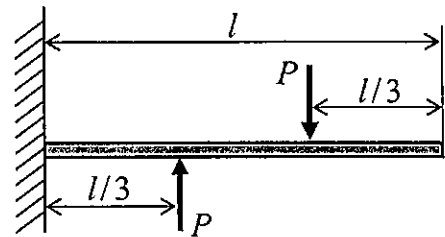


図2-1

次に，図2-2に示すように，はりの右端がバネ定数 k の線形バネで支持されている場合を考える。なお，このバネの自然長は，はりの右端のたわみが0のときである。以下の間に答えなさい。

- 問5 バネから受ける上向きの反力を R とするとき，はり先端のたわみの大きさと方向を求めなさい。
- 問6 このバネは R の力を受けている。このときのバネの変位の大きさと方向を求めなさい。
- 問7 反力 R を求めなさい。
- 問8 バネ定数が無限に大きいとき，曲げモーメントの大きさが最大となる箇所とその値を求めなさい。

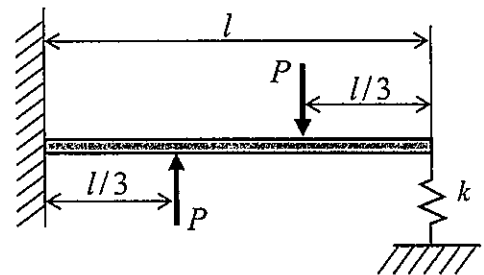


図2-2

問題用紙

専攻名 機械科学専攻(一般選抜, 出身学部等限定特別選抜)

試験科目名 専門科目
②振動工学-I

P.3/8

- ・ I を 1 枚の答案用紙に解答し、答案用紙の科目欄には **②振動工学-I** と記入すること。
- ・ 解答の経緯を省略せず、明記すること。

I

図1に示すように、一端が床に固定された長さ l の均質一様なはりがある。はりの縦弾性係数は E 、断面2次モーメントは I 、曲げこわさは EI であり、鉛直上向きをはりの平衡位置とし、その質量は無視できるものとする。このはりの先端に水平荷重 P を加えた際の横方向への変位を x 、たわみ角を θ とし、それぞれ $x = Pl^3/3EI$ 、 $\theta = Pl^2/2EI$ で与えられるものとする。重力加速度を記号 g で表し、 θ は十分小さいとして、以下の問いに答えなさい。

問1 変形前のはりの軸線と、変形後のはりの軸線の自由端における接線との交点を O とする。変形前のはりの自由端から点 O までの距離 a を記号 l を使って表しなさい。

問2 図2に示すように、このはりの先端に質量 m の質点を取り付けた系は、重力場において倒立振り子として紙面内で左右に振動するものとする。この振動を、図3に示すように、質量の無視できる長さ a の剛体棒の先端に質量 m の質点を取り付けられ、等価ばね定数 K のばねによって支えられた系の点 O まわりの1自由度回転振動と考える。等価ばね定数 K を求めなさい。ただし、図2に示した記号を使って表しなさい。

問3 図3の振動系の点 O まわりの回転の運動方程式および固有角振動数 ω_n を求めなさい。ただし、図3に示した記号を使って表しなさい。

問4 図3の振動系が自由振動を生じない mg の条件を求めなさい。ただし、図3に示した記号を使って表しなさい。

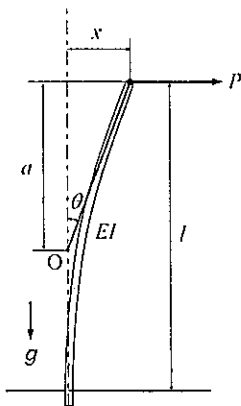


図1

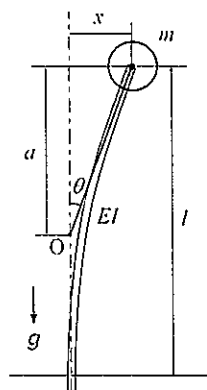


図2

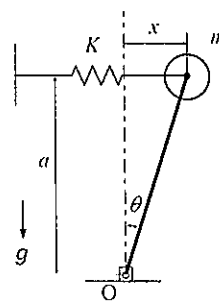


図3

令和7年度（10月期入学）及び令和8年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ②振動工学－II	P.4 / 8

- ・ IIを1枚の答案用紙に解答し，答案用紙の科目欄には②振動工学－IIと記入すること。
- ・ 解答の経緯を省略せず，明記すること。

II

図4に示すような棒，おもり，ばね，台車からなる自由振動する振動系を考える。天井の支点周りに滑らかに振動する長さ L の棒の先端に質量 m_1 のおもりが取り付けられている。また，水平で滑らかな床の上を移動する質量 m_2 の台車がばねを介しておもりに取り付けられている。ばね定数を k とする。棒の重さは考えない。鉛直下向きから反時計回りに測った棒の傾きを θ ，つり合い点から測った台車の右向き変位を x ，重力加速度を g とする。 θ は十分小さいとして，以下の問いに答えなさい。

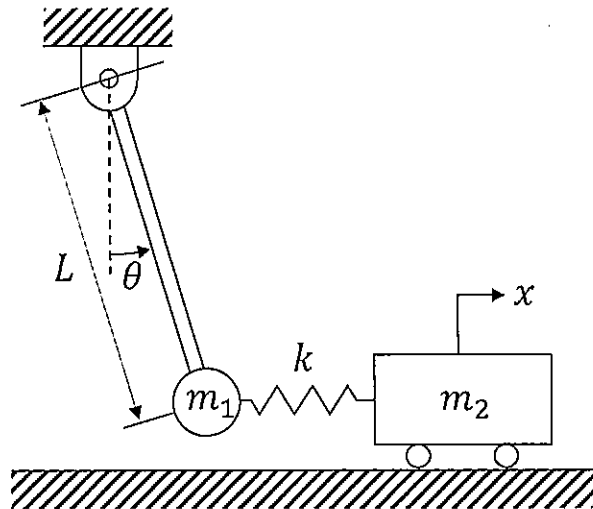


図4

- 問1 おもりの運動エネルギーを求めなさい。
- 問2 台車の運動エネルギーを求めなさい。
- 問3 振動系全体のポテンシャルエネルギーを求めなさい。
- 問4 ばねの代わりに，重さのない剛体の棒で台車をおもりに取り付けた。このとき，棒とおもり，棒と台車の連結部はいずれも回転自由とする。この振動系の固有振動数を求めなさい。

ふたたび，ばね定数 k のばねを介して台車をおもりに取り付けた。

- 問5 おもりの運動方程式を求めなさい。
- 問6 台車の運動方程式を求めなさい。

令和7年度(10月期入学)及び令和8年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	機械科学専攻(一般選抜, 出身学部等限定特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ③流れ学-I	P.5 / 8

- ・Iを1枚の答案用紙に解答し, 答案用紙の科目名欄には ③流れ学-I と記入すること。
- ・解答の経緯を省略せず, 明記すること。

I

図1のように半径 r_0 の滑らかな円管が水平に置かれており, この円管内を水(密度 ρ , 粘度 μ)が定常に流れている。流れは完全発達していると考えて, 重力加速度を g とし, 以下の問に答えなさい。

はじめに, 円管内の流れが層流であった場合について考える。

問1 断面平均流速 v と半径 r_0 などを用いて, 体積流量 Q を表しなさい。

問2 流れが層流状態になる断面平均流速 v の範囲はどのようになるか。粘度 μ と半径 r_0 などを用いて表しなさい。

問3 長さ L の区間における圧力損失 Δp を求めなさい。解答には管摩擦係数 λ_1 を用いなさい。

問4 体積流量 Q は長さ L と Δp などを用いて式(1)で与えられる。問3で求めた関係式と式(1)を利用して, 流れが層流状態の管摩擦係数 λ_1 を, 直径(= $2r_0$)を代表長さとするレイノルズ数 Re を用いて表しなさい。

$$Q = \frac{\pi r_0^4 \Delta p}{8\mu L} \quad (1)$$

問5 長さ L の区間に取り付けたマンメーターの液柱の差 h を求めなさい。解答には Δp を用いなさい。

問6 問5の長さ L の区間において, 水を輸送するために必要な動力 P を求めなさい。解答には Δp と Q を用いなさい。

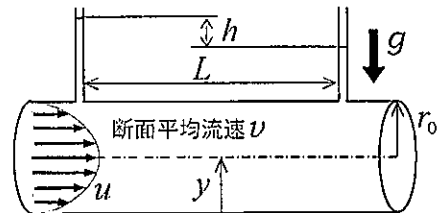


図1

次に, 円管内の流れが乱流であった場合について考える。

問7 管断面に作用する圧力と壁面せん断応力 τ_w とのつり合いを示す式(2)と, 管摩擦による圧力損失から, 壁面せん断応力 τ_w を管摩擦係数 λ_2 と断面平均流速 v を用いて表しなさい。また, 摩擦速度 u_* を用いると, 平均流速 v と摩擦速度 u_* の関係が式(3)で表せることを示しなさい。

$$\tau_w = \frac{\Delta p r_0}{2L} \quad (2), \quad \frac{u_*}{v} = \sqrt{\frac{\lambda_2}{8}} \quad (3)$$

問8 管摩擦係数 λ_2 に関して, ブラジウスの式[式(4)]が成立するものとする。体積流量 Q で水を流す時, 摩擦損失ヘッド h_f は半径 r_0 の何乗に比例するか答えなさい。

$$\lambda_2 = 0.3164 Re^{-1/4} \quad (4)$$

問9 乱流の円管内流速分布において指数法則が成り立つ。管壁面からの距離 y における流速 u は最大流速 u_{max} と円管の半径 r_0 を用いると式(5)で表すことができる。ただし, n は正の数である。これを利用して, 断面平均流速 v と最大流速 u_{max} の比が式(6)で表されることを示しなさい。

$$u = u_{max} \left(\frac{y}{r_0}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (5), \quad \frac{v}{u_{max}} = \frac{2n^2}{(n+1)(2n+1)} \quad (6)$$

問10 問9の式(5)の流速 u が, 断面平均流速 v と等しくなる壁面からの距離 y を求めなさい。

問題用紙

専攻名	機械科学専攻(一般選抜, 出身学部等限定特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ③流れ学-II	P.6 / 8

- ・ II を 1 枚の答案用紙に解答し、答案用紙の科目名欄には ③流れ学-II と記入すること。
- ・ 解答の経緯を省略せず、明記すること。

II

図2に示すような大きなタンクに水が入っている。水面から深さ H のタンク右側壁に直径 d の滑らかな円形ノズルが設置されており、水平方向に水が流出している。ただし、タンクは大気圧が P_a の空気中にあり、水面の高さ H は変化しないものとする。また、空気の密度は水の密度 ρ に比べて無視できる程小さく、重力加速度を g とする。非圧縮性、非粘性の定常流れを考えて、以下の設問に答えなさい。

- 問1 タンク水面から深さ H の静止した水中の点Aにおける絶対圧力 P_2 とゲージ圧力 P_G を図中の記号で表しなさい。
- 問2 タンクの水面(点①)から円形ノズル出口(点②)への同一流線上において、損失が無いベルヌーイの式を書きなさい。ただし、点①における高さを Z_1 、流速を V_1 、圧力を P_1 、点②における高さを Z_2 、流速を V_2 、圧力を P_2 とする。なお、円形ノズルから水が噴出する際の損失はないものとする。
- 問3 円形ノズルから噴出する水の流速 V_2 を図中の記号で表しなさい。
- 問4 円形ノズルから噴出する水の体積流量 Q を図中の記号で表しなさい。
- 問5 円形ノズルから噴出した水が、頂角 2θ の円錐に衝突する。円錐が受ける水平方向の力の大きさ F を図中の記号で表しなさい。なお、水噴流は空気中で広がることなく円錐に衝突し、空気や壁面との摩擦および重力の影響を無視できるとする。
- 問6 円形ノズル出口直径を $d/2$ に小さくした場合、噴出する水によって円錐が受ける力の大きさ F' は、問5の何倍になるか答えなさい。

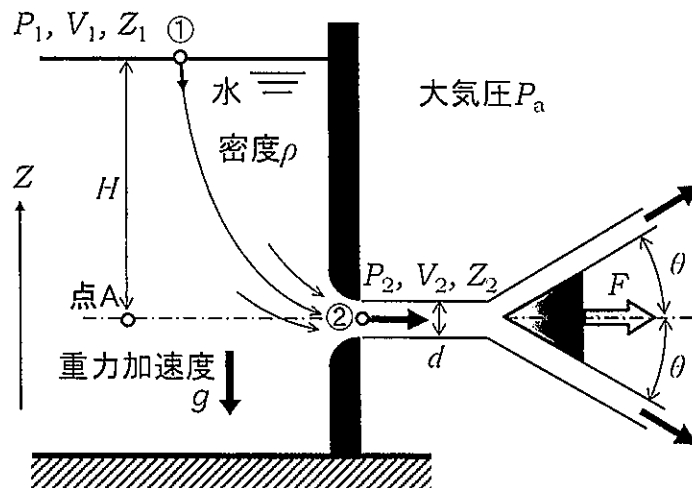


図2

問題用紙

専攻名	機械科学専攻(一般選抜, 出身学部等限定特別選抜)	
試験科目名	専門科目 ④熱力学-I	P.7 / 8

- ・ I を1枚の答案用紙に解答し, 答案用紙の科目欄には ④熱力学-I と記入すること。
- ・ 解答の経緯を省略せず, 明記すること。

I

周囲温度 T_1 [K], 圧力 p_1 [Pa]の雰囲気下に置かれたピストン-シリンダー装置内に圧力 p_1 , 体積 V_1 [m^3], 温度 T_1 の理想気体が入っている(状態1)。この状態でピストンは図1(a)に示されるようにストップ一上に支えられている。ヒーターを用いてシリンダー内の気体に熱を加えたところ, 気体の圧力が $2p_1$ の時, ピストンが動き始めた(状態2)。その後は圧力一定で気体の体積が増え, 図1(b)に示す状態になった(状態3)。気体の状態は準静的に変化し, 気体への熱の出入りはヒーターからのみである。気体の気体定数を R [J/(kg·K)], 比熱比(定圧比熱と定積比熱の比)を κ とする。気体の加熱量を調べたところ, 状態1から状態2までの加熱量を Q_{12} [W], 状態2から状態3までの加熱量を Q_{23} [W] とすると, Q_{23} は Q_{12} の 2κ 倍であった。以下の問いに答えなさい。解答は与えられた記号, 数式および数字で表すこと。

- 問1 状態1から状態3までの過程の p - V (圧力 [Pa] - 体積 [m^3]) 線図を描きなさい。ただし, 状態1, 2, 3に対応する点を明記すること。なお, 定規を使用する必要はない。
- 問2 状態2の気体の温度 T_2 [K]を求めなさい。
- 問3 状態1から状態2までの加熱量 Q_{12} を p_1, V_1, κ を用いて表しなさい。
- 問4 状態3の気体の温度 T_3 [K]を求めなさい。
- 問5 状態1から状態3までの気体がした仕事 L [J]を p_1, V_1 を用いて表しなさい。
- 問6 状態1から状態3までの気体のエントロピー変化量 ΔS [J/K]を p_1, V_1, κ, T_1 を用いて表しなさい。
- 問7 状態3の気体のエクセルギー E [J]を p_1, V_1, κ を用いて表しなさい。

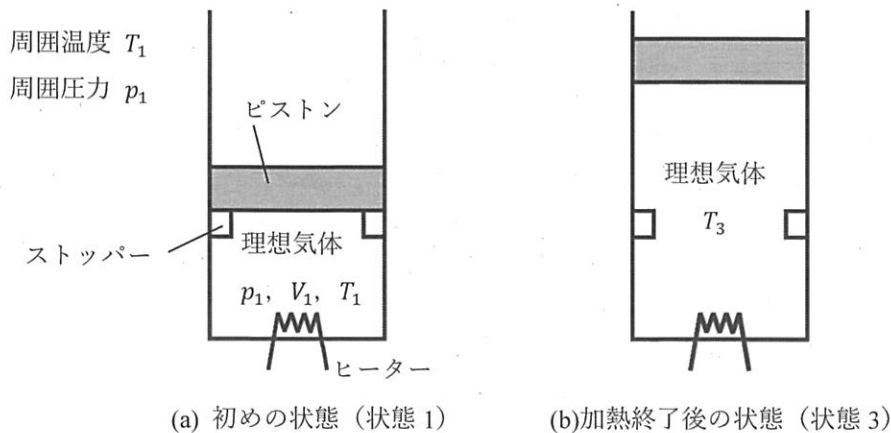


図1

令和7年度（10月期入学）及び令和8年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験
問題用紙

専攻名	機械科学専攻（一般選抜，出身学部等限定特別選抜）	
試験科目名	専門科目 ④熱力学－Ⅱ	P. 8 / 8

- ・Ⅱを1枚の答案用紙に解答し，答案用紙の科目欄には ④熱力学－Ⅱ と記入すること。
- ・解答の経緯を省略せず，明記すること。

Ⅱ

50 Lの密閉容器に100°Cの飽和水蒸気を封入し，容積一定で60°Cになるまで冷却することを考える。

問1 表1に示す水の飽和表を用いて以下の数値を求めなさい。

- (1) 冷却後の乾き度 x
- (2) エンタルピー変化量 ΔH
- (3) 放出した熱量 Q

表1

温度 [°C]	圧力 [kPa]	比体積 [m ³ /kg]		比エンタルピー [kJ/kg]		比エントロピー [kJ/(kg·K)]	
t	p	v'	v''	h'	h''	s'	s''
60	19.94	0.0010171	7.6677	251.2	2608.9	0.8312	7.9082
100	101.4	0.0010435	1.6719	419.1	2675.6	1.3070	7.3541

問2 次の文章中の ① と ② に入る式もしくは文字を示しなさい。ただし， v ， h ， s は，それぞれ，
・ 比体積 [m³/kg]，比エンタルピー [J/kg]，比エントロピー [J/(kg·K)]とする。

この過程のように，純物質の2相（ α 相と β 相）が温度 T [K]および圧力 p [Pa] の平衡状態にある時，それぞれの相の比ギブス自由エネルギー g_α と g_β [J/kg]は等しい。そのため，平衡状態を保ちながら温度と圧力が微小変化してもこの関係が維持されるので， $dg_\alpha = dg_\beta$ が成立する。

一方で， g の微小変化はその定義から $dg = dh - \text{①} - Tds$ という形になる。また，可逆過程におけるエントロピーの定義から， $Tds = du + pdv = dh - \text{②}$ となる。これらを用いれば， $dg = - \text{①} + \text{②}$ が得られる。両相でこの式を適用すれば，以下の Clausius-Clapeyron の式が得られる。

$$\frac{dp}{dT} = \frac{s_\beta - s_\alpha}{v_\beta - v_\alpha} = \frac{h_\beta - h_\alpha}{T(v_\beta - v_\alpha)}$$

問3 95°Cにおける容器内圧力を Clausius-Clapeyron の式を用いて近似的に求めなさい。