

専門基礎（90分）

（機械工学課程）

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この問題用紙と解答用紙を開いてはいけません。
2. 問題は、4ページからなっています。また、解答用紙は4枚、下書用紙は1枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙（合計4枚）の受験番号欄（合計8箇所）に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この問題用紙の白紙と余白は、適宜下書きに使用してよろしい。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。なお、指定された場所以外や、裏面への解答は採点対象外です。また、解答や受験番号が判読不能の場合にも、採点対象外になります。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. 問題用紙、下書用紙は、持ち帰りなさい。

I

図1-1のように、断熱材でできたピストン・シリンダー装置の中に、単位質量の単原子分子の理想気体が封入されている。シリンダーは鉛直に立てられており、その内部には気体を加熱するためのヒーターが取り付けられている。シリンダーの内壁にはストッパーが取り付けられてあり、質量 M 、断面積 S のピストンは、気密性を保ちながらストッパーの上側を滑らかに動くことができる。大気圧を p_0 、重力加速度の大きさを g として、以下の問いに答えなさい。ただし、理想気体の気体定数を R 、定容比熱を $3R/2$ とする。また、ピストン、シリンダー、ヒーター、ストッパーの熱容量とストッパー、ヒーターの体積は無視できるものとする。

初め、ピストンはストッパーに接しており、シリンダー内の気体の圧力は p_0 、体積は V_0 であった。この状態を状態1とする。

(1) 状態1の気体の温度を求めなさい。

次に、ヒーターを用いて気体をゆっくりと加熱したところ、ピストンは上に動き始めた。ピストンが動き始めた瞬間の状態を状態2とする。

(2) 状態2の気体の温度を求めなさい。

状態2の後、加熱を続けるとピストンはゆっくりと上昇し、気体の体積が $2V_0$ になった。気体の体積が $2V_0$ になったときの状態を状態3とする。

(3) 状態3の気体の温度を求めなさい。

(4) 状態1から状態3までの過程において、気体に加えられた熱量を求めなさい。

(5) 状態1から状態3までの過程における、気体のエントロピー変化を求めなさい。

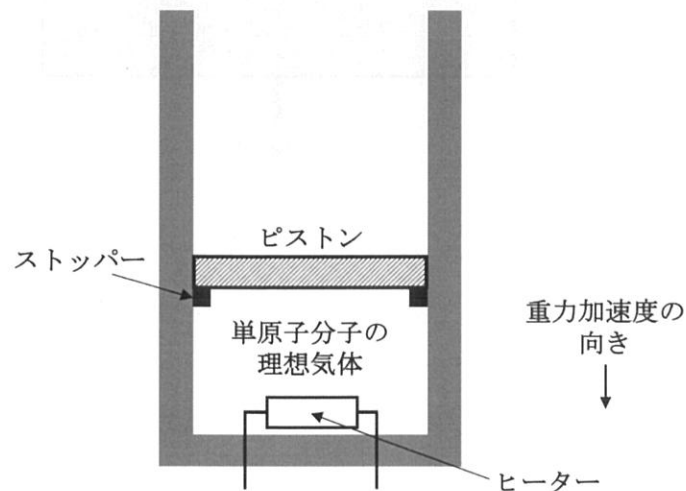


図1-1

II

図2-1のように、内径 d_A 、外径 $2d_A$ 、縦弾性係数 E_A の円筒 A と直径 d_B 、縦弾性係数 E_B の中実丸棒 B の両端面を剛体板で結合した組み合わせ棒に引張荷重 P が加えられた状態を考える。円筒 A および丸棒 B の元の長さを l として、以下の問いに答えなさい。ただし、重力の影響は考えなくてよい。

- (1) 円筒 A に生じる引張応力 σ_A および丸棒 B に生じる引張応力 σ_B の関係を、縦弾性係数 E_A 、 E_B を使って表しなさい。
- (2) 円筒 A に生じる引張応力 σ_A および丸棒 B に生じる引張応力 σ_B を求めなさい。
- (3) 引張荷重 P による組み合わせ棒の伸び λ を求めなさい。

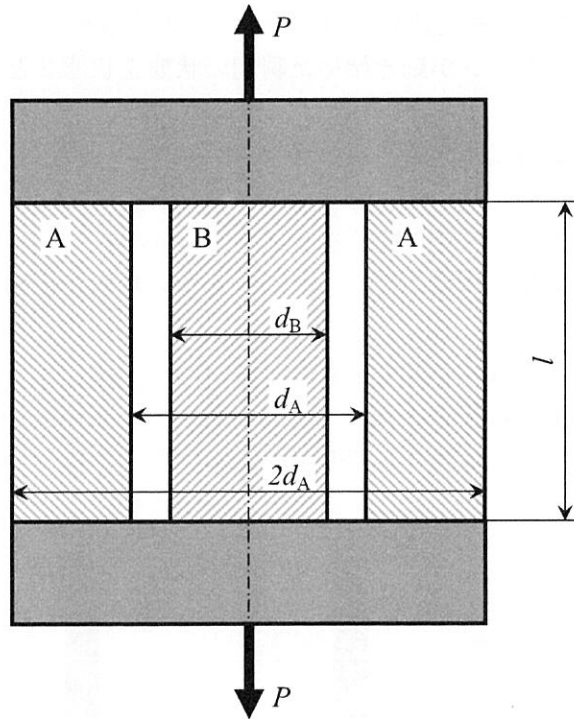


図 2 - 1

III

図3-1に示す、ばね1, 2, ダッシュポット, 滑車および質点からなる系を考える。ばね1, 2はそれぞればね定数 k_1, k_2 を有し, ダッシュポットの粘性減衰係数を c , 質点の質量を m とする。重力加速度は g であるとし, 系の平衡状態における質点の位置からの変位を $x(t)$ として下向きを正とする。ばね1, 2は質量が無視できるワイヤーで一端を天井に結合され, 他端はワイヤーで相互に結合され, たうで滑車にかけられている。ダッシュポットの一端も天井にワイヤーで結合されており, もう一端は滑車の回転軸に取り付けられている。また, 質点はワイヤーで滑車の回転軸からつるされている。滑車は, 回転軸周りに自由に回転でき, 回転軸に摩擦はなく, その質量および慣性モーメントは無視できるものとする。ワイヤーと滑車は滑らず, ワイヤーは伸縮せずたるまないとして, 以下の問いに答えなさい。

- (1) ばね1, 2が自然長である状態から静かに質点を下すと, 質点はその位置から h だけ下へ変位し平衡状態となった。このときの, ばね1, 2それぞれの伸び x_1, x_2 を求めなさい。
- (2) 図3-1に示すばね1, 2を1つのばねと見たとき, その合成ばね定数 k を k_1, k_2 で表しなさい。
- (3) この系の $x(t)$ に関する運動方程式を求めなさい。また, これに対応する特性方程式を示しなさい。
- (4) 質点を平衡状態から微小量 x_0 だけ下方に引き下げ, 時刻 $t=0$ で静かに放したところ, 減衰振動を見せた。円振動数を ω_n として質点の平衡状態からの変位 $x(t)$ を表す式を求めなさい。
- (5) 円振動数 ω_n および減衰比 ζ を求めなさい。
- (6) 図3-1の系に対し, その変位応答が臨界減衰となるように設計したい。このときに必要なダッシュポットの粘性減衰係数 c_c を求めなさい。

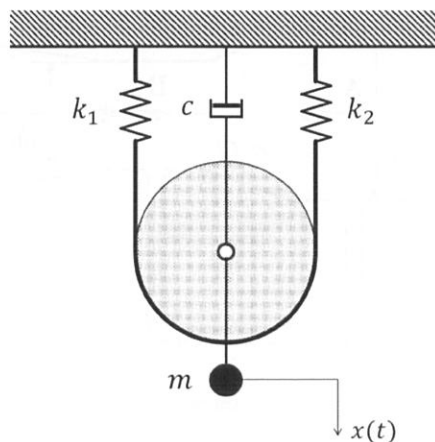


図3-1

IV

図4-1, 図4-2に示されるように, 断面積が変化する太管が水平に置かれ, その管内を密度 ρ , 体積流量 Q の完全流体が流れている. 図4-1の太管の上部には2本の細管が取り付けられており, 大気に開放されている. 一方, 図4-2の太管の下部には細いU字管が取り付けられており, その中には密度 ρ_c の液体が封入されている. いずれの図においても, 点Aの位置での太管の直径を d_a , 点Bの位置での太管の直径を d_b とすると, 以下の問いに答えなさい. ただし, 重力加速度を g とし, 管内における流体のエネルギー損失は無視できるものとする.

- (1) 図4-1における点Aでの流速 u_a を, d_a , Q を用いて表しなさい.
- (2) 図4-1における点Aと点Bでの圧力差 Δp を, d_a , d_b , Q , ρ を用いて表しなさい.
- (3) 図4-1の上流と下流の細管における液柱差 h_p を, d_a , d_b , Q を用いて表しなさい.
- (4) 図4-2のU字管における液柱差 h_q を, d_a , d_b , Q , ρ , ρ_c を用いて表しなさい.

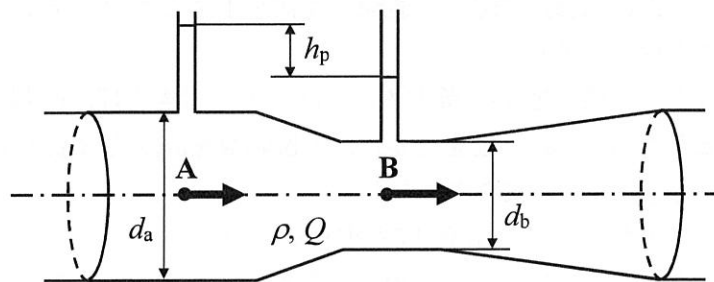


図4-1

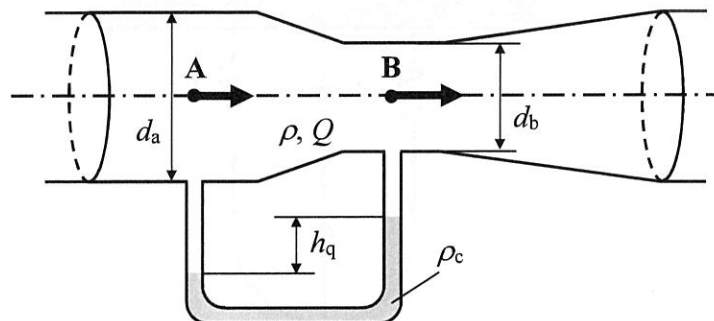


図4-2