

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

I - 1 (数学) (Mathematics) [1/3]

問題 1 (Question 1)

1. 行列  $A = \begin{pmatrix} a & 1-a \\ 1-b & b \end{pmatrix}$  について、以下の問いに答えよ。ただし  $a, b$  は実数である。

- (a) 行列  $A$  の固有値  $\lambda$  と固有ベクトル  $x$  を求めよ。
- (b)  $A^n$  を求めよ。ただし  $n$  は自然数である。
- (c)  $a = |\sin \theta|$ ,  $b = |\cos \theta|$  であるとき、 $\lim_{n \rightarrow \infty} A^n$  を求めよ。
- (d) 行列  $\lim_{n \rightarrow \infty} A^n$  の全成分が互いに等しいとき、 $\theta$  の値を求めよ。

2. 行列  $B = \begin{pmatrix} c & 1 & 1 \\ 1 & c & 1 \\ 1 & 1 & c \end{pmatrix}$  の階数を求めよ。

1. Answer the following questions about the matrix  $A = \begin{pmatrix} a & 1-a \\ 1-b & b \end{pmatrix}$  when  $a$  and  $b$  are real numbers.

- (a) Find the eigenvalues  $\lambda$  and the associated eigenvectors  $x$  for the matrix  $A$ .
- (b) Calculate  $A^n$ . Here  $n$  is a natural number.
- (c) Calculate  $\lim_{n \rightarrow \infty} A^n$  when  $a = |\sin \theta|$  and  $b = |\cos \theta|$ .
- (d) Determine the value of  $\theta$  when all of the components of the matrix  $\lim_{n \rightarrow \infty} A^n$  are equal to each other.

2. Find the rank of the matrix  $B = \begin{pmatrix} c & 1 & 1 \\ 1 & c & 1 \\ 1 & 1 & c \end{pmatrix}$ .

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

I - 1 (数字) (Mathematics) [2/3]

問題 2 (Question 2)

$D = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 \leq 1\}$  のとき, 二重積分

$$I = \iint_D (p^2 x^2 + q^2 y^2) dx dy$$

を求めよ。ただし,  $p, q$  は定数とする。

Calculate a double integral  $I$ , when  $D = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 \leq 1\}$ , and  $p, q$  are constants.

$$I = \iint_D (p^2 x^2 + q^2 y^2) dx dy$$

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

I - 1 (数学) (Mathematics) [3/3]

問題 3 (Question 3)

- (a) 次の微分方程式の一般解を求めよ。

$$\cos x \frac{dy}{dx} + (\sin x)y = 0$$

- (b) 次の初期値問題を解け。

$$\cos x \frac{dy}{dx} + (\sin x)y = \cos^3 x, \quad y(0) = 1$$

- (a) Find a general solution of the differential equation

$$\cos x \frac{dy}{dx} + (\sin x)y = 0.$$

- (b) Solve the initial value problem

$$\cos x \frac{dy}{dx} + (\sin x)y = \cos^3 x, \quad y(0) = 1.$$

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	---

**I - 2 (材料力学) (Mechanics of Materials) [1/2]**

**問題 1 (Question 1)**

以下の問いに答えよ。解答に至る計算の過程も答案用紙に記述せよ。ただし、丸棒Iとテーパ付き丸棒IIのヤング率、線膨張係数および長さをそれぞれ $E$ ,  $\alpha$ ,  $l/2$ とする。

1. 剛体壁に固定された直径 $d$ の丸棒I にテーパ付き丸棒IIが固定されている。

(a) Fig. 1のように荷重 $P$ を加えたときの丸棒I の伸びを求めよ。

(b) 1.(a)のときのテーパ付き丸棒II中の微小長さ $dx$ に生じる伸び $d\lambda_2$ およびテーパ付き丸棒II全体の伸び $\lambda_2$ をそれぞれ求めよ。

(c) Fig. 2に示すようにテーパ付き丸棒IIの温度を $\Delta T$ だけ上昇させたとき、テーパ付き丸棒IIの伸び $\lambda_{2T}$ を求めよ。

2. Fig. 3に示すように丸棒Iとテーパ付き丸棒IIを剛体壁間に固定したのちテーパ付き丸棒IIの温度を $\Delta T$ だけ上げる。

(a) 棒材が受ける荷重 $P$ を求めよ。

(b) 点Cの軸方向の移動量 $\lambda_c$ を求めよ。

Answer the following questions. Describe also the calculation process in your answer sheet. Note that Young's modulus, coefficient of thermal expansion and length of the bars are  $E$ ,  $\alpha$  and  $l/2$ , respectively.

1. A straight bar I with a diameter  $d$  is fixed to a rigid wall and a tapered bar II is fixed to the end of the straight bar I.

(a) As shown in Fig. 1, when the axial load  $P$  acts on the bars, determine the elongation of the straight bar I of  $\lambda_1$ .

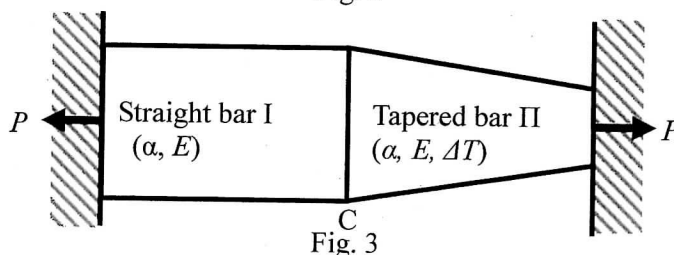
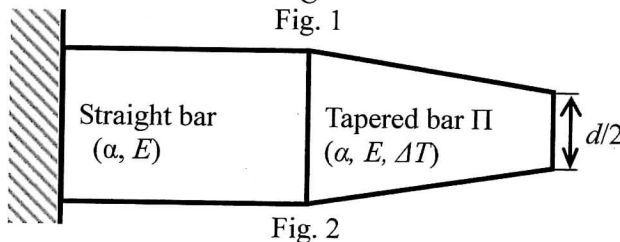
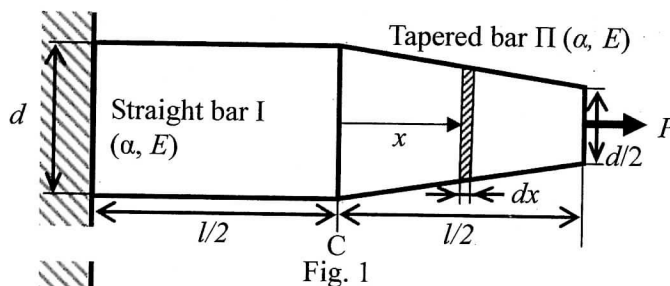
(b) In question 1(a), determine the elongation of the element of length  $dx$  from the tapered bar II  $d\lambda_2$  and the elongation of the tapered bar II  $\lambda_2$ , respectively.

(c) As shown in Fig. 2, when the temperature of tapered bar II is risen by  $\Delta T$ , determine the elongation of the tapered bar II of  $\lambda_{2T}$ .

2. As shown in Fig. 3, after a straight bar I and a tapered bar II are supported by the rigid walls, the temperature of tapered bar II is risen by  $\Delta T$ .

(a) Determine the axial load  $P$  acting on the bars.

(b) Determine the displacement of point C of  $\lambda_c$ .



広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

**I - 2 (材料力学) (Mechanics of Materials) [2/2]**

**問題 2 (Question 2)**

Fig. 4 に示すように、 $x$ - $y$  平面内に存在する半径  $R$ 、直径  $d$  の円形断面を持つリングの 1/4 部分 AB の一端 A を固定支持し、他端 B に  $z$  軸の負方向に集中外力  $P$  を作用させる。以下の問に答えよ。ただし、リングのヤング率を  $E$ 、横弾性係数を  $G$  とする。

1. 断面 A に作用する曲げモーメント  $M_A$  およびねじりトルク  $T_A$  を求めよ。また、任意の角度  $\varphi$  の位置において、リングの横断面に作用する曲げモーメント  $M$  およびねじりトルク  $T$  を求めよ。

2. 断面 A の断面上の点  $A_1$  における曲げ応力  $\sigma$  およびねじりによるせん断応力  $\tau$  を求めよ。

3. Fig. 5 に示すような直角座標系 ( $x$ - $y$ ) において引張り応力  $\sigma_x$  とせん断応力  $\tau_{xy}$  を受ける弾性体を考える。この弾性体内の角度  $\theta$  の面において、法線方向の応力  $\sigma_n$  が次式 (1) となることを示せ。

$$\sigma_n = \sigma_x \cos^2 \theta + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta \quad (1)$$

4. 点  $A_1$  における最大主応力を求めよ。

As shown in Fig. 4, a quarter part of a ring AB with a radius  $R$  in  $x$ - $y$  plane is fixed at point A and a concentrated external force  $P$  in the negative direction of the  $z$ -axis is applied at point B. In this case, the cross-section of the ring AB is a circular with a diameter  $d$ . Answer the following questions. Here, Young's modulus and the transverse elastic modulus of the ring are  $E$  and  $G$ , respectively.

1. Determine a bending moment  $M_A$  and a torsional torque  $T_A$  applied at the cross-section A. Additionally, derive a bending moment  $M$  and a torsional torque  $T$  at the angle  $\varphi$ .

2. Derive the bending stress and shear stress by torsion at point  $A_1$  on the cross-section A of the ring.

Let consider an elastic body with an inclined plane subjected to normal stress  $\sigma_x$  and shear stress  $\tau_{xy}$  in Cartesian coordinates ( $x$ - $y$ ) as shown in Fig. 5. Show that the normal stress  $\sigma_n$  at an inclined surface with the angle  $\theta$  as shown in Fig. 6 is expressed as the following equation (1).

$$\sigma_n = \sigma_x \cos^2 \theta + 2\tau_{xy} \sin \theta \cos \theta \quad (1)$$

4. Determine the maximum principal stress at point  $A_1$ .

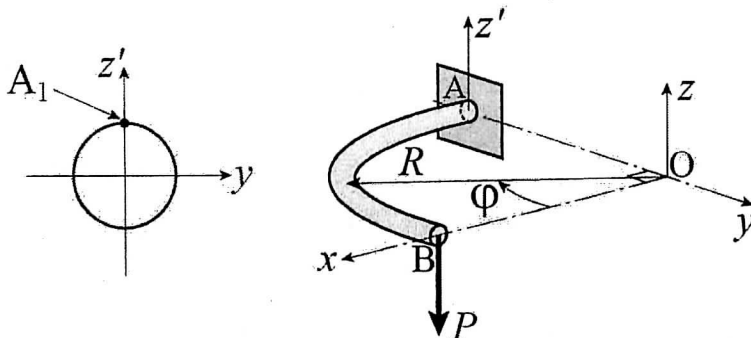


Fig. 4

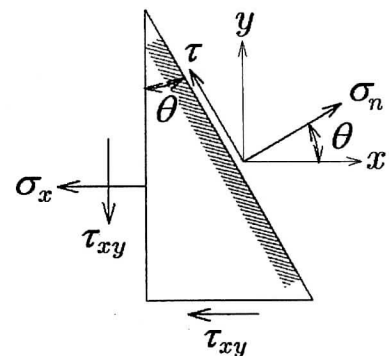


Fig. 5

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

**I - 3 (機械力学) (Mechanical Vibrations) [1/2]**

**問題 1 (Question 1)**

Fig.1(a)に示すように、先端に質量  $m$  の質点をもつ長さ  $2l$  の軽い剛体棒が、点  $O$  のまわりに滑らかに回転できるように支持されている。この棒は、その中央でばね定数  $k$  の鉛直のばねによって支持されている。棒は静止状態では水平であり、ばねの下端が上下に  $a \cos \omega t$  で振動するとき、この棒の水平位置からの回転角を  $\theta$  とする。ただし、棒の回転角は十分小さいと仮定して、以下の問いに答えよ。

1. 棒の回転角  $\theta$  に関する運動方程式を導き、系の固有角振動数を求めよ。また、棒に生じる強制振動の振幅を求め、振幅応答曲線の概略を描け。
2. 問 1 において、棒の回転角の振幅が  $2a/l$  より小さくなる励振振動数  $\omega$  の範囲を求めよ。

Fig.1(b)に示すように、Fig.1(a)の棒の先端に粘性減衰係数  $c$  のダッシュポットを付け加えた系を考える。以下の問いに答えよ。

3. 棒の自由振動を支配する運動方程式を導き、系の減衰固有角振動数  $\omega_d$ 、臨界減衰係数  $c_c$ 、および減衰比  $\zeta$  を求めよ。
4. 問 3 において、棒の減衰自由振動の 10 周期の間に、振幅が半分に減少した。このときの減衰比  $\zeta$  の値を計算せよ。

A light rigid bar of length  $2l$  with a body of mass  $m$  at its end is pivoted smoothly at point  $O$ , as shown in Fig. 1(a). The bar is supported at its midpoint by a vertical spring of spring constant  $k$ , and the bar is horizontal at rest. The rotational angle  $\theta$  of the bar measured from its equilibrium position is assumed to be small. Answer the following questions when the lower end of the spring is vertically excited by  $a \cos \omega t$ .

1. Derive the equation of motion for the rotational angle  $\theta$  of the bar, and determine the natural angular frequency of the system. Then, determine the amplitude of the forced oscillation, and sketch the amplitude response curve.
2. In question 1, determine the range of excitation frequency  $\omega$  where the amplitude of the rotational angle of the bar is smaller than  $2a/l$ .

Consider a new system, as shown in Fig. 1(b), where a dashpot of viscous damping coefficient  $c$  is attached to the end of the bar shown in Fig. 1(a). Answer the following questions.

3. Derive the equation of motion governing the free vibration of the bar. Then, determine the angular frequency  $\omega_d$  of the damped free vibration, critical damping coefficient  $c_c$ , and viscous damping ratio  $\zeta$ .
4. In question 3, the amplitude of the damped free vibration is reduced by one half during its ten cycles. Calculate the value of  $\zeta$ .

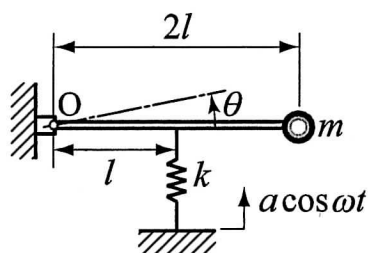


Fig. 1(a)

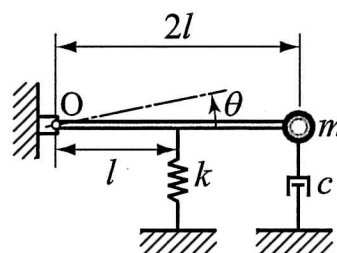


Fig. 1(b)

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

### I-3 (機械力学) (Mechanical Vibrations) [2/2]

#### 問題 2 (Question 2)

Fig.2 に示すように、水平方向に滑らかに移動する質量  $m$ ,  $3m$ ,  $m$  の三つの物体が、ばね定数  $k$ ,  $2k$ ,  $2k$ ,  $k$  の 4 本のばねでつながれた系を考える。各物体の平衡位置からの変位をそれぞれ  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  とし、以下の問いに答えよ。

1. この系の運動方程式を導け。
2. 固有角振動数  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $\omega_3$  を求めよ。ただし  $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3$  とする。
3. 各固有角振動数に対応するモードベクトル  $\{\phi_1\}$ ,  $\{\phi_2\}$ ,  $\{\phi_3\}$  を求めよ。ただし各モードベクトルの第 1 成分を 1 とせよ。

自由振動において、時刻  $t=0$  における初期条件（初期変位  $\{x_0\}$  と初期速度  $\{v_0\}$ ）を以下の式で表すとき、2 次の振動モードのみが生じる初期変位  $\{x_0\}$  の一例を挙げよ。

$$\{x_0\} = \begin{Bmatrix} x_{10} \\ x_{20} \\ x_{30} \end{Bmatrix}, \quad \{v_0\} = \begin{Bmatrix} v_{10} \\ v_{20} \\ v_{30} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Consider the system in which three blocks of masses  $m$ ,  $3m$ , and  $m$  move smoothly in the horizontal direction, and are connected by four springs of spring constants  $k$ ,  $2k$ ,  $2k$ , and  $k$ . Let  $x_1$ ,  $x_2$ , and  $x_3$  denote the displacements of the blocks from their equilibrium positions, respectively, and answer the following questions.

1. Derive the equations of motion of this system.
2. Determine the natural angular frequencies  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ , and  $\omega_3$  where  $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3$ .
3. Let the first component of each modal vector be unity, and determine the modal vectors  $\{\phi_1\}$ ,  $\{\phi_2\}$ , and  $\{\phi_3\}$  corresponding to the natural angular frequencies.
4. Let the following expressions denote the initial conditions (initial displacements  $\{x_0\}$  and initial velocities  $\{v_0\}$ ) at time  $t=0$ , and cite one example of initial displacement vector  $\{x_0\}$  so that only the second mode of vibration is excited in the free vibration.

$$\{x_0\} = \begin{Bmatrix} x_{10} \\ x_{20} \\ x_{30} \end{Bmatrix}, \quad \{v_0\} = \begin{Bmatrix} v_{10} \\ v_{20} \\ v_{30} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

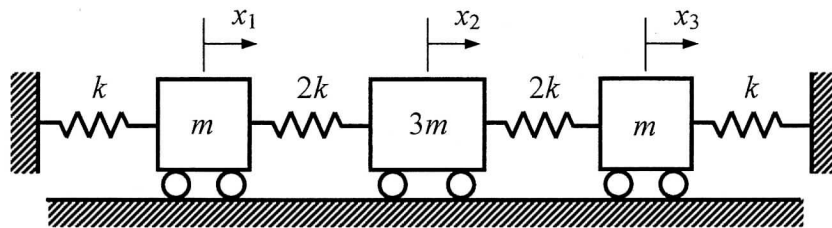


Fig.2

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

II-2 (熱力学) (Thermodynamics) [1/2]

問題 1 (Question 1)

以下の設問(a), (b)に答えよ。

- (a) 外気温が 38 °C(一定)のとき, 空調システムにより総量 25.0 kW の熱をとって室温を 28 °Cに保ちたい。この空調システムが逆カルノーサイクルで働くとして, 要する動力および空調システムの成績係数を求めよ。また, 設定温度を 24 °Cに下げると, 同じ 25.0 kW の熱をとるのに要する動力は, 28 °Cの場合と比較して, 何%増加するか。
- (b) ジュールトムソン係数  $\mu \equiv (\partial T / \partial p)_h$  は, 以下の式で与えられる。理想気体のジュールトムソン係数は零となることを示せ。但し,  $T$ ,  $p$ ,  $v$ ,  $h$ ,  $c_p$  は, それぞれ, 温度, 圧力, 比体積, 比エンタルピ, 定圧比熱とする。

$$\mu \equiv \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_h = \frac{T \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v}{c_p}$$

Answer the following questions (a) and (b).

- (a) An air-conditioning system is required to remove a total of 25.0 kW from a room to maintain its temperature at 28 °C, when the temperature outside is 38 °C (constant). Calculate the required power and the coefficient of performance of the air-conditioning system by assuming that the air-conditioning system operates on the reversed Carnot cycle. If the room temperature maintained is lowered down to 24 °C, how much percentage will the required power for removing the same 25.0 kW be increased as compared with that for maintaining the room temperature at 28 °C?
- (b) The Joule-Thomson coefficient  $\mu \equiv (\partial T / \partial p)_h$  is given by the following equation. Show that the Joule-Thomson coefficient of an ideal gas is zero. Here,  $T$ ,  $p$ ,  $v$ ,  $h$ , and  $c_p$  denote the temperature, the pressure, the specific volume, the specific enthalpy, and the specific heat at constant pressure, respectively.

$$\mu \equiv \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_h = \frac{T \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v}{c_p}$$



広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

II-2 (熱力学) (Thermodynamics) [2/2]

問題 2 (Question 2)

空気を作動流体とし、圧縮比 12 のオットーサイクルがある。初期温度 300 K、初期圧力 0.1 MPa の空気を可逆断熱圧縮後、定容加熱過程で空気 1 kg あたり 1000 kJ の熱を加える。空気は理想気体として扱えるものとして、次の設問に答えよ。但し、空気の気体定数は  $0.287 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、比熱比は 1.4 とする。

- (a) 断熱圧縮後の温度と圧力、ならびに、この断熱圧縮過程で空気 1 kg を圧縮するのに要する絶対仕事を求めよ。
- (b) 空気の定容比熱、定容加熱後の温度と圧力、および、定容加熱過程における比エントロピーの増加量を求めよ。
- (c) このオットーサイクルの熱効率を求めよ。

Consider an ideal Otto cycle in which air is used as the working fluid and the compression ratio is 12. At the beginning of the reversible, adiabatic compression process, the air is at 300 K and 0.1 MPa, and 1000 kJ of heat is transferred to 1 kg of the air during the constant-volume heat-addition process. Treating the air as an ideal gas, answer the following questions. Here, the gas constant and the specific-heat ratio of the air are  $0.287 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  and 1.4, respectively.

- (a) Calculate the temperature and the pressure at the end of the adiabatic compression process, and the required work to compress 1 kg of the air during the adiabatic compression process.
- (b) Calculate the specific heat of the air at constant volume, the temperature and the pressure at the end of the heat-addition process, and the increment of specific entropy during the constant-volume heat-addition process.
- (c) Calculate the thermal efficiency of this Otto cycle.

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

II-3 (流体力学) (Fluid Mechanics) [1/2]

問題 1 (Question 1)

図1に示す狭まり管内を密度  $\rho=900 \text{ kg/m}^3$  の液体が流れている。断面1に垂直な方向の速度が  $u_1=1.0 \text{ m/s}$ , 断面積が  $A_1=12.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ , 断面2の圧力が  $p_2=20 \text{ kPa}$ , 断面積が  $A_2=3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  である時, 以下の問いに答えよ。ただし断面1, 2では軸方向の定常・一次元流れとし, 重力と粘性の影響は無視する。

- 断面2における流体の速度  $u_2$  の値を求めよ。
- 断面1における圧力  $p_1$  の値を求めよ。
- 質量流量  $\dot{m}$  の値を求めよ。
- 流体が狭まり管におよぼす力  $f$  を求める式を示し, 力  $f$  の値を求めよ。また, その方向はどちらの方向か。

Liquid with a density of  $\rho=900 \text{ kg/m}^3$  flows through a converging pipe as shown in Fig. 1. The velocity normal to the cross section 1 is  $u_1=1.0 \text{ m/s}$ , the cross sectional area is  $A_1=12.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ , the pressure at the cross section 2 is  $p_2=20 \text{ kPa}$ , and the cross sectional area is  $A_2=3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ . Assume that the flows at the cross sections 1 and 2 are steady, one-dimensional, and the effects of gravity and viscosity are negligible. Answer the following questions.

- Calculate the flow velocity  $u_2$  at the cross section 2.
- Calculate the pressure  $p_1$  at the cross section 1.
- Calculate the mass flow rate  $\dot{m}$ .
- Draw the equation expressing the force  $f$  which is exerted by the flow to the converging pipe. Calculate the force  $f$ . Which direction does the force  $f$  exert in?

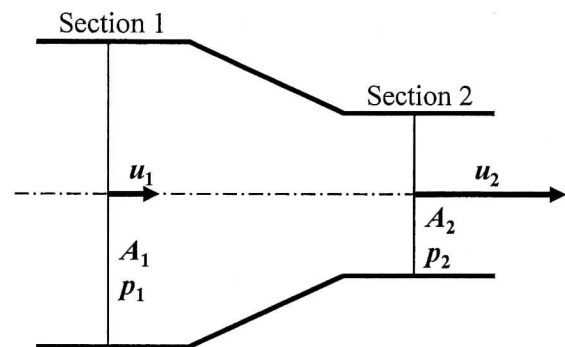


Fig. 1

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

### II-3 (流体力学) (Fluid Mechanics) [2/2]

#### 問題 2 (Question 2)

図 2 に示す様に、 $z$  軸を開口部としたくさび形に壁で囲まれた流路内を非圧縮・非粘性流体が流れている。この流れの速度ポテンシャルが次式で表されている時、以下の問いに答えよ。

$$\phi = -2 \ln r, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

ここで、流体の密度は  $\rho$  とし、重力の影響は無視せよ。

- この流れの速度成分 ( $V_r$ ,  $V_\theta$ ) をそれぞれ求めよ。
- この流れの速度ポテンシャルに対応する流れ関数  $\psi$  を求め、2 枚の壁が共に流線であることを示せ。
- 2 点 AB 間の圧力差  $p_B - p_A$  を求めよ。
- $z$  軸方向単位長さ当たりの体積流量を求めよ。

An inviscid, incompressible fluid flows between wedge-shaped walls into a small opening as shown in Fig. 2. The velocity potential of this flow is described as follows :

$$\phi = -2 \ln r, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Answer the following questions. Here, the density of this fluid is  $\rho$  and neglect the influence of gravity.

- Determine the components of velocity ( $V_r$ ,  $V_\theta$ ).
- Find the stream function  $\psi$  corresponding to the velocity potential, and show that both walls are streamlines.
- Find the pressure difference  $p_B - p_A$  between points A and B.
- Determine the volume rate of flow per unit length in  $z$ -axis.

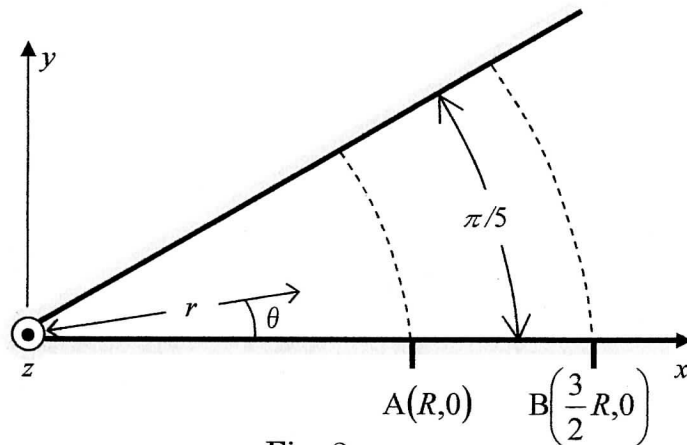


Fig. 2

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

II-4 (制御工学) (Control Engineering) [1/2]

問題 1 (Question 1)

以下の問に答えよ。

- Fig.1 のシステムについて考える。ただし、 $G(s) = \frac{1}{s^2(1+s)}$  である。また、 $\alpha$ 、 $\beta$  は定数である。
  - フィードバックシステムの特性方程式を求めよ。
  - フィードバックシステムが安定となるために  $\alpha$ 、 $\beta$  が満たすべき条件を求めよ。
- Fig.2 のシステムについて考える。ただし、 $K(s) = \frac{1}{s}$ 、 $G(s) = \frac{\alpha}{1+\beta s}$  である。また、 $\alpha$ 、 $\beta$  は正定数である。
  - 単位インパルス入力  $r(t) = \delta(t)$  に対する出力  $y(t)$  が  $y(t) = 10e^{-5t} - 10e^{-10t}$  であった。 $\alpha$ 、 $\beta$  の値を求めよ。
  - 正弦波入力  $r(t) = \sin t$  に対する出力  $y(t)$  の定常応答が  $y(t) = \sqrt{2} \sin\left(t - \frac{\pi}{4}\right)$  であった。 $\alpha$ 、 $\beta$  の値を求めよ。

Answer the following questions.

- Consider the system shown in Fig.1, where  $G(s) = \frac{1}{s^2(1+s)}$ . In addition,  $\alpha$  and  $\beta$  are constants.
  - Obtain the characteristic equation of the feedback system.
  - Obtain the condition of  $\alpha$  and  $\beta$  under which the feedback system is stable.
- Consider the system shown in Fig.2, where  $K(s) = \frac{1}{s}$  and  $G(s) = \frac{\alpha}{1+\beta s}$ . In addition,  $\alpha$  and  $\beta$  are positive constants.
  - Suppose that the output  $y(t)$  for the unit impulse input  $r(t) = \delta(t)$  is  $y(t) = 10e^{-5t} - 10e^{-10t}$ . Obtain the constants  $\alpha$  and  $\beta$ .
  - Suppose that the steady-state response of the output  $y(t)$  for the sinusoidal input  $r(t) = \sin t$  is  $y(t) = \sqrt{2} \sin\left(t - \frac{\pi}{4}\right)$ . Obtain the constants  $\alpha$  and  $\beta$ .

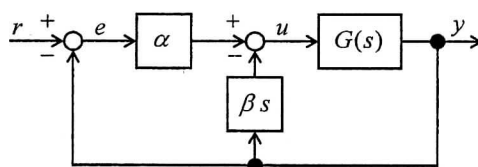


Fig.1 Feedback system I

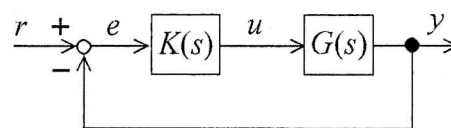


Fig.2 Feedback system II

広島大学大学院工学研究科博士課程前期 入学試験模擬問題  
Graduate School of Engineering (Master's Programs), Hiroshima University  
Entrance Examination Sample Questions

試験科目 Subject	機械工学 Mechanical Engineering	専攻 Department	機械システム工学/機械物理工学 Mechanical Systems Engineering/ Mechanical Science and Engineering
-----------------	--------------------------------	------------------	--

II-4 (制御工学) (Control Engineering) [2/2]

問題2 (Question 2)

ある安定な伝達関数  $G(s)$  のベクトル軌跡が Fig. 3 に与えられているものとする。以下の問に答えよ。

- Fig. 4 のシステムについて考える。正弦波入力  $u(t) = \sin t$  に対する  $y(t)$  の定常応答を求めよ。
- Fig. 5 のフィードバックシステムについて考える。ただし  $k=2$  であるものとする。ゲイン余裕  $g_m$  [dB] と位相余裕  $p_m$  [degree] を求めよ。
- Fig. 5 のフィードバックシステムについて考える。ただし  $k$  は正定数である。単位ステップ入力  $r(t)=1, t \geq 0$  に対する出力  $y(t)$  の定常値が  $y(\infty) = 0.75$  であった。定数  $k$  の値を求めよ。

Suppose that the vector locus of a stable transfer function  $G(s)$  is given in Fig.3. Answer the following questions.

- Consider the system shown in Fig.4. Obtain the steady-state response of  $y(t)$  for the sinusoidal input  $u(t) = \sin t$ .
- Consider the feedback system shown in Fig.5, where  $k=2$ . Obtain the gain margin  $g_m$  [dB] and the phase margin  $p_m$  [degree].
- Consider the feedback system shown in Fig.5, where  $k$  is a positive constant. Suppose that the steady-state value of the output  $y(t)$  for the unit step input  $r(t)=1, t \geq 0$  is  $y(\infty) = 0.75$ . Obtain the constant  $k$ .

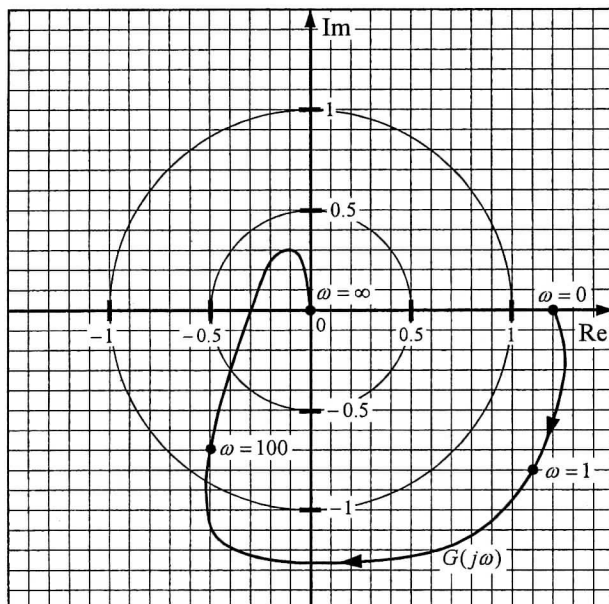


Fig.3 Vector locus of  $G(s)$

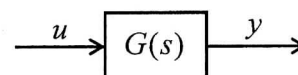


Fig.4 Linear system

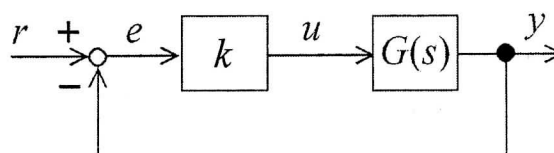


Fig.5 Feedback system III