

専門選択 (数理情報学専攻)

※ 9題中4題を選択して解答しなさい。所定の解答用紙に問題番号と解答を書きなさい。解答用紙は1題につき1枚を使用しなさい。

I 次の問に答えなさい。ただし、 $y = y(x)$ である。

(1) 微分方程式 $\frac{d^2y}{dx^2} - y = 0$ の一般解を求めなさい。

(2) 微分方程式 $\frac{d^2y}{dx^2} - y = -\cos x$ の特殊解を求めなさい。

(3) (2) の微分方程式の解で $\lim_{x \rightarrow \infty} y(x)e^{-x} = 3$ となる解をすべて求めなさい。

II 複素関数 $f(z) = \frac{2}{z^2 + 4z + 1}$ を考える。

(1) $f(z)$ の極と留数を求めなさい。

(2) 複素積分 $\int_C f(z) dz$ の値を求めなさい。ただし、 C は単位円 $|z| = 1$ である。

(3) (2) を用いて、定積分 $\int_0^{2\pi} \frac{1}{2 + \cos \theta} d\theta$ の値を求めなさい。

III 次の問に答えなさい。

(1) k, m を正の整数とする. $\int_{-\pi}^{\pi} \sin kx \sin mx dx$ を計算しなさい.

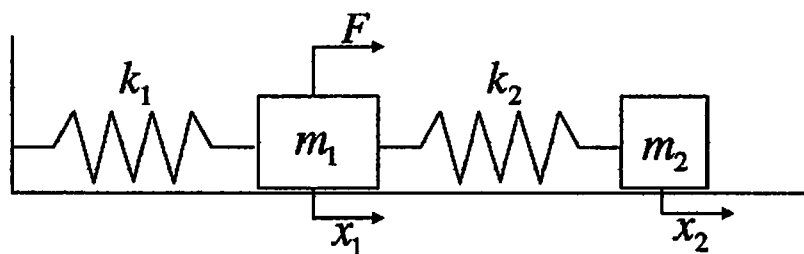
(2) k を正の整数とする. $\int_{-\pi}^{\pi} x \sin kx dx$ を計算しなさい.

(3) 関数 $f(x) = x, -\pi < x \leq \pi$, は周期 2π の関数として全区間に拡張されているとする.
 $f(x)$ のフーリエ級数は

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx)$$

である. 係数 a_0 および $a_k, b_k (k = 1, 2, \dots)$ を求めなさい.

IV 図のように, バネ定数 k_1, k_2 の2つのバネで支えられた, 質量 m_1, m_2 の2つの物体を考える. 物体1に加振力 $F = A \sin \omega t$ が作用しているとして次の問に答えなさい (A, ω は定数). ただし, 床と物体の間の摩擦は無視する.



(1) 各物体のつりあいの位置からの変位を x_1, x_2 とする. このとき, 各物体の運動方程式を書きなさい.

(2) x_1, x_2 の解の形を

$$x_1 = A_1 \sin \omega t, \quad x_2 = A_2 \sin \omega t$$

とにおいて (1) の式に代入し, 定数 A_1, A_2 を求めなさい. さらに, 物体1の振幅がゼロになる条件を求めなさい.

V 区間 $0 \leq x \leq 2\pi$, $0 \leq t < \infty$ で、偏微分方程式の境界値問題

$$\frac{\partial u}{\partial t}(x, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x, t) + 2u(x, t), \quad u(0, t) = 0, \quad u(\pi, t) = 0$$

を考える。

- (1) この方程式の解が $u(x, t) = e^{-\lambda t} f(x)$ と書けるとする (λ は定数)。このとき $f(x)$ が満たす常微分方程式を書きなさい。また $f(0)$, $f(\pi)$ の値も求めなさい。
- (2) (1) で求めた常微分方程式を解き、 λ がどのような値でなければならないか答えなさい。
- (3) 初期条件が $u(x, 0) = \sin x$ であるとき、偏微分方程式を解きなさい。
- (4) 初期条件が $u(x, 0) = \sin nx$ であるとき、偏微分方程式を解きなさい。ただし n は正の整数とする。また $\lim_{t \rightarrow \infty} u(x, t) = 0$ となるのは n がどのような値のときであるか答えなさい。

VI 物理量 X と Y の関係を $Y = AX + B$ で近似したい。ただし、 A , B は定数である。定数 A , B の値は、 X と Y の測定データの組 (x_i, y_i) ($i = 1, 2, \dots, N$) から、

$$F(A, B) = \sum_{i=1}^N (y_i - Ax_i - B)^2$$

が最小となるように定める。

- (1) $N = 2$ のとき、 $Y = AX + B$ は 2 点 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) を通る直線を表すことを示しなさい。
- (2) $N = 3$ で $(x_1, y_1) = (1, 1)$, $(x_2, y_2) = (3, 2)$, $(x_3, y_3) = (2, 4)$ のとき、 A , B の値を定めなさい。
- (3) 一般に、測定データの平均値

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

は $\bar{y} = A\bar{x} + B$ を満たすことを示しなさい。

VII x, y, z を正の整数, \circ と \bullet を $+, -, *, /$ のうちのいずれかの文字 (四則演算子) とする. $xoy=$ あるいは $xoy\bullet z=$ という書式で, 数式と $=$, 改行文字を入力すると, その数式の計算結果を表示するプログラムを作成したい. 例えば, $14+2=$ という文字列に続いて改行文字を入力すると 16 という計算結果を, $34+29/8=$ という入力の場合は 37 という計算結果を出力するものである. ただし, $+, -, *, /$ は, それぞれ整数の加算, 減算, 乗算, 除算 (余りは切り捨て) を表し, 入力される整数や演算子, $=$ の間にはスペースはないものとする. このようなプログラムを, C, Java, Pascal, Fortran のいずれかのプログラミング言語を用いて書きなさい.

VIII 4入力マルチプレクサ (MUX) に関する以下の間に答えなさい.

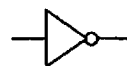
- (1) 論理式 $F = \bar{s}_1 \bar{s}_0 I_0 + \bar{s}_1 s_0 I_1 + s_1 \bar{s}_0 I_2 + s_1 s_0 I_3$ で表される値を出力する 4入力 MUX の論理回路図を書きなさい. ただし, \bar{x} は x の否定を表すものとする. 論理回路で用いるゲートは次の記号で表しなさい. 3入力以上の AND ゲートや OR ゲートを用いてもよい.



AND (論理積)



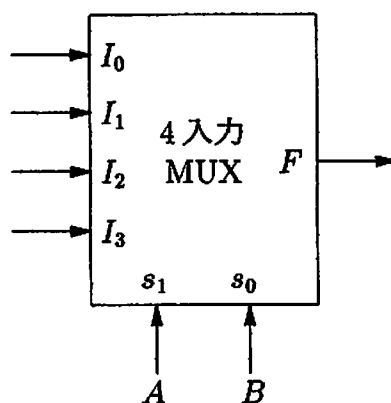
OR (論理和)



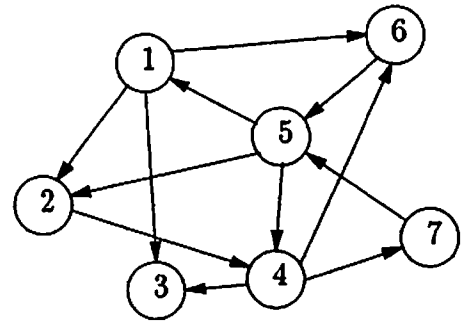
NOT (否定)

- (2) 3つの入力 A, B, C に対して, MUX の出力 F が下図左の真理値表に従うようにしたい. 選択入力として, $s_1 = A, s_0 = B$ を与えたとき, MUX の入力 I_0, I_1, I_2, I_3 のそれぞれに, $1, 0, C, \bar{C}$ のいずれを入力すればよいかを示しなさい.

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0



IX 有限有向グラフを，2つの整数変数 nN ， nE と2つの整数配列 $start$ ， end を用いて以下のように表現する．変数 nN には節点の総数を，変数 nE には枝の総数を格納する．グラフの各節点には，1から順に番号が振られており， nE 個の要素からなる配列 $start$ と end には，各枝の始点となる節点の番号と終点となる節点の番号がそれぞれ格納されている．例えば，右の有向グラフは次のように表現される．



$$nN = 7$$

$$nE = 12$$

$start =$	5	4	1	7	1	2	5	4	5	6	1	4
$end =$	4	7	3	5	2	4	1	3	2	5	6	6

- (1) 右上図の有向グラフにおいて，番号1の節点を根とする深さ優先探索木の1例を図示しなさい。
- (2) 一般の有限有向グラフと，2つの節点番号 x と y が与えられたときに，節点 x から(いくつかの枝をたどって)節点 y に到達することができるかどうかを，深さ優先探索により判定したい．ただし，節点の総数は100個以下であるとする． nN ， nE ， $start$ ， end ， x ， y を引数として受け取り，節点 x から節点 y に到達可能ならば1を，不可能なら0を戻り値として返すような関数(あるいはクラスメソッド) $reach$ を書きなさい．ただし， $x = y$ のときも1を戻り値とするようにしなさい．また，配列 $start$ ， end の内容は変更しないものとする．プログラミング言語としては，C，Java，Pascal，Fortranのいずれかを用いるようにしなさい．必要に応じて補助的な関数等を定義して用いてもよい。

専門選択 (電子情報学専攻)

次の7問のうち4問を選んで解答しなさい。別紙解答用紙には必ず解答する問題番号を記入した上で解答しなさい。

問題 1

i 番目の記号 a_i の生起確率が p_i である情報源 $E = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \cdots & a_N \\ p_1 & p_2 & \cdots & p_N \end{pmatrix}$ があるとする。ここで

$\sum_{i=1}^N p_i = 1$ である。この情報源 E のエントロピー H に関して、下記の問いに答えなさい。

- (1) $N = 2$ のとき、 $p_1 = p$ とおけば H は p の関数となる。この関数をグラフ表示しなさい。
- (2) $N = 3$ のとき、 H が最大となる生起確率 p_1, p_2, p_3 を求めなさい。

問題 2

次の問題から、4問を選んで解答しなさい。

解答用紙には解答した問題番号を記入した上で解答しなさい。

- (1) RISCとCISC
- (2) 記憶の階層
- (3) MIMDとSISD
- (4) $(1101111.0101011)_2$ を8進数に変換
- (5) $(EF03A)_{16}$ を2進数に変換
- (6) $(01011100)_2$ の1に対する補数

問題 3

次のうち5個を選んで説明しなさい。

- (1) マルチプログラミング
- (2) インタプリタ
- (3) タスクスケジューラ
- (4) タスクディスパッチャ
- (5) 動的リンキング (dynamic linking)
- (6) アプリケーションプログラムインタフェース
- (7) オブジェクト指向言語
- (8) スプーリング

問題 4

長さ l のケーブルの終端を短絡および開放したときの入力インピーダンスをそれぞれ、 Z_0 および Z_f とする。

- (1) ケーブルの特性インピーダンス Z_0 を求めなさい。
- (2) ケーブルの伝搬定数を γ とするとき、 $\tanh(\gamma l)$ を求めなさい。

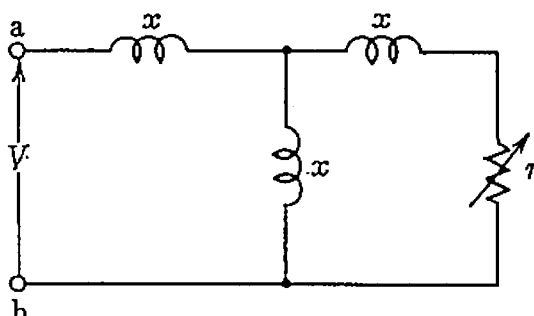
問題 5

図のような交流回路で電圧 V は一定であるとする。

(1) 抵抗 r が次の条件を満たすときに端子 ab における有効入力電力が最大となることを証明しなさい。ただし、 x は誘導リアクタンスとする。

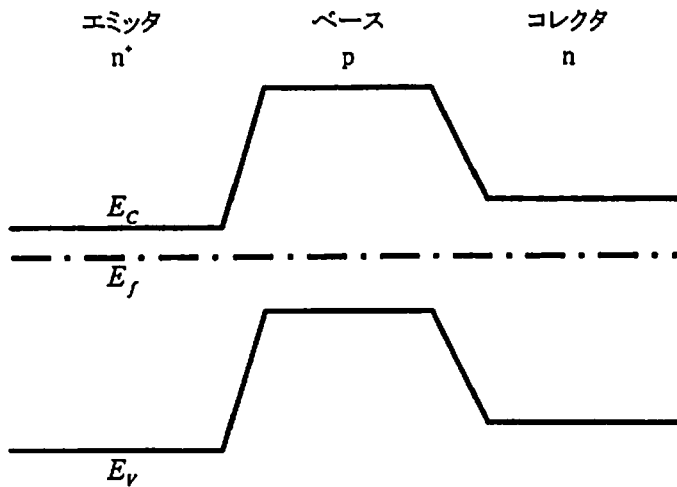
$$r = \frac{3}{2}x$$

- (2) その入力電力を求めなさい。
- (3) 電圧 $V = 100$ V, $x = 10$ Ω のとき、有効入力電力値は何 W か。
- (4) 電圧 V を基準とした全電流のフェザー図を描きなさい。

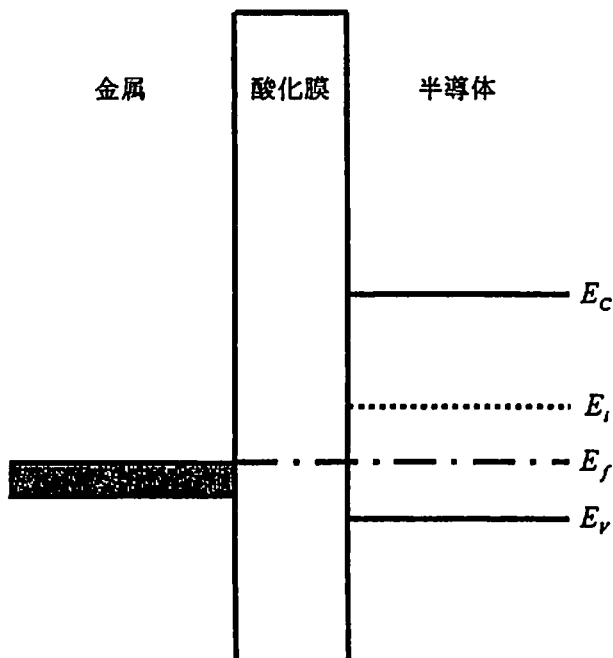


問題 6

- (1) 図は、 n^+pn バイポーラトランジスタの、電圧を印加していないときの、エネルギー帯図である。エミッタとベースのあいだを順方向バイアスし、ベースとコレクタのあいだを逆方向バイアスしたときの、エネルギー帯図を描きなさい。ただし、 E_C は伝導帯下端エネルギー、 E_V は価電子帯上端エネルギー、 E_f はフェルミエネルギーである。



- (2) 図は、 p 型半導体に形成した MOS 構造の、電圧を印加していないときの、エネルギー帯図である。金属に正電圧を印加したときの、エネルギー帯図を描きなさい。また、金属に負電圧を印加したときの、エネルギー帯図を描きなさい。ただし、 E_f は真性フェルミエネルギーである。



問題 7

変数 t の関数として定義されている 2 つの複素数

$$z_1(t) = 1 + 5e^{i2\pi t}$$

$$z_2(t) = 4 + i \tan(\pi t)$$

について、次の (1) ~ (3) の問いに答えなさい。

- (1) $-1/2 < t < 1/2$ における $z_1(t)$ の軌跡 C_1 と $z_2(t)$ の軌跡 C_2 を複素平面に描きなさい。
- (2) C_1 と C_2 の交点に対応する複素数を書きなさい。交点が 2 つ以上ある場合は、それらに対応する全ての複素数を書きなさい。
- (3) C_1 を経路とする (反時計回り) 次の (a) ~ (c) の複素積分を求めなさい。

(a) $\oint_{C_1} \frac{i4}{z+i5} dz$

(b) $\oint_{C_1} \frac{5}{2z-6+i6} dz$

(c) $\oint_{C_1} \frac{2z+2}{z^2+2z-3} dz$

専門選択	(機械システム工学専攻)
------	--------------

問題 1	機械力学
------	------

図1に示すような、質量を無視できる長さ l の糸の先端に質量 m を取り付け、鉛直下方に吊るした、単振り子を考えます。

- 1) 鉛直線からの振れの角度を θ とするとき、重力 mg の支点 O 回りの時計方向のモーメント M は、いくらですか。
- 2) 支点 O 回りの慣性モーメント J は、いくらですか。
- 3) 質点 m の運動のエネルギー T は、いくらですか。
- 4) ポテンシャル・エネルギー U は、いくらですか。
- 5) 運動方程式を導きなさい。
- 6) 振れの角度 θ が十分微小であるとき、 $\sin \theta \approx \theta$, $\cos \theta \approx 1$ と置けます。この時、運動方程式は、どのように書けますか。
- 7) 振れの角度 θ が十分微小であると仮定して得られた単振り子の運動方程式の一般解は、 $\theta = A \cos \omega t + B \sin \omega t$ と書けます。初期条件が、初速度がゼロ (0)、初期振れの角が θ_0 である時 ($t=0$)、この運動を式で示し、また、運動の様子を、横軸を時間に縦軸を振れの角にとって、図で説明しなさい。
- 8) 角振動数 ω を計算する式を示しなさい。
- 9) 角振動数 ω から振動数 f Hz を求める式を示しなさい。
- 10) 空気中を単振り子が運動する場合、先端の質量がある大きさを持っていて、その質量に、速度に比例した空気抵抗が作用するものとします。この場合の運動方程式と運動について論述しなさい。

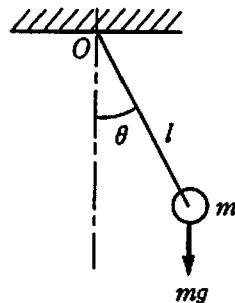


図1 単振り子

注：原則として、問題の順に回答しなさい。回答できない問題の場合は、「回答なし」と書いて、次の問題に進みなさい。

問題2 材料強度

軸荷重を受ける断面積 S [m²] の平板部品の片側に深さ方向に寸法 $a_0 = 3.185 \times 10^{-3}$ m の初期欠陥が検出された。この欠陥からの疲労き裂進展について考える。なお、公称応力を σ_n [MPa]、き裂寸法を a [m] とするとき、き裂先端の応力拡大係数 K [MPam^{1/2}] の値は $K = 1.12 \sigma_n \sqrt{\pi a}$ で表されるとする。

- 1) 平板に作用する応力が繰り返し速度 3600cpm、応力比 $R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = 0.0$ の完全片振りで繰り返されている。ここで、 $\sigma_{\max} = 300$ MPa の時に、き裂先端の応力拡大係数範囲 ΔK の値を求めなさい。なお、 $\pi = 3.14$ とする。
- 2) 繰り返し応力により疲労き裂が進展してき裂長さが a_f [m] になった時、き裂先端の応力拡大係数が破壊靱性値に達して破壊すると考える。この部材の破壊靱性値が $K_{IC} = 100$ MPam^{1/2} であるときにき裂の長さ a_f の値を求めなさい。
- 3) 疲労き裂進展速度 $\frac{da}{dn}$ [m/cycle] と ΔK の関係が、 $\frac{da}{dn} = C (\Delta K)^2$ 式で表されるとする。初期き裂長さ a_0 が a_f に達するまでの繰り返し数を N_p とすると、 $N_p = \int_{a_0}^{a_f} \frac{1}{C} \frac{1}{(\Delta K)^2} da$ の積分を実行することで求めることができる。 N_p を求める式をき裂長さと応力範囲の関数として導出しなさい。
- 4) 疲労き裂進展速度式において、 $C = 5.0 \times 10^{-13}$ で表される時に、 N_p を求め、また寿命は何日であるかを計算しなさい。ただし $\ln 8.88 = 2.18$ とする。

問題3 材料力学

図1に示すような、全長に w [N/m]の等分布荷重を受ける突き出しはりを考える。CA, AB, BDの3区間の長さは全て a [m]として以下の問いに答えなさい。

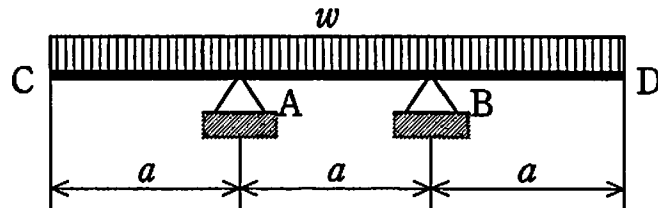


図1 突き出しはり

- (1) 支点 A, B の反力を求めなさい。
- (2) CA, AB, BD の3区間におけるせん断力を求め、せん断力線図を描きなさい。
- (3) CA, AB, BD の3区間における曲げモーメントを求め、最大曲げモーメントが発生する部位とその大きさを示しなさい。
- (4) このはりの断面が、図2に示すような幅 b [m]、高さ h [m]の長方形である場合、曲げ応力が最小になるときの長方形断面の幅 b と高さ h の比を求めなさい。

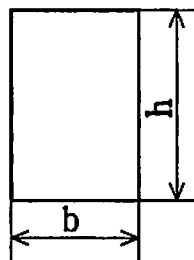


図2 はりの断面

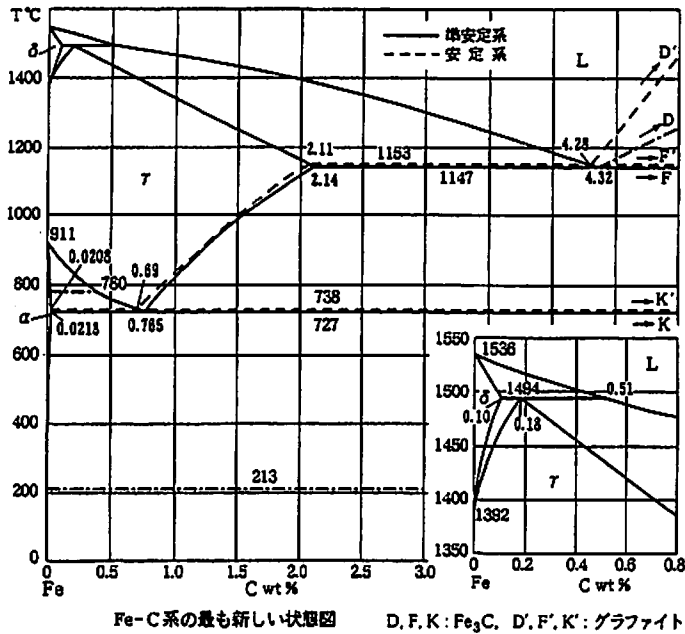
問題4 機械材料学

(1) 炭素濃度：1.5質量%の鋼を、1100℃に加熱し、その温度から室温までゆっくりと冷却（空冷）した時、

この鋼中の全セメンタイトの質量%、パーライトの質量%を求めなさい。ただし、鋼中には、Fe、C以外の他の元素は含まれないものとする。なお、ここでパーライトはFe-C二元共析組成（C=0.765質量%）を持つものとする。

ヒント：まず、セメンタイト（Fe₃C）中のC濃度（質量%）を、Feの原子量：55.85、Cの原子量：12.01を使い、求める（このC濃度でセメンタイトは100質量%となることに注意）。次に、図に示すFe-C二元系の状態図を参考に、状態図の“てこの原理”を用いて各構成相の質量比を計算する。

(2) 炭素濃度：0.8質量%の鋼を850℃に加熱して、①そこから氷水中に急冷したとき、②それをさらに、550℃x1時間焼き戻しを行ったとき、①、および②の材料に現れる組織の名称と特徴、両者の機械的性質の相違について説明しなさい。



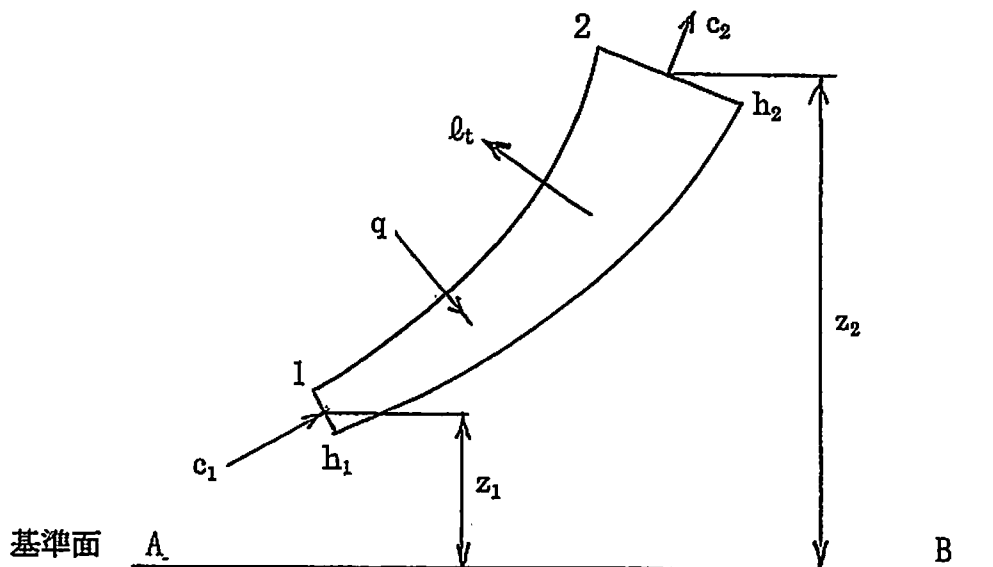
問題5 熱工学

1. 理想気体の準定常（可逆）断熱変化は式

$$Pv^\kappa = \text{一定}$$

によって表されることを導きなさい。ただし、 P は圧力、 v は比容積、 $\kappa = c_p / c_v$ は比熱比である。熱力学第一法則の式を用いて解きなさい。

2. 図のような流路を過熱蒸気が以下のような条件で定常的に流れているとする。



$$h_1 = 3200 \text{ kJ/kg}, \quad c_1 = 200 \text{ m/s}, \quad z_1 = 4 \text{ m}, \quad q = 100 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 2900 \text{ kJ/kg}, \quad c_2 = 100 \text{ m/s}, \quad z_2 = 12 \text{ m},$$

- 1) このときのエネルギー式を書きなさい。

ただし

h : 比エンタルピー

c : 流速

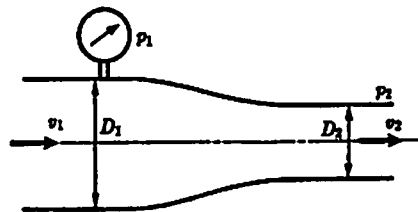
z : 基準面からの高さ

q : 加熱量

- 2) 得られる工業仕事 w_t (kJ/kg) を求めなさい。

問題 6 流体力学

1. 粘度 μ を用いてレイノルズ数を表し、それぞれの単位より無次元数であることを示しなさい。なお、他の必要な諸量は定義・単位も含めて記述すること。
2. ピトー管はどんな原理に基づくもので、何をやるものかを簡潔に示しなさい。また、そのときの原理を表す式を長さの次元で表しなさい。
3. 直径 $d=50\text{mm}$ のノズルから速度 $v=40\text{m/s}$ で噴出する水の噴流が、大きな固定平板に垂直に衝突するとき、噴流がこの平板に及ぼす力を求めなさい。ただし、水の密度は 1000kg/m^3 とする。
4. 内径 100mm 、長さ 10m の円管を、速度 0.01m/s で水が流れているときの摩擦圧力損失を求めなさい。ただし、水の密度は 1000kg/m^3 、水の動粘性係数は $10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ とする。
5. 図に示すように、直径が D_1 から D_2 まで滑らかに減少している管が水平に置かれており、中を非圧縮性流体が流れている。直径の大きい方の管を速度 v_1 、ゲージ圧力が p_1 で流れるとき、直径の小さい方の管における速度 v_2 とゲージ圧力 p_2 を与えられた諸量を使って求めなさい。



問題7 制御工学

1. 図1に示す機械系において、入力を上端部の変位 $x_i(t)$ 、出力を中間点の変位 $x_o(t)$ としたときの伝達関数 $G(s)$ を求めなさい。ただし K_1 、 K_2 をばね定数、 D を粘性摩擦係数、 M を質量とし、他の部分の質量は無視するものとする。

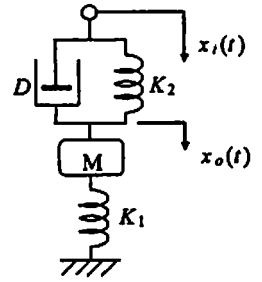


図1

2. 図2に示す制御系について以下の問いに答えなさい。

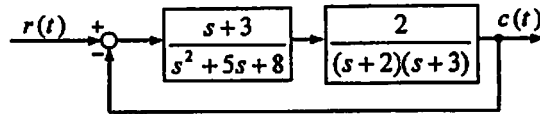


図2

- (1) 閉ループ系の伝達関数 $W(s)$ を求めなさい。
- (2) $W(s)$ の特性方程式を因数分解して特性根を求め、複素平面上にその位置を記しなさい。
- (3) 複素根の位置より、減衰係数 ζ と固有振動数 ω_n を求めなさい。

専門選択 (物質化学専攻)

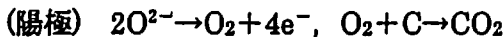
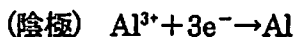
次の7問のうち4問を選んで解答しなさい。別紙解答用紙には必ず解答する問題番号を記入した上で解答しなさい。

問題 1 [グリーンケミストリー]

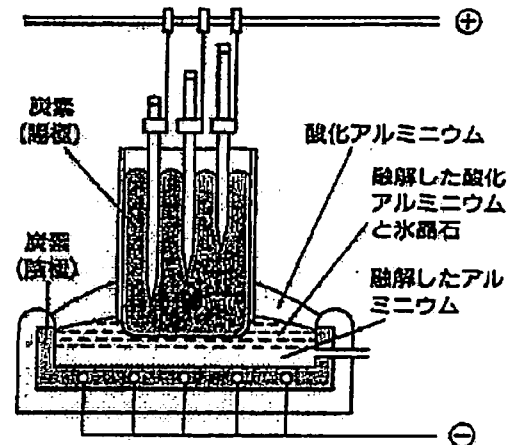
I 次の文章を読んで以下の問に答えなさい。

アルミニウムは他の金属と比べると腐食しにくく、融点が低いため、使用済みのアルミ製品を溶かして、簡単に再生することができる。しかも、再生地金をつくるのに必要なエネルギーは、新地金をつくる場合に比べてわずかです。そこで新地金と再生地金をつくるのに必要なエネルギーを具体的に比較する。

新地金の工業的製造方法は、氷晶石 Na_3AlF_6 を約 1000°C に熱して融かし、これにボーキサイトから得た Al_2O_3 を加えて融解させ、電解してアルミニウムを製造するという方法である。 Al_2O_3 の電解を行うと電解槽の内壁が陰極となり、 Al^{3+} が放電して、アルミニウムが析出して底にたまる。陽極では O^{2-} が炭素と反応して二酸化炭素を生じて、陽極を消耗する。したがって、 Al_2O_3 の電解反応は次のようになる。



また、再生地金は単純に回収した Al を融解して作製する。



(1) 全体の電解反応式(電子を消去した反応式)を表した上、 25°C での理論分解電圧 V_{th} を求めなさい。ただし、 Al_2O_3 の標準生成ギブズエネルギー $\Delta_f G^\circ$ は -1580kJmol^{-1} 、 CO_2 の $\Delta_f G^\circ$ は -394kJmol^{-1} 、ファラデー定数 F は 96500Cmol^{-1} とする。($-\Delta G = nFV_{th}$ の関係を用いる。 n は価数。)

(2) Al の融点は 660°C であり、その融解エンタルピーは 10.7kJmol^{-1} である。融点直上で再生地金を作製されたとすると、どれくらいのエネルギーが必要か答えなさい。また、新地金と再生地金をつくるのに必要なエネルギー比(新地金では1トンあたり 13000kWh)は何%か求めなさい。ただし、Al の原子量は 27.0、金属 Al の熱容量は $3R$ (R は気体定数で $8.31\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$)、回収 Al の温度は 25°C とし、系は断熱状態にあるとする(加えたエネルギーはすべて加熱、融解に使用される)。また $1\text{kWh} = 3600\text{kJ}$ である。

(3) アルミニウムのリサイクルは電気エネルギー節約の観点から重要であるが、他にも環境負荷低減の効果がある。それについて知っていることを書きなさい。

問題2 [物理化学系1]

I 2.0×10^{-4} M ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) の塩化カルシウムと 2.0×10^{-4} M の塩化バリウムをともに含む 100mL の水溶液がある。ここへ 2.0×10^{-4} M の硫酸ナトリウム水溶液を加えよく混合した。

(硫酸カルシウムの溶解度積： $K_{sp} = 2.4 \times 10^{-5}$ 、硫酸バリウムの溶解度積： $K_{sp} = 1.1 \times 10^{-10}$)

- (1) 沈殿生成反応式と生じる沈殿の色を書きなさい。
- (2) 硫酸カルシウムと硫酸バリウムにおける溶解度平衡式および溶解度平衡定数式(溶解度積の式)を書きなさい。
- (3) 硫酸ナトリウム水溶液を 100mL 加えた場合、硫酸カルシウムおよび硫酸バリウムの沈殿が生じるかどうかをそれぞれ判定しなさい。
- (4) 硫酸バリウムの沈殿が生成しはじめる硫酸ナトリウム水溶液の体積 (mL) を求めなさい。
(ヒント：求める体積は非常に小さな値であるので、混合した溶液の体積を 100mL としてよい。)

II 次の7種の電磁波をエネルギーの高い(波長の短い)順に並べ替えなさい。また、電磁波を物質に照射すると一般的にどのような現象が起こるか答えなさい。続いて、次の7種の電磁波から3種を選択し、それぞれの電磁波を用いることによって物質に関するどのような情報を得ることができるか書きなさい。

ラジオ波・可視光・ γ 線・マイクロ波・X線・紫外線・赤外線

問題3 [物理化学系2]

- I アルゴンは、広い温度・圧力範囲で、状態方程式 $PV_m = RT$ に従い、その定容(定積)モル熱容量は $C_{v,m} = (3/2)R$ と近似できる。ただし、 P は圧力、 V_m はモル体積、 R は気体定数、 T は絶対温度である。次の各問に答えなさい。
- (1) アルゴンの定圧モル熱容量 $C_{p,m}$ を R を用いて表しなさい。
 - (2) $C_{p,m} > C_{v,m}$ の関係が成り立つ理由を、定性的に説明しなさい。
 - (3) 圧力一定の下で、アルゴン 1 mol の温度を T_1 から T_2 に変化させた。このときの系のエンタルピー変化 ΔH を表す式を求めなさい。
 - (4) (3) の変化に伴う系のエントロピー変化 ΔS を表す式を求めなさい。

問題 4 [無機化学系 1]

I 鉄は、私たちの生活に欠かせない金属であると同時に、生体内の微量必須元素として生命活動の維持にも重要な働きをしている。鉄および鉄イオンに関する以下の問に答えなさい。

- (1) 鉄は宇宙での存在割合が、他の遷移金属に比べてはるかに多いことが知られている。この理由について述べなさい。
- (2) 鉄とアルミニウムの構造材料としての長所と短所をそれぞれ比較して述べなさい。
- (3) 鉄イオンを反応中心とする鉄含有タンパク質（酵素）は、生体内で数多く存在することが知られている。それらのうち二つの例を挙げて、鉄イオンの機能を説明しなさい。
- (4) 次に示す鉄の錯イオンについて、結晶場理論に基づいて3d軌道の分裂と電子配置を図示しなさい。また、それぞれの錯イオンの磁気モーメントをスピンだけ（スピンオンリー）の式から求めなさい。ただし、分光化学系列は $\text{CN}^- \gg \text{H}_2\text{O}$ の順であることを参考にしなさい。
① $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3+}$ ② $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4+}$ ③ $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ④ $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$

II 次の(1)から(5)の語句について、下記に示すキーワード群の中から最も適切な二つの語句を選び、それらを用いて説明しなさい。

- (1) 有効核電荷
- (2) 18 電子則
- (3) 標準酸化還元電位
- (4) 3 中心 2 電子結合
- (5) キレート効果

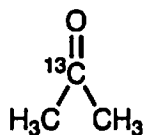
キーワード群：水素結合、希ガス、遮蔽、単座配位子、分子吸光係数、ジボラン (B_2H_6)、標準水素電極、エントロピー、電子スピン、電子配置、リチウム電池、内殻電子、量子収率、活量、電子欠損分子、トランス効果

問題 5 [無機化学系 2]

- I 化学ポテンシャルを用いて多相多成分系の平衡条件を示し、ギブスの相律を導きなさい。
- II 固溶体を含みかつ2成分系の共晶反応を含む相図を描きなさい。また、固溶体領域を斜線で示し、その自由度を求めなさい。ただし、圧力は一定とする。

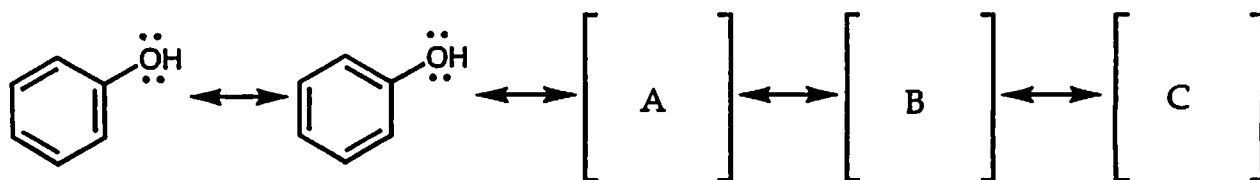
問題6 [有機・高分子系1]

- I $^{13}\text{CO}_2$ から、カルボニル基の炭素を ^{13}C でラベルしたアセトン合成する経路を示しなさい。ただし、 ^{13}C でラベルされていない試薬は、なにを使用してもよい。

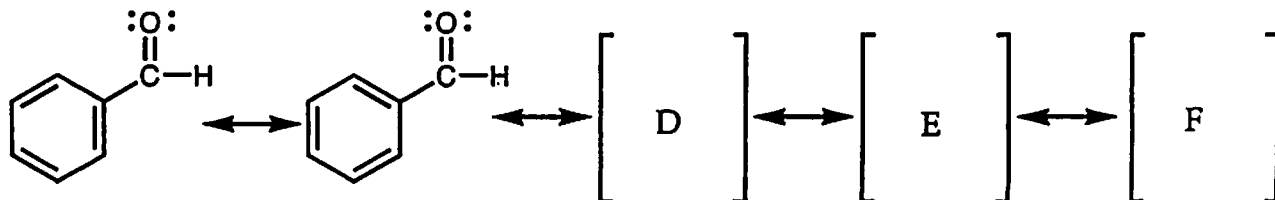


- II 置換芳香環における共鳴効果は、 π 結合を通して芳香環に電子を供与したり、芳香環から電子を求引することによって起こる。

- (1) フェノールの共鳴構造 (A, B, C) を描きなさい。また、共鳴構造に基づいてヒドロキシ基が電子供与性共鳴効果を示すことを説明しなさい。



- (2) ベンズアルデヒドの共鳴構造 (D, E, F) を描きなさい。また、共鳴構造に基づいてアルデヒド基が電子求引性共鳴効果を示すことを説明しなさい。



問題7 [有機・高分子系2]

- I 2種類のオレフィンモノマーのラジカル共重合について以下の問に答えなさい。ただし、単量体反応性比 r_1 と r_2 は

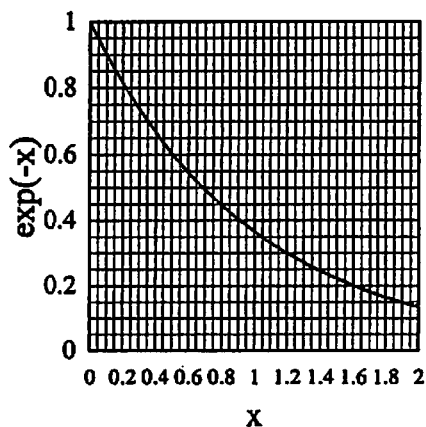
$$r_1 = \frac{Q_1}{Q_2} \exp[-e_1(e_1 - e_2)]$$

$$r_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \exp[-e_2(e_2 - e_1)]$$

と表わすことができ、スチレンとメタクリル酸メチル、ブタジエンの Q と e は以下の表の通りである。ここで Q は単量体の共鳴安定化の程度、 e は二重結合上の相対的な電荷の尺度を示す。

	Q	e
スチレン	1.0	-0.80
メタクリル酸メチル	0.74	0.40
ブタジエン	2.39	-1.05

- (1) スチレンとメタクリル酸メチルのモノマーの構造式を示しなさい。
 (2) スチレンとメタクリル酸メチルを共重合するときの $r_1 \times r_2$ の値を計算しなさい。ただし指数関数 $y = \exp(-x)$ の y の値は下記の図を参照して求めなさい。



- (3) 合成された共重合体のスチレンとメタクリル酸メチルの配列の特徴を説明しなさい。
 (4) スチレンとブタジエンを共重合した場合の $r_1 \times r_2$ の値を計算しなさい。
 (5) スチレン/ブタジエン共重合体の配列の特徴を説明しなさい。