

平成27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
(平成26年8月実施)

【機械システム工学専攻】

専 門 科 目

(材料力学，熱と流体の力学，運動と力学)

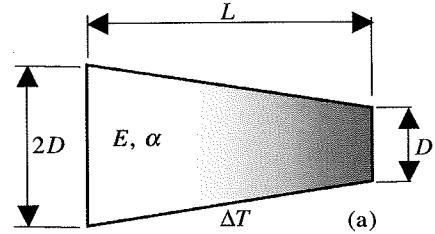
注意事項

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（3科目）すべてを解答してください。**
6. 解答用紙は3枚あります。解答は1科目毎に異なる解答用紙を用いてください。その表^{おもて}から記入し，表^{おもて}に書ききれない場合は裏面を使用しても構いません。また，それぞれの解答用紙の「**受験科目**」欄には**解答する科目名**を記入してください。
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，問題冊子及び草案用紙は持ち帰ってください。

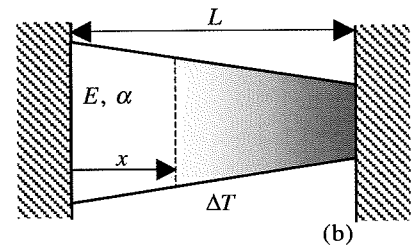
科目名：材料力学

この科目の問題は以下の2題です。2題すべてを解答してください。

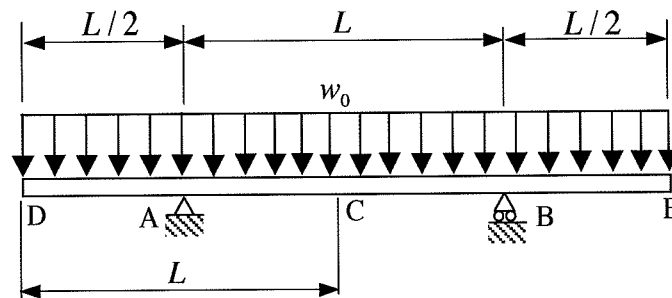
1. 右図(a)のような裁頭円錐形状の棒がある。室温下において左端の直径が $2D$ 、右端の直径が D 、長さは L である。棒のヤング率を E 、線膨張係数を α として以下の問いに答えよ。



- (1) 自由に変形できる状況下で棒の温度が室温から ΔT だけ上昇したとき、棒の軸方向に生じる伸びを求めよ。
- (2) 右図(b)のように、同じ棒を間隔 L の2つの剛壁の間に固定した状態で棒の温度が室温から ΔT だけ上昇した場合に、棒の軸方向に生じる応力を断面位置 (右図(b)中の x) の関数として表せ。さらに、応力の絶対値が最大となる位置とその位置における応力の値を示せ。



2. 下図に示すような等分布荷重 w_0 を受ける全長 $2L$ の両側突出しはりについて、以下の問いに答えよ。



- (1) 支点 A, B からはりが受ける反力をそれぞれ図示し、それらの値を求めよ。
- (2) せん断力図 (SFD), 曲げモーメント図 (BMD) を描け。それぞれの図において、せん断力と曲げモーメントの最大値・最小値、それらが発生する位置を漏れなく明示すること。
- (3) 中央点 C のたわみを求めよ。ただし、曲げ剛性 EI ははり全長に渡って一定とし、たわみは下向きを正として解答すること。

科目名：熱と流体の力学

この科目の問題は以下の2題あります。2題すべてを解答してください。

1. ジュールは図1の装置を用いて気体の自由膨張の実験を行った。まず、容器 A に空気を入れ、容器 B は真空にしておく。つぎに、バルブを開いて、容器 A にあった空気を容器 B に流入させる。十分に時間が経過した状態で熱力学的平衡状態が達成された後に系の温度を測り、実験前と比較する。ジュールはこの実験で、バルブを開く前と後の平衡状態における温度は変化しないことを示した。

そこで、以下の各問に答えよ。ただし、比内部エネルギー u を比容積 v と温度 T の関数 $u = u(v, T)$ で表す。一般に状態量 z が他の2つの状態量 x, y を独立変数とする関数 $z = z(x, y)$ で与えられるときには、これらの状態量の間に

$$\left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z \left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)_x \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y = -1$$

という偏微分量の関係が成立する。

- (1) この実験から、理想気体の $(\partial T / \partial v)_u$ の値を求めよ。

- (2) 偏微分量の関係を $u = u(v, T)$ に適用して

理想気体に対する $(\partial u / \partial v)_T$ の値を求めよ。

また、その解の意味を説明せよ。

- (3) 比エンタルピー h が温度のみの関数であることを示せ。

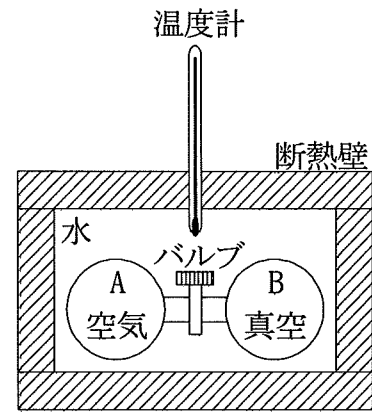


図1

2. 図2に示すように、内径が $d_1[\text{m}]$ から $d_2[\text{m}]$ に緩やかに拡大する円管の中を密度 $\rho[\text{kg/m}^3]$ の水が体積流量 $Q[\text{m}^3/\text{s}]$ で流れている。流れは非圧縮性定常流れで円管内でのエネルギー損失はないものとし、次の問に答えよ。(重力加速度は $g[\text{m/s}^2]$ とする。)

- (1) 管路の断面①と②の平均流速 $V_1[\text{m/s}]$, $V_2[\text{m/s}]$ を、それぞれ Q , d_1 , d_2 から適当な文字を用いて表せ。
- (2) 管路の断面②と①の圧力差 $p_2 - p_1[\text{Pa}]$ および両者に接続されているU字管水銀マノメータの読み $h[\text{m}]$ を、それぞれ ρ_m , ρ , V_1 , V_2 , g から適当な文字を用いて表せ。ここで水銀の密度は $\rho_m[\text{kg/m}^3]$ とする。
- (3) 全圧管が断面②に流れに正対して置かれているとき、水柱マノメータの読み $H[\text{m}]$ を、 ρ , V_1 , V_2 , g から適当な文字を用いて表せ。
- (4) 水が①と②の間の管路に及ぼす力 $F[\text{N}]$ を、 ρ , Q , p_1 , p_2 , V_1 , V_2 , d_1 , d_2 を用いて表せ。
- (5) 管の断面①と②の間のエネルギー損失が $h_f[\text{m}]$ となる場合、U字管水銀マノメータの読み $h[\text{m}]$ および水柱マノメータの読み $H[\text{m}]$ を、それぞれ ρ_m , h_f , ρ , V_1 , V_2 , g から適当な文字を用いて表せ。

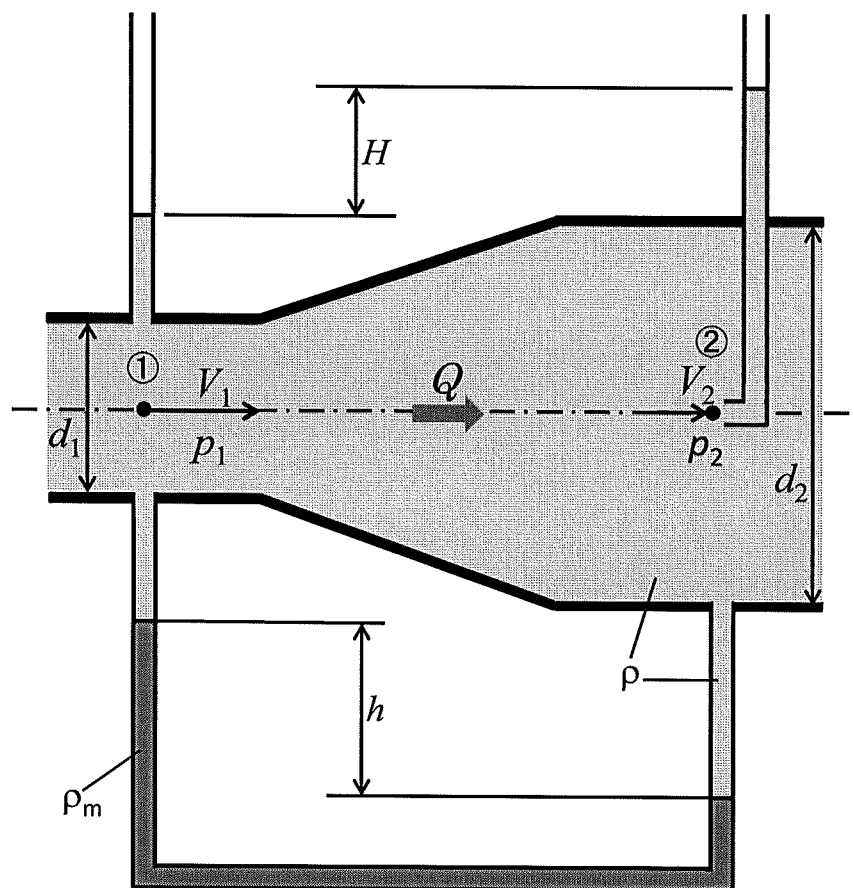


图 2

科目名：運動と力学

1. 図 1 に示すように、長さ L 、質量 m_L の一様な形状の細いロッドに、半径 R 、質量 m_R の円板を取り付けた振り子がある。この振り子の端部の一方は、支点 O で天井に連結されている。支点 O から円板の中心までの距離は $2/5L$ である ($2/5L > R$)。ロッドも円板も剛体とみなすことができ、支点 O の摩擦および空気抵抗の影響は無視してよい。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 円板部のみの支点 O まわりの慣性モーメント I_R を、 m_R, L, R を用いて表せ。
- (2) 円板とロッドの振り子がもつ支点 O まわりの慣性モーメント I_O を、 m_L, I_R, L を用いて表せ。

つづいて、図 2 のように、長さ W 、質量 M の一様な形状の可動はりを、前問と同一の振り子を 2 本用いて（振り子 1 および振り子 2）、点 A および点 B で連結した。また、これら振り子のもう一方の端部は、それぞれ天井へ支点 O および支点 O' で連結した。 OO' 間は可動はりの長さに等しい。各支点と連結点における回転の摩擦は無視できる。可動はりを静かに持ち上げて放し、運動させた。鉛直線からの角変位を θ とする。このとき、図 3 と図 4 のように、各々の振り子と可動はりは、それぞれ点 A および点 B において、振り子の長さ方向に T 、その垂直方向に F の力を及ぼし合っているとする。作用力 T と F によって可動はりの重心 G まわりに回転運動は生じなく、可動はりの重心 G は、振り子における点 A および点 B と同様の運動となる。重力加速度を g とし、以下の問いに答えよ。

- (3) 振り子 1 の回転の運動方程式を、 $L, m_L, m_R, I_O, F, \theta, \ddot{\theta}, g$ を用いて表せ。
- (4) 振り子の長さ方向 (r 方向)、それと直交する方向 (θ 方向) のそれぞれの方向について、可動はりの重心の運動方程式を、 $M, L, \ddot{r}, \theta, \ddot{\theta}, g, F, T$ の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) 可動はりの θ 方向の運動方程式を、 F を用いずに、 $M, m_L, m_R, I_O, L, \theta, \ddot{\theta}, g$ を用いて表せ。

- (6) 角変位 θ が十分小さく $\sin\theta=\theta$ とみなせるとき、前問(5)で求めた運動方程式は線形 2 階微分方程式に帰着することができ、この運動系は単振動することがわかる。固有角振動数 ω を、 M, m_L, m_R, I_O, L, g を用いて表せ。
- (7) 振り子の先端が最下点を通過する瞬間の角速度が Ω だったとき、可動はりが到達する最下点からの高さ H を、 $\Omega, L, M, m_L, m_R, I_O, g$ を用いて表せ。

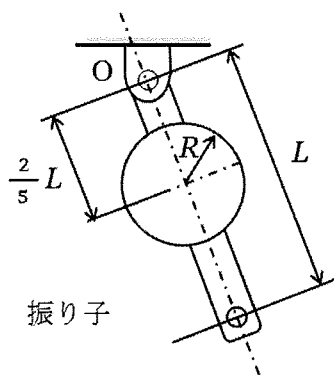


図 1

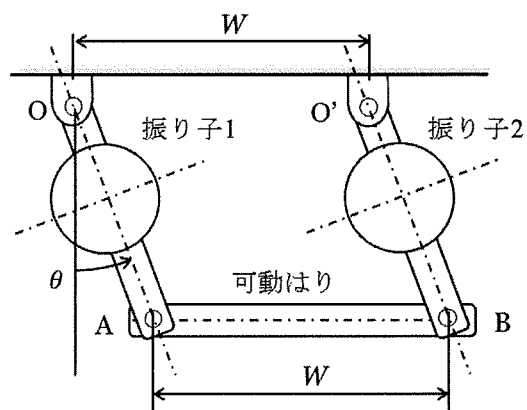


図 2

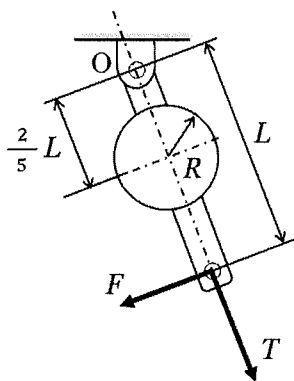


図 3

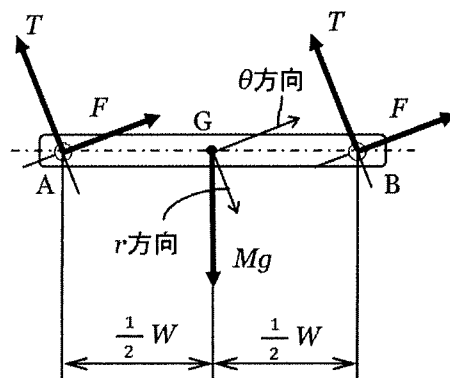


図 4