

令和 6 年度入学者選抜試験問題
山形大学大学院理工学研究科博士前期課程
(令和 5 年 8 月実施)

【機械システム工学専攻】

専 門 科 目

機械工学（分野：材料力学，熱力学，流体力学，機械力学）

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の本文は，1 ページから 5 ページまでです。
3. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 監督者の指示に従って，すべての解答用紙に受験番号を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合は，採点できないことがあります。
5. 専門科目（機械工学 4 分野）すべてを解答してください。
6. 解答用紙は 4 枚あります。解答は分野毎に異なる解答用紙を用い，それぞれの解答用紙の「受験科目」欄に，解答する分野名（「材料力学」，「熱力学」，「流体力学」，「機械力学」のいずれか）を記入してください。また，解答は
おもて 表面から記入し，おもて 表面に書ききれない場合は裏面を使用しても構いません。
7. 計算によって答えを求めるときは，その過程も示してください。
8. 試験終了後，問題冊子および草案用紙は持ち帰ってください。

令和5年度入学者選抜試験問題
山形大学大学院理工学研究科博士前期課程
(10月入学)
(令和5年8月実施)

【機械システム工学専攻】

専 門 科 目

機械工学（分野：材料力学，熱力学，流体力学，機械力学）

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の本文は，1ページから5ページまでです。
3. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明，ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 監督者の指示に従って，すべての解答用紙に受験番号を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合は，採点できないことがあります。
5. 専門科目（機械工学4分野）すべてを解答してください。
6. 解答用紙は4枚あります。解答は分野毎に異なる解答用紙を用い，それぞれの解答用紙の「受験科目」欄に，解答する分野名（「材料力学」，「熱力学」，「流体力学」，「機械力学」のいずれか）を記入してください。また，解答はおもて表面から記入し，おもて表面に書ききれない場合は裏面を使用しても構いません。
7. 計算によって答えを求めるときは，その過程も示してください。
8. 試験終了後，問題冊子および草案用紙は持ち帰ってください。

分野名：材料力学

1. 図1のように、AB間（長さ $l/2$ ）の直径が d 、BC間（長さ $l/2$ ）の直径が $2d$ である全長 l の段付き丸棒が、上端Cで剛な天井に固定されている。棒のヤング率は E 、質量密度は ρ で、棒全体にわたって一定である。いま、この棒の自重による伸びを考える。下端Aからの距離が x である仮想断面における垂直応力を $\sigma(x)$ として、以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度は g とする。

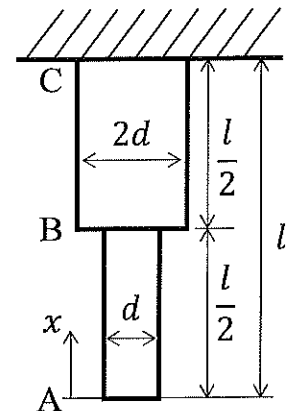


図1

- (1) AB間 ($0 < x < l/2$) における垂直応力 $\sigma(x)$ を求めよ。
- (2) AB間の伸び λ_{AB} を求めよ。
- (3) BC間 ($l/2 < x < l$) における垂直応力 $\sigma(x)$ を求めよ。
- (4) BC間の伸び λ_{BC} を求めよ。
- (5) 棒全体の伸び λ を求めよ。

2. 図2のように、支間長 l の単純支持はりに、単位長さあたりの荷重が w である等分布荷重がかかっている。このはりの曲げ剛性 EI は、はりの全長にわたって一定であるとし、以下の問いに答えよ。

- (1) 支点A, Bにおける支持反力の大きさ R_A, R_B を求めよ。
- (2) 支点Aからの距離が x である点でのせん断力 $F(x)$ を求め、せん断力図(SFD)を描け。図には、せん断力の最大値・最小値とそれらが発生する位置を明示すること。
- (3) 支点Aからの距離が x である点での曲げモーメント $M(x)$ を求め、曲げモーメント図(BMD)を描け。図には、曲げモーメントの最大値・最小値とそれらが発生する位置を明示すること。
- (4) はりの中央(点C)におけるたわみ y_C を求めよ。

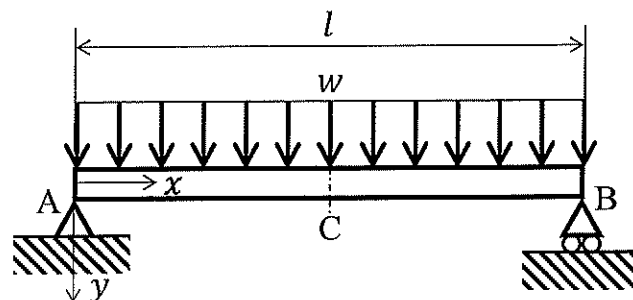


図2

分野名：熱力学

1. ポリトロップ変化 $pV^n = (\text{定数})$ における状態変化について、以下の問いに答えなさい。ただし、ポリトロップ指数を n とする。

- (1) $n = 0$ のときの状態変化の名称を答えなさい。
- (2) $n = \infty$ のときの状態変化の名称を答えなさい。

2. 質量 m の理想気体がポリトロップ変化 $pV^n = (\text{定数}) (0 < n < \infty)$ に従って、温度 T_1 、圧力 p_1 の状態 1 から、温度 T_2 ($T_1 < T_2$) の状態 2 に変化した。以下の問いに答えなさい。ただし、理想気体の定容比熱を c_v 、定圧比熱を c_p 、および気体定数を R とする。

- (1) 状態 1 における体積 V_1 を求めなさい。
- (2) 状態 2 における圧力 p_2 を、 p_1 、 T_1 、 T_2 、 n を用いて表しなさい。
- (3) 内部エネルギーの増加量 ΔU を、 c_p 、 c_v 、 m 、 T_1 、 T_2 の中から適切な記号を用いて求めなさい。

3. 外界から孤立している温度 T_1 の固体 1 と温度 T_2 ($T_1 < T_2$) の固体 2 を接触させてじゅうぶんに時間がたったとき、両者は同じ温度 T_3 になった。固体 1 と固体 2 の熱容量を、それぞれ C_1 、 C_2 、接触前の固体 2 のエントロピーを S_2 、固体 1 と固体 2 を接触させてじゅうぶんに時間がたったあとの固体 2 のエントロピーを S_3 として、以下の問いに答えなさい。

- (1) 温度 T_3 を求めなさい。
- (2) 固体 2 のエントロピー変化 $\Delta S = S_3 - S_2$ を求めなさい。

分野名：流体力学

1. 密度 ρ [kg/m³] の流体が図 1 に示す水平な二次元流路内を通り平板に向けて放出されている。断面 1 では絶対圧力は p_1 [Pa] で、上方から流速 $3u_1$ [m/s]、高さ h [m] の一様流れ、下方から流速 u_1 [m/s]、高さ h [m] の一様流れが断面 1 に導かれている。この二つの流れは格子によって整流され、断面 2 では絶対圧力 p_2 [Pa]、流速 u_2 [m/s]、高さ $2h$ [m] の一様流れとなり、さらに下流では流路が縮小し、断面 3 では流速 u_3 [m/s]、高さ y [m] の一様流れとなって大気圧 p_a [Pa] の大気中に放出される。断面 3 から大気中に放出された噴流は十分大きな面積を持つ固定平板に垂直に衝突し、上下に分かれて板に沿って流れた。流れは非圧縮性定常流れで、紙面に垂直な方向の速度成分を持たないものとして、次の問いに答えよ。ただし、流路の壁面における摩擦、および重力の影響は無視できるとする。

- (1) 断面 2 での流速 u_2 を、 h, p_1, u_1 から必要な記号を用いて表せ。
- (2) 断面 3 での流速 u_3 を、 ρ, p_2, p_a, u_2 を用いて表せ。
- (3) 断面 2 での圧力 p_2 を、 ρ, h, p_a, u_2, y を用いて表せ。
- (4) 平板（紙面に垂直な方向の単位長さ当たり）に断面 3 から放出された噴流が及ぼす力 F_p [N] を、 ρ, y, u_3 を用いて表せ。
- (5) 格子（紙面に垂直な方向の単位長さ当たり）を流れに対して保持するのに要する力 F_g [N] を、 $\rho, h, p_1, p_2, u_1, u_2$ を用いて表せ。

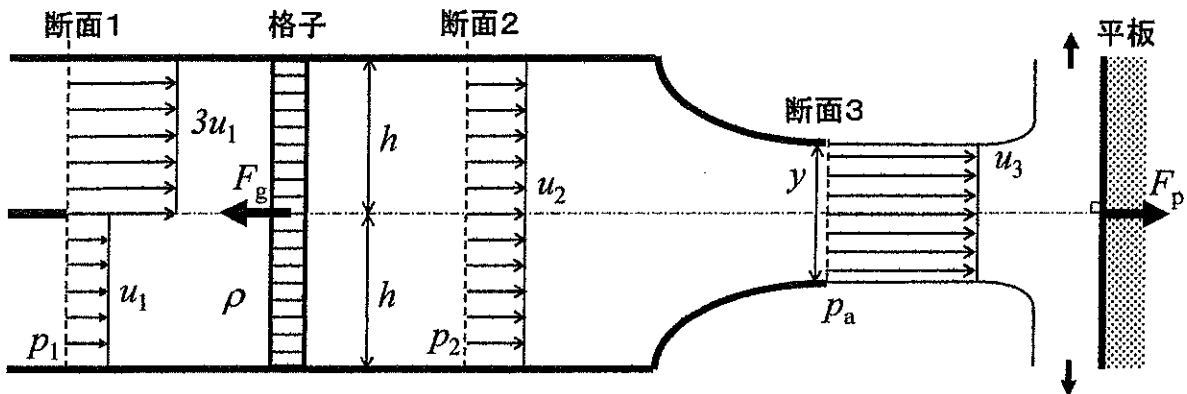


図 1

分野名：機械力学

1. 図 1 のように、半径 r の円弧状の曲面 AB と水平面 BC が、点 B で滑らかに接続されている。曲面 AB の円弧の中心は、点 B の真上の高さ r の位置にある。鉛直下向きの重力加速度を g とする。質量が無視できるばね定数 k のばねの右端が水平面 BC に固定され、左端には質量 m の質点 P が固定されている。ばねは水平で、水平面 BC に接触していない。質点 P は、水平面 BC に置かれている。ばねが自然長のとき、質点 P は点 B の位置にある。曲面 AB (点 B を含む) は滑らかで、質点 P には水平面 BC (点 B は含まない) から摩擦力が作用し、その動摩擦係数を μ' 、静止摩擦係数を μ とする。質点 P が点 B で静止している状態で、曲面 AB の高さ h の点 S に質量 m の質点 Q を置き、静かに手を離れたところ、質点 Q は曲面 AB を滑り落ち、質点 P に弾性衝突した。その後、質点 P は水平面 BC 上を移動し、点 E (図 1 の点線の状態) で速度がゼロになった。以下の問いに答えよ：ただし、ばねは伸び切ったり縮みきったりせずに、常にフックの法則が成り立つとする。

- (1) 質点 Q が質点 P に衝突する直前の質点 Q の速さ v_Q を、 r, h, m, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) 質点 Q が質点 P に衝突した直後の質点 P の速さ v_P を、 r, h, m, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) BE 間の距離 x を、 r, h, m, g, k, μ', μ の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 質点 P が点 E で静止し続ける条件を、 m, g, k, μ', μ, x の中から必要なものを用いて表せ。

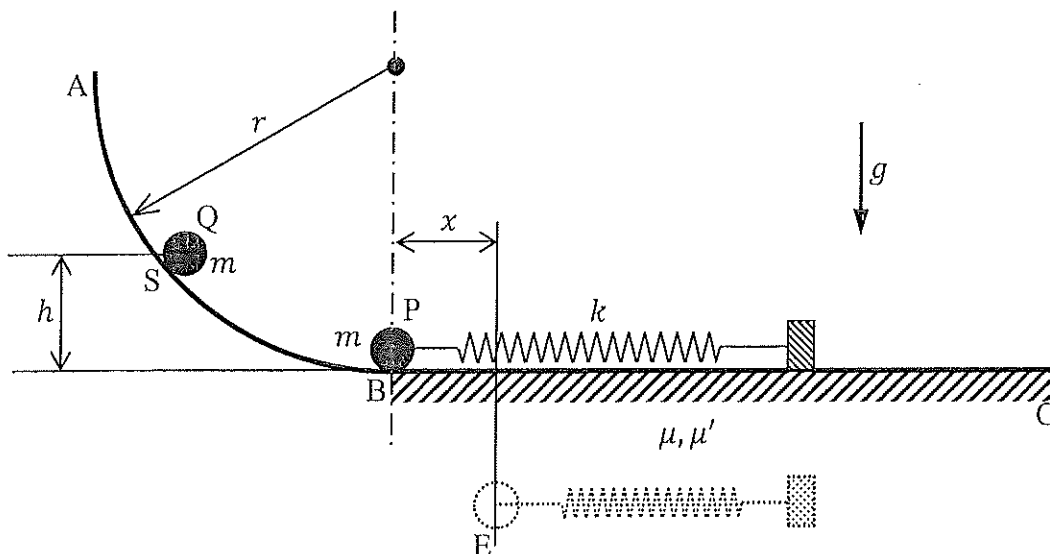


図 1

2. 図 2 のように動滑車(半径 R_1 , 質量 m_1 , 慣性モーメント I_1)が, 天井の固定点と, 定滑車(半径 R_2 , 質量 m_2 , 慣性モーメント I_2)からそれぞれ鉛直下方に張ったワイヤで吊り下げられている。定滑車を回転しないように手で支えて他方のワイヤに質量 W のおもりを静かに吊り下げる。定滑車から静かに手をはなすと, おもりが加速度 b で落下し, 動滑車が加速度 a で上方に動き始めた。ただし, ワイヤはすべらずのび縮みしない。また, ワイヤは細く, その質量は無視できる。同様に, それぞれの滑車の軸は細く, その質量は無視できる。重力加速度を g として次の問いに答えよ。

- (1) 動滑車および定滑車の慣性モーメント I_1, I_2 をそれぞれ R_1, R_2, m_1, m_2 の中から必要なものを用いて表せ。
- (2) 動滑車におけるワイヤの天井側の張力を T_1 , 定滑車側の張力を T_2 とする。動滑車の中心が上昇する運動方程式を m_1, m_2, T_1, T_2, a, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (3) 動滑車の角加速度を $\dot{\omega}_1$ とする。動滑車の回転の運動方程式を $R_1, T_1, T_2, \dot{\omega}_1, I_1$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (4) 定滑車におけるワイヤのおもり側の張力を T_3 , 定滑車の角加速度を $\dot{\omega}_2$ とする。定滑車の回転の運動方程式を $R_2, T_2, T_3, \dot{\omega}_2, I_2$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) おもりが落下する運動方程式を W, T_3, b, g の中から必要なものを用いて表せ。
- (6) 動滑車が上昇する加速度 a およびおもりが落下する加速度 b を, それぞれ m_1, m_2, W, g の中から必要なものを用いて表せ。

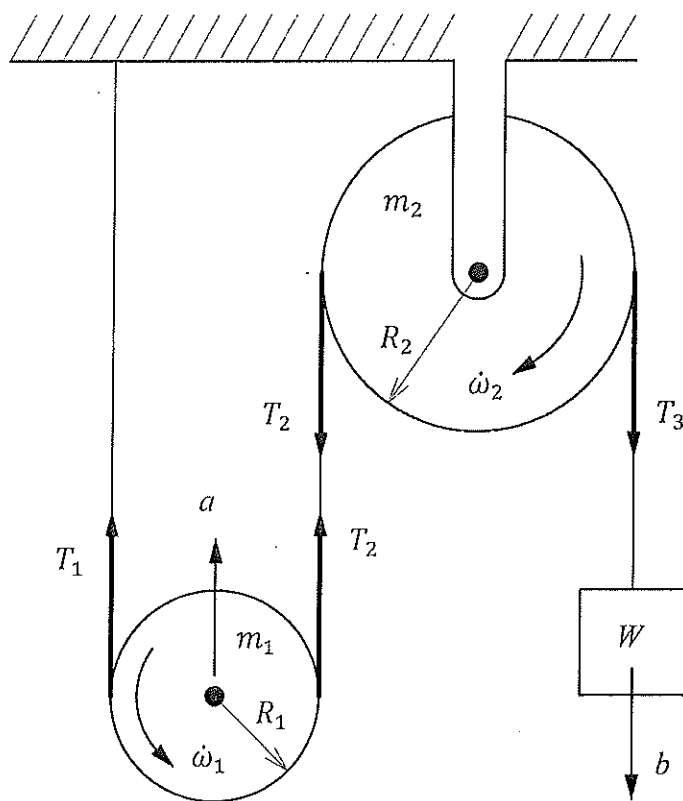


図 2