

令和8年度
三重大学大学院工学研究科
博士前期課程
機械工学専攻
入学試験 学力検査問題

基礎および専門

(機械力学, 材料力学, 流体力学, 熱力学, 制御工学 5科目必修)

令和7年8月19日 9:00~12:00

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は、「基礎および専門」の問題で、表紙を除いて11ページあります。落丁や汚損があるときには、速やかに申し出なさい。各科目のページ数は以下のとおりです。
機械力学 (2ページ), 材料力学 (2ページ), 流体力学 (2ページ), 熱力学 (3ページ), 制御工学 (2ページ), 表紙と
全ての問題用紙兼解答用紙および解答用紙の所定の欄に受験番号を記入しなさい。
3. 各用紙上方の線より上側に解答を記入してはいけません。問題用紙は綴じたまま取り扱いなさい。
4. 机の上には、受験票、筆記用具、時計以外を置いてはいけません。時計のアラーム、携帯電話の電源は切りなさい。
5. 問題冊子を検査場から持ち出してはいけません。

受験番号	
------	--

機械力学

1

図1のように、質量 m の物体に減衰係数 c の減衰器とばね定数 k のばねを取り付けた1自由度振動系を考える。時刻 t での物体の位置を $x(t)$ とし、その原点は物体とばねの釣り合いの位置とする。 $c^2 < 4mk$ のとき、以下の問に答えよ。

- (1) 物体の自由振動の運動方程式を示せ。
- (2) 自由振動の角振動数を求めよ。
- (3) 時刻 $t = 0$ を t_0 とし、自由振動の1周期後の時刻を t_1 、 n 周期後の時刻を t_n とすると、 $x(t_n)/x(t_{n+1})$ を求めよ。ただし、 $x(0) \neq 0$ とする。
- (4) 図2のように、物体に $P \cos \omega t$ の強制力を加えたときの強制振動の振幅を、 ω 、 $\omega_n = \sqrt{k/m}$ 、 $\zeta (= c/2\sqrt{mk})$ 、 $x_s (= P/k)$ を用いて示せ。
- (5) 強制振動において速度の振幅が最大となるときの角振動数 ω を求めよ。

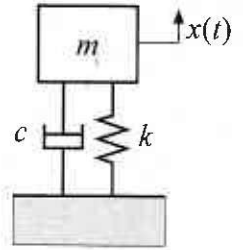


図1

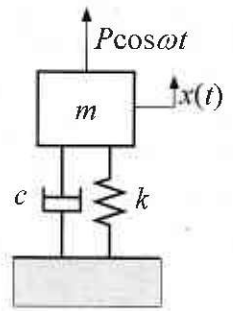


図2

機械力学

1

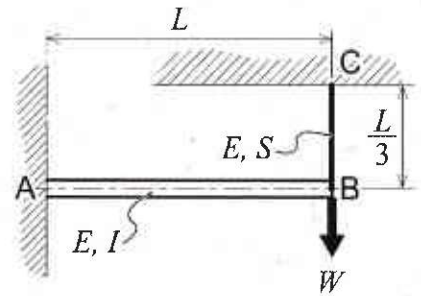
(解答つづき)

材料力学

2-1

図のように、長さ L 、断面 2 次モーメント I の片持ちはり AB の先端 (B 点) が、長さ $L/3$ 、断面積 S のワイヤロープ BC で天井とつながれている。ワイヤロープはたるみがないものとする。片持ちはり AB およびワイヤロープ BC のヤング率をいずれも E とする。

構造物 ABC の B 点に鉛直下向きの荷重 W を作用させたとき、ワイヤロープに作用している応力を求めなさい。ただし荷重の作用による B 点の水平方向の変位と構造物の自重は無視してよい。

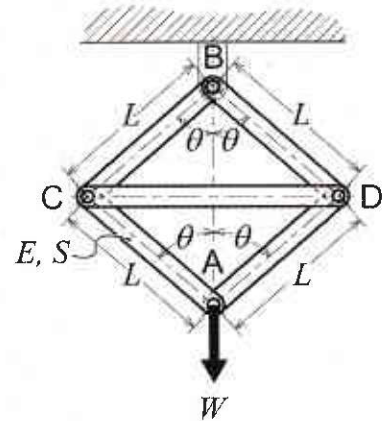


材料力学

2-2

図のように、長さ L の棒 AC , AD , BC , BD を回転可能なピンで接続し、別の棒で CD 間を接続した骨組み構造がある。棒 CD も C 点、 D 点において他の棒とピン接続されている。線分 AB に対して、棒 AC , AD , BC , BD がなす角はいずれも等しく、 θ であらわすものとする。すべての棒の断面積を S 、ヤング率を E とする。この骨組み構造を B 点で吊り下げ、 A 点に BA 方向の荷重 W を静かに作用させた。次の問に答えなさい。ただし構造物の自重は無視してよい。

- (1) 棒 CD に作用する応力を求めなさい。
- (2) 荷重の作用によってすべての棒の長手方向のひずみの大きさ $|\varepsilon|$ が等しくなるとき、変形前の構造物の θ を求めなさい。



流体力学

3-1

図1に示すように、容器1と容器2が管を介して、水銀を用いたU字管マンノメータにつながれている。容器1内の点Aの圧力は p_A [Pa]、容器2内の点Bの圧力は p_B [Pa]である。容器1からU字管マンノメータの水銀の界面Xまでは水が満たされており、容器2からU字管マンノメータの水銀の界面Yまではアルコールが満たされている。マンノメータの界面Yと界面Xとの高さの差（マンノメータの読み）は h [m]、界面Xと点Bとの高さの差は a [m]、点Bと点Aとの高さの差は b [m]である。水、アルコールおよび水銀の密度は一定でそれぞれ ρ_w [kg/m³]、 ρ_a [kg/m³]、 ρ_{Hg} [kg/m³]、重力加速度の大きさを g [m/s²]とすると、圧力差 $(p_A - p_B)$ [Pa]を求めなさい。なお、マンノメータの水銀は静止しているものとする。

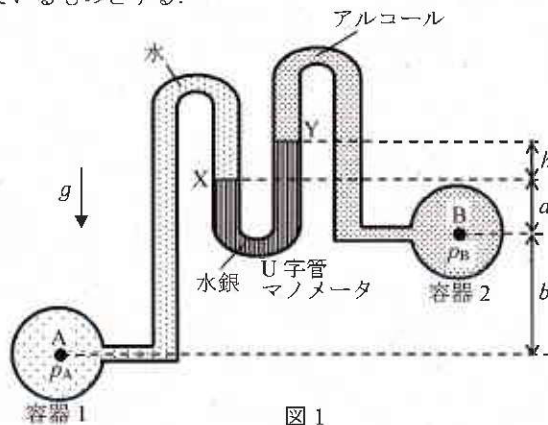


図1

流体力学

3-2

図2に示すように、幅が b [m] の液体の二次元非圧縮性流れが、 xy 面内の x の正方向に一定速度 V [m/s] でノズルから大気中に噴出している。液体は、一定速度 U ($U < V$) [m/s] で x の正方向に移動しているバケットに沿って断面①からなめらかに流入し、バケットによって x の正方向からとった角度 θ ($\frac{\pi}{2} < \theta < \pi$) [rad] だけ向きを変えて断面②から流出している。液体は非粘性であり、重力と粘性の影響はなく、バケットの断面①と断面②の高さの差を無視し、全ての損失はないものとする。以下の問に答えなさい。ただし、流れは紙面垂直方向に単位幅とし、液体の密度を ρ [kg/m³]、円周率を π とする。

- (1) 液体がバケットに及ぼす力の x 方向成分 [N] を求めなさい。
- (2) 液体がバケットに及ぼす力の y 方向成分 [N] を求めなさい。
- (3) 液体がバケットに及ぼす力の x 方向成分によって、バケットがなされる仕事率 [W] を求めなさい。
- (4) バケットの速度 U を変化させるとき、問(3)で求めた仕事率が最大となる U を、 V を用いた式で表しなさい。

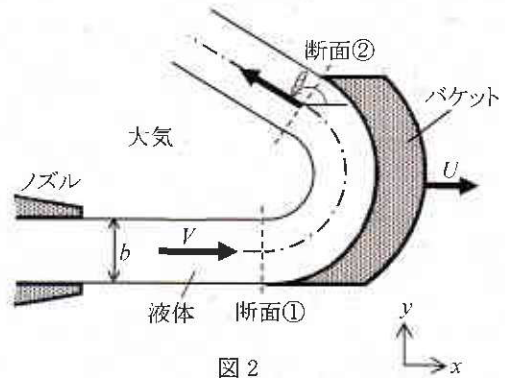


図2

熱力学

4-1

以下の間に答えなさい。導出に必要なパラメータについては、各自で定義して使用しなさい。

- (1) 絶対圧力 p [Pa], 体積 V [m³], 温度 T [K] の単原子分子の理想気体 n [mol] について, 状態方程式が $pV = nR_0T$ で表される。これより, この理想気体の状態方程式が $p = \rho RT$ で表されることを導出しなさい。ここで, R_0 [J/(mol·K)] は一般気体定数, ρ [kg/m³] と R [J/(kg·K)] は, それぞれこの理想気体の密度と気体定数である。
- (2) 理想気体の可逆断熱過程について, 絶対圧力 p [Pa] と比体積 v [m³/kg] の関係が $pv^\kappa = \text{一定}$ となることを導出しなさい。ここで, κ は気体の比熱比を示す。
- (3) 体積 V_i [m³] の容器が仕切りによって体積の異なる m 個の部屋に区切られ, それぞれの部屋に異なる種類の理想気体が入っている。この仕切りを同時に取り除き, 気体を混合させる。この容器と仕切りは, 断熱材で作られている。この気体の混合では, 各気体は互いに干渉せず化学反応は無いものとし, 混合気体も理想気体とみなせるものとする。ここで, 混合前の部屋 i ($i=1, 2, \dots, m$) に入っている気体の質量, 温度, 絶対圧力, 体積, 定圧比熱および定容比熱をそれぞれ, G_i [kg], T_i [K], p_i [Pa], V_i [m³], c_{pi} [J/(kg·K)], c_{vi} [J/(kg·K)] とし, 混合気体の温度と絶対圧力をそれぞれ T [K], p [Pa] とする。
- (a) 混合気体の温度 T [K] を, 与えられた記号の中から必要なものを用いて表しなさい。
- (b) 混合気体の絶対圧力 p [Pa] を, 与えられた記号の中から必要なものを用いて表しなさい。

熱力学

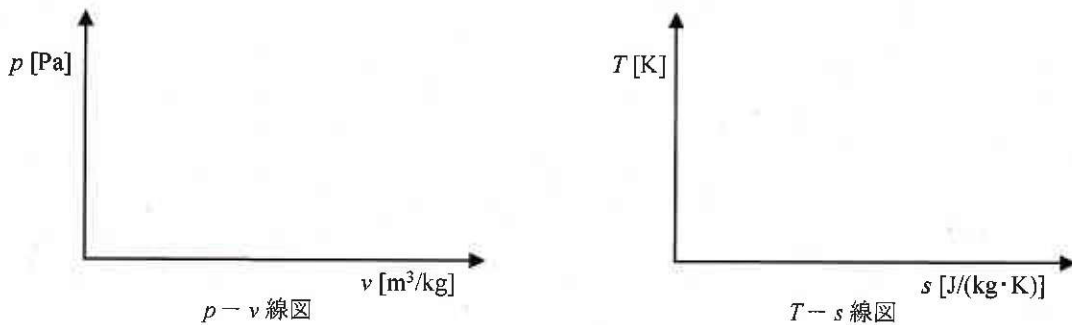
4-2

以下の7つの行程から構成される内燃機関のサイクルについて考える。番号0~5は動作流体の状態番号であり、動作流体は理想気体とみなせるものとする。

- 行程0→1: 大気圧下の吸気過程, 行程1→2: 断熱圧縮過程, 行程2→3: 定容加熱過程,
 行程3→4: 定圧加熱過程, 行程4→5: 断熱膨張過程, 行程5→1: 定容冷却過程,
 行程1→0: 燃焼ガスの排気過程

ここで、動作流体の各状態について、絶対圧力を $p_0 \sim p_5$ [Pa], 比体積を $v_0 \sim v_5$ [m^3/kg], 温度を $T_0 \sim T_5$ [K], 比エントロピーを $s_1 \sim s_5$ [$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$]とし、この動作流体の定圧比熱と定容比熱をそれぞれ c_p [$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$], c_v [$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$]とする。

- (1) このサイクルの $p-v$ 線図と $T-s$ 線図を描きなさい。各行程について、直線と曲線を区別して描画すること。また、図には、各行程と動作流体の状態番号 ($p-v$ 線図については0~5, $T-s$ 線図については1~5) も付しなさい。



- (2) このサイクルで、動作流体1kgあたりの1サイクルの加熱量の大きさを $T_0 \sim T_5$, c_p , c_v の中から必要な記号を用いて示しなさい。

解答欄

[J/kg]

- (3) このサイクルで、動作流体1kgあたりの1サイクルの出力の大きさを $T_0 \sim T_5$, c_p , c_v の中から必要な記号を用いて示しなさい。

解答欄

[J/kg]

- (4) このサイクルの理論熱効率 η を $T_0 \sim T_5$, c_p , c_v の中から必要な記号を用いて示しなさい。

解答欄

熱力学

4-3

図1は、ランキンサイクルとよばれる蒸気サイクルの基本的な構成要素の配置を示す。また、図中の数字1~4は、動作流体の状態番号を示す。状態1の飽和水が給水ポンプで断熱圧縮され状態2になる。圧縮水は、ボイラと過熱器により等圧加熱され状態3になる。その後、過熱蒸気は蒸気タービンで断熱膨張し、湿り蒸気4になる。湿り蒸気は復水器により等温、等圧の下で凝縮し、状態1の飽和水になる。ボイラ、過熱器および蒸気タービンは断熱されている。また、このサイクルの給水ポンプで水は断熱的に圧縮され比体積は変化しないものとし、以下の間に答えなさい。なお、動作流体のパラメータを以下の様に定め、各状態番号を添え字で示すものとする。

絶対圧力： $p_1 \sim p_4$ [Pa]，比体積： $v_1 \sim v_4$ [m^3/kg]，温度： $T_1 \sim T_4$ [K]，比エントロピー： $s_1 \sim s_4$ [$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$]，
比エンタルピー： $h_1 \sim h_4$ [J/kg]

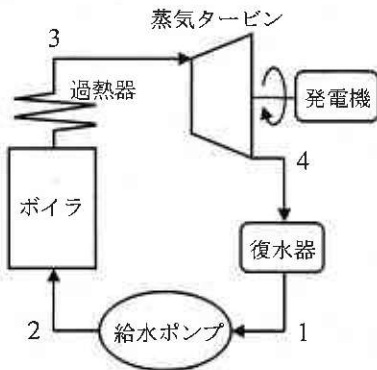
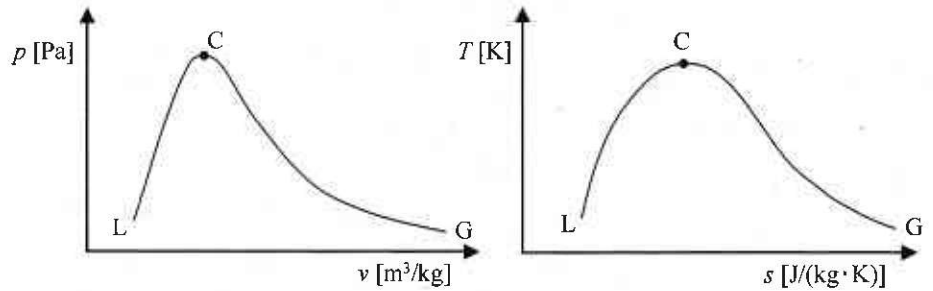


図1 構成要素の配置



(a) $p-v$ 線図

(b) $T-s$ 線図

図2 蒸気線図

- (1) 図2は、蒸気線図の概略を示す。Cを臨界点とするととき、C-L曲線およびC-G曲線の名称を記しなさい。

解答欄

C-L曲線：

C-G曲線：

- (2) 図2の(a), (b)それぞれに、このサイクルの $p-v$ 線図と $T-s$ 線図を描きなさい。図には、動作流体の状態番号1~4も付しなさい。

- (3) このサイクルにおいて、動作流体1kg、1サイクルあたりのポンプ仕事の大きさを $v_1 \sim v_4$ と $p_1 \sim p_4$ の中から必要な記号を用いて示しなさい。

解答欄

[J/kg]

- (4) このサイクルにおいて、動作流体1kg、1サイクルあたりのボイラの加熱量の大きさを $h_1 \sim h_4$ の中から必要な記号を用いて示しなさい。

解答欄

[J/kg]

- (5) このサイクルにおいて、動作流体1kg、1サイクルあたりの復水器での放熱量の大きさを $h_1 \sim h_4$ の中から必要な記号を用いて示しなさい。

解答欄

[J/kg]

- (6) このサイクルにおいて、理論熱効率を $h_1 \sim h_4$ の中から必要な記号を用いて示しなさい。ただし、ポンプ仕事も考慮しない。

解答欄

制御工学

5

- (1) 次の微分方程式で表されるシステムに対して、 $x(t)$ のラプラス変換を $X(s)$ とすると、 $X(s)$ と $x(t)$ を求めなさい。
 なお、初期値は $x(0) = 4$, $\dot{x}(0) = 3$ とする。

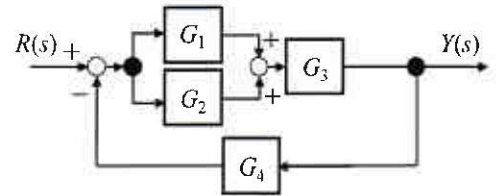
$$\ddot{x}(t) - 2\dot{x}(t) + x(t) = \sin t$$

- (2) 右図のブロック線図について、 $R(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数を

求めなさい。また、 $G_1(s) = 2s$, $G_2(s) = 2$, $G_3(s) = \frac{1}{s(s+1)}$,

$G_4(s) = \frac{1}{s}$ のとき、 $t \geq 0$ において $r(t) = t^2 + 1$ となる入力を与え

たときの定常偏差を求めよ。



- (3) ゲイン K と時定数 T を持つ下記の一次遅れ要素の伝達関数に対して、単位ステップ入力を与えたときの時間応答 $y(t)$ および $y(T)$ を求めなさい。また、時定数 T を $T=1[s]$, $T=2[s]$, $T=3[s]$ と変化させた場合のシステムの過渡応答を、横軸に時間 t , 縦軸に $y(t)$ を取ってその概形を描け。

$$G(s) = \frac{K}{Ts + 1}$$

制御工学

5

(解答つづき)

令和8年度

三重大学大学院工学研究科

博士前期課程 機械工学専攻

第2次外国人留学生特別選抜

入学試験 学力検査問題

(機械力学, 材料力学, 流体力学, 熱力学, 制御工学)

令和8年1月22日 9:00~12:00

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
この問題冊子は、表紙を除いて10ページあります。落丁や汚損があるときには、速やかに申し出なさい。
機械力学(2ページ)、材料力学(2ページ)、流体力学(2ページ)、熱力学(2ページ)、制御工学(2ページ)
2. 全ての用紙の所定の欄に受験番号を記入しなさい。各用紙上方の線より上側に解答を記入してはいけません。問題用紙は綴じ
たまま取り扱いなさい。
3. 机の上には、受験票、筆記用具、時計以外を置いてはいけません。時計のアラーム、携帯電話の電源は切りなさい。
4. 問題冊子を検査場から持ち出してはいけません。

受験番号	
------	--

機械力学

1

図1のように、質量 m の物体にばね定数 k のばねと減衰係数 c の減衰器を取り付けた1自由度振動系を考える。ただし、 $c^2 < 4mk$ である。また、時刻 t での物体の位置を $x(t)$ とし、その原点は物体とばねの釣り合いの位置とする。以下の間に答えよ。

- (1) 物体の運動方程式を示せ。
- (2) $t = 0$ の時の変位を0, 速度を v_0 とするとき、系の自由振動を求めよ。
- (3) 図2のように、物体に外力 $P \cos \omega_n t$ が加わる時、強制振動の振幅を求めよ。
ただし、 $\omega_n = \sqrt{k/m}$ とする。

Consider a single-degree-of-freedom vibration system consisting of an object of mass m , a spring with stiffness k , and a damper with damping coefficient c as shown in Figure 1 where $c^2 < 4mk$. Let $x(t)$ denote the position of the object at time t , where the origin is taken to be the equilibrium position of the object and the spring. Answer the following questions.

- (1) Derive the equation of motion for the object.
- (2) Let the displacement and velocity at $t = 0$ be 0 and v_0 , respectively. Find the free vibration of the system.
- (3) As shown in Figure 2, when an external force $P \cos \omega_n t$ is applied to the object, determine the amplitude of the forced vibration where $\omega_n = \sqrt{k/m}$.

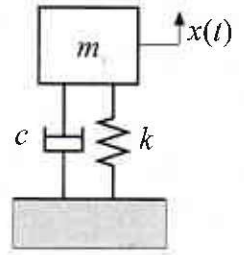


図1, Figure 1

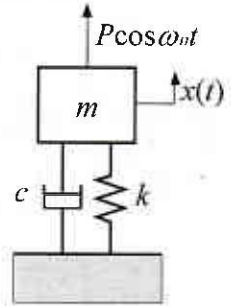


図2, Figure 2

機械力学

1

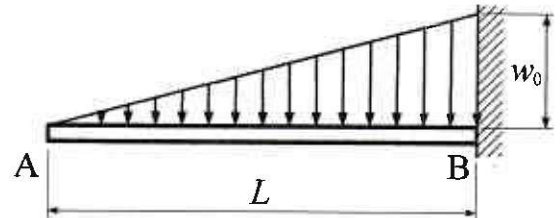
(解答つづき)

材料力学

2-1

図に示すように、片持はり AB (曲げ剛性 EI , 長さ L) に、自由端 A における値 0 から固定端 B における値 w_0 まで直線的に増加する分布荷重が作用しているとき、自由端 A におけるたわみ角の大きさを求めよ。

The cantilever beam AB (bending rigidity EI , length L) is subjected to a distributed load that increases linearly from a value of 0 at the free end A to a value of w_0 at the fixed end B, as shown in the figure. Determine the magnitude of the deflection angle at the free end A.

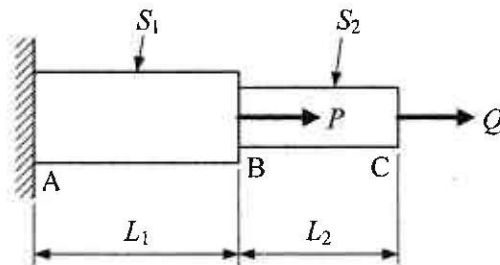


材料力学

2-2

図に示すように、断面積 S_1 の部分 AB と断面積 S_2 の部分 BC からなる段付棒 ABC (ヤング率 E) の B 部および C 部に、それぞれ荷重 P および Q が作用しているとき、段付棒 ABC に蓄えられる弾性ひずみエネルギーを求めよ。

As shown in the figure, the stepped bar ABC (modulus of elasticity E) having two different cross-sectional areas S_1 and S_2 is subjected to loads P and Q acting at the points B and C, respectively. Determine the elastic strain energy stored in the stepped bar ABC.

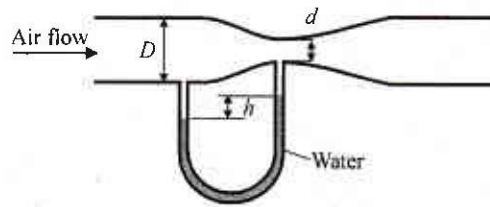


流体力学

3-1

図のような水平に置かれた入口内径 D [m]、のど部内径 d [m]のベンチュリ管内を密度 ρ_{air} [kg/m³]の空気が流れている。いま、密度 ρ_{water} [kg/m³]の水を入れたU字管マンメータの読みが h [m]であった。摩擦および圧縮性を無視できるとし、また、重力加速度の大きさを g [m/s²]とし、管内を流れる空気の流量 Q [m³/s]を求めなさい。

Air with a density of ρ_{air} [kg/m³] flows through a horizontally placed Venturi tube with an inlet diameter of D [m] and a throat diameter of d [m] as shown in the figure. Now, the height difference in a U-tube manometer filled with water of density ρ_{water} [kg/m³] is h [m]. Assuming that friction and compressibility can be ignored, the magnitude of the gravitational acceleration is g [m/s²], find the flow rate Q [m³/s] of the air flowing through the tube.



流体力学

3—2

水平に置かれた内径 d [m] のなめらかな円管内を、密度 ρ [kg/m³]、粘度 μ [Pa·s] の流体が流れている。円管の内径、管内平均速度に基づくレイノルズ数が $Re=1000$ である。

Fluid with density ρ [kg/m³] and viscosity μ [Pa·s] flows in a horizontally placed smooth circular pipe with an inner diameter of d [m]. The Reynolds number based on the inner diameter and mean flow velocity is $Re=1000$.

- (1) 円管内の中心を流れている流体粒子の軌跡を描け。
 - (2) この円管内の流れの状態を答えよ。
 - (3) 必要な変数を定義し、円管断面内の速度分布を求めよ。
 - (4) 管摩擦係数を求めよ。
- (1) Draw the trajectory of a fluid particle flowing at the center of the circular pipe.
 - (2) What is the flow regime inside this circular pipe?
 - (3) After defining necessary variables, find the velocity distribution in the cross section of circular pipe.
 - (4) Find the pipe friction factor.

熱力学

4

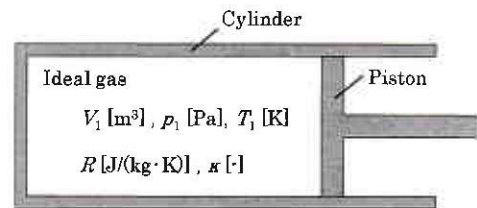
図に示すように、ピストン–シリンダ系に気体定数 R [J/(kg·K)], 比熱比 κ [-] の単原子分子理想気体が入っている。最初、気体の体積は V_1 [m³], 圧力は p_1 [Pa], 温度は T_1 [K] である。このときの気体の状態を 1 とする。この気体に、以下の 2 段階のプロセスを与えた。ピストンは、シリンダ内を滑らかに移動できる。以下の間に答えよ。解答は、題意で与えられた記号を用いて求めよ。

(I) 気体の体積が、状態 1 から 1/2 倍になるまで等温で圧縮した。変化後の状態を 2 とする。

- (1) この気体の質量を求めよ。
- (2) 状態 2 での気体の圧力を求めよ。
- (3) 状態 2 での気体の密度を求めよ。
- (4) 状態 1 から 2 の気体の圧縮に要する仕事を求めよ。
- (5) 状態 1 から 2 の圧縮過程で気体に入出入りする熱量を求めよ。
- (6) 状態 1 から 2 の圧縮過程での気体のエントロピー変化量を求めよ。

(II) その後、気体の圧力が状態 2 の圧力の 5 倍になるまで可逆断熱過程で圧縮した。変化後の状態を 3 とする。

- (7) 状態 3 での気体の温度を求めよ。
- (8) 状態 3 での気体の体積を求めよ。
- (9) 状態 2 から 3 の気体の圧縮に要する仕事を求めよ。
- (10) 状態 2 から 3 の圧縮過程での気体のエントロピー変化量を求めよ。



Figure

A piston-cylinder system contains an ideal monoatomic gas with gas constant of R [J/(kg·K)] and specific heat ratio of κ [-], as shown in the figure. Initially, the volume of the gas is V_1 [m³], the pressure is p_1 [Pa], and the temperature is T_1 [K]. The state of the gas at this condition is 1. The following two processes are given to this gas. The piston moves smoothly inside the cylinder. Solve the following questions. Answer the questions using the symbols defined in the problem.

(I) The gas was compressed isothermally until its volume was halved from state 1. Let the resulting state be 2.

- (1) Find the mass of this gas.
- (2) Find the pressure of the gas at state 2.
- (3) Find the density of the gas at state 2.
- (4) Find the work required to compress the gas from state 1 to 2.
- (5) Find the transferred heat of the gas during the compression process from state 1 to 2.
- (6) Find the entropy change of the gas during the compression process from state 1 to 2.

(II) The gas was compressed in a reversible adiabatic process until its pressure was 5 times larger than that in state 2. Let the resulting state be 3.

- (7) Find the temperature of the gas at state 3.
- (8) Find the volume of the gas at state 3.
- (9) Find the work required to compress the gas from state 2 to 3.
- (10) Find the entropy change of the gas during the compression process from state 2 to 3.

熱力学

4

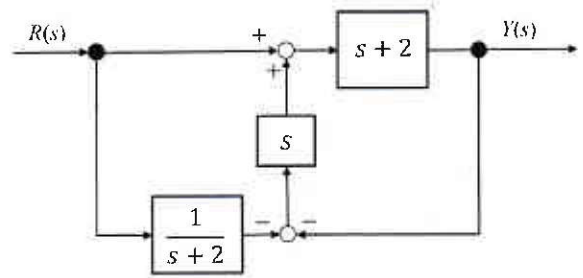
(解答つづき)

制御工学

5-1

右図のブロック線図について、 $R(s)$ から $Y(s)$ までの伝達関数 $G(s)$ を求めよ。また、伝達関数 $G(s)$ で表わされるシステムの単位ステップ応答を求めよ。

For the block diagram shown on the right, determine the transfer function $G(s)$ from $R(s)$ to $Y(s)$. Also, find the unit-step response of the transfer function $G(s)$.



制御工学

5-2

以下の状態方程式で表現されるシステムに対して、システムの安定性と可制御可観測性を調べよ。
また、伝達関数表現および対角正準形式で表せ。

Examine the stability, controllability, and observability of the system represented by the following state equations.
Also, express the system in transfer function form and in diagonal canonical form.

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -1 & 7 \\ 0 & -2 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t), \quad y(t) = [7 \quad 1]x(t)$$