

専門 II (数理情報学専攻)

※ 6 題中 3 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くこと。解答用紙は 1 題につき 1 枚を使用しなさい。

I 次の連立微分方程式を考える。

$$(*) \quad \frac{dx}{dt} = Ax + b, \quad x = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} -2 \\ -1 \end{pmatrix}$$

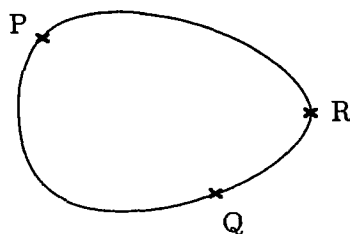
- (1) $A\bar{x} + b = 0$ を満たす \bar{x} を求めなさい。
- (2) (1) の \bar{x} を用いて, $x(t) = \bar{x} + u(t)$ とおき, (*) を $u = u(t)$ の微分方程式に書き直しなさい。
- (3) (*) の一般解を求めなさい。また, $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t)$ を求めなさい。

II 複素平面 \mathbb{C} 上の複素関数を考える。以下, $z = x + iy$ とする。

- (1) $g(z) = |z|^2$ が正則かどうか調べなさい。
- (2) $u(x, y) = x^2 - y^2 + 4xy$ を実部にもつ正則な関数 $f(z)$ で $f(0) = 0$ を満たすものを求めなさい。また, その $f(z)$ の導関数を求めなさい。
- (3) (2) で求めた $f(z)$ について $\int_{|z|=1} \frac{f(z)}{z^3} dz$ を計算しなさい。

III 次の問いに答えなさい。

- (1) 質点が、原点を中心とする半径 r の円周上を速さ v で等速運動している。時刻 t における質点の位置が $(r \cos \omega t, r \sin \omega t)$ と表されるとき、 ω を r, v で表しなさい。また、質点の加速度ベクトルの大きさを r, v で表しなさい。
- (2) 一般に、等速運動をする質点の速度ベクトルと加速度ベクトルは直交することを示しなさい。
- (3) 質点が図のような閉曲線上を反時計回りに等速運動している。図を解答用紙に描き写し、点 P における速度ベクトルと加速度ベクトルの向きを矢印で書き入れなさい。また、図の点 P, Q, R のうち、その点における加速度ベクトルの大きさが最も大きいもの、小さいものはどれか、答えなさい。



IV 次の問いに答えなさい。

- (1) 定積分 $\int_{-1}^1 \frac{2}{1+x^2} dx$ を計算しなさい。
- (2) 区間 $[-1, 1]$ を 2 等分し、定積分 $\int_{-1}^1 \frac{2}{1+x^2} dx$ の台形公式による近似値を求めなさい。
- (3) 区間 $[-1, 1]$ を 2 等分し、定積分 $\int_{-1}^1 \frac{2}{1+x^2} dx$ のシンプソン公式による近似値を求めなさい。

V 重複のない非負の整数の集合に対して、値の大小関係に基づく二分探索木を考え、この二分探索木の各節点の値を、十分な大きさの整数配列 a の要素に次の規則で対応させて格納する。なお、対応する節点がない場合は、配列の要素には -1 を格納しておく。

- (1) 二分探索木の根は $a[0]$ に対応させる。
- (2) 二分探索木のある節点が $a[i]$ に対応している場合、この節点の2つの子の節点は、 $a[i]$ より値が小さい方を $a[2i+1]$ に、大きい方を $a[2i+2]$ に対応させる。

このような配列 a と非負の整数 k が引数として与えられた時に、 k が配列の要素の値として存在する場合は、その要素の添字を、存在しない場合は -1 を戻り値として返す関数またはクラスメソッドを C 言語または Java 言語を用いて書きなさい。

VI 2進数の加算において、各桁では、下の桁からの桁上げ入力 C_i 、被加数 A_i 、加数 B_i に基づいて、その桁の値 S_i と次の桁への桁上げ C_{i+1} が計算される。

- (1) このような計算を行う全加算器の真理値表を、次の書式にならって書きなさい。

入力			出力	
A_i	B_i	C_i	C_{i+1}	S_i

- (2) X の否定を $\neg X$ で表し、 X と Y の論理積と論理和をそれぞれ $X \wedge Y$ と $X \vee Y$ で表すとき、 S_i と C_{i+1} を、それぞれ A_i 、 B_i 、 C_i を変数とする論理式で表しなさい。

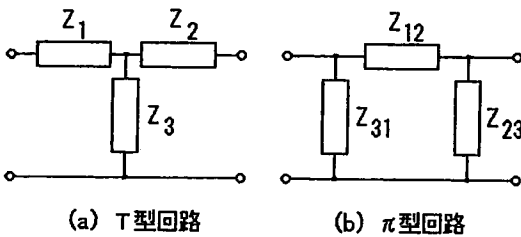
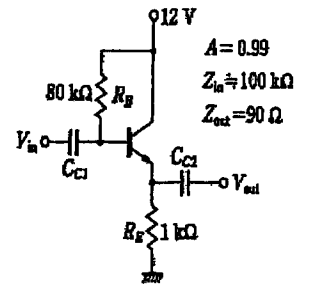
専門 II (電子情報学専攻)

次の6問のうち4問を選んで解答しなさい。別紙の解答用紙は1問につき1枚ずつ使用し、必ず問題番号を記入しなさい(解答が白紙であっても、すべての用紙に受験番号、氏名、問題番号を記入すること)。

I (電気回路)

右図の回路は、トランジスタの電流増幅率 β を 100 としたときのエミッタフォロワ設計例である。この回路構成で、エミッタ抵抗 R_E と動作点は変化しないとして β が 250 のトランジスタに交換する場合、

- (1) 増幅度 A の値を求めなさい。
- (2) 入力インピーダンス Z_{in} と出力インピーダンス Z_{out} を求めなさい。
- (3) ベース抵抗 R_B の値を求めなさい。



左図の回路で、T型回路と π 型回路が完全に等価である。この場合、

- (4) インピーダンス Z_1, Z_2, Z_3 と Z_{12}, Z_{31}, Z_{23} の関係式を導きなさい。
- (5) いま T 型回路で $Z_1=Z_2=Z_3=10k\Omega$ としたとき、 π 型回路の各値 Z_{12}, Z_{31}, Z_{23} を求めなさい。

II (電子工学)

半導体、絶縁体のエネルギー帯構造を考えると、次の問いに答えなさい。

- (1) 許容帯、禁制帯とは何か説明しなさい。
- (2) 価電子帯、伝導帯とは何か説明しなさい。Si などの半導体では価電子帯、伝導帯にある電子はどのような状態の電子かを考慮して説明しなさい。
- (3) 典型的な半導体、絶縁体のエネルギー帯構造を、それぞれの違いが明確にわかるように図示しなさい。価電子帯の上端のエネルギーを E_v 、伝導帯の下端のエネルギーを E_c としてその図に示しなさい。
- (4) なぜ半導体と絶縁体の導電率が違うか、(3) で示したエネルギー帯構造を用いて説明しなさい。

Ⅲ (通信工学)

長い歴史を持つ基本的な変調方式から、新しく非常に高度なデジタル変調方式に至るまで、様々な変調方式が身の回りで用いられている。その中で以下に挙げる基本的な変調方式において、単純なアナログ信号（例えば正弦波形）または、デジタル信号（例えば 10101）で変調された波形の概略をそれぞれ描きなさい。さらに、それぞれの変調方式が持つ長所と短所を変調方式の仕組みと合わせて論じなさい。

- (1) AM, (2) FM, (3) PCM, (4) FSK, (5) PSK

Ⅳ (情報工学)

この問題について、必要なら次の値を利用しなさい。 $\log_{10}2=0.3010$, $\log_{10}3=0.4771$

3 種類 {+, 0, -} の記号系列があり、右図のような 2 記号連接度数表を得た。

- (1) この記号系列が単純マルコフ情報源から生成されたものと見て、シャノン線図を作成しなさい。
 (2) 次に、この記号系列のエントロピーを計算しなさい。

	+	0	-
+	30	20	10
0	20	20	20
-	30	30	0

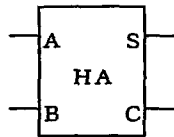
A, B, C, D の各記号が互いに独立して、それぞれ {0.1, 0.2, 0.3, 0.4} の確率で発生する情報源がある。

- (3) この記号系列を「シャノン-ファノ」の符号化法を用いて 2 元符号語を作成しなさい。
 (4) 次に、「ハフマン」の符号化法を用いて 2 元符号語を作成しなさい。
 (5) (3)と(4)で作られた 2 つの符号化の能率を比較しなさい。

V (計算機工学)

加算器とは2進法により2つの数を加算する回路のことである。そのうち、下の桁からの桁上りのない加算器のことを半加算器、下の桁からの桁上りも加算する加算器を全加算器という。加算器について次の問に答えなさい。

- (1) 入力としてA、Bを受け、その桁の和Sと桁上りCを出力する半加算器を考える。この半加算器の真理値表を描きなさい。
- (2) 上記の真理値表をもとに半加算器の論理式を書きなさい。
- (3) 上記の論理式をもとに半加算器の論理回路を描きなさい。ただし、使用するのはANDゲート、ORゲート、NOTゲートのみとする。
- (4) 入力としてA、Bおよび下の桁からの桁上がりXを受け、その和Sと次の桁への桁上がりCを出力する全加算器を考える。この全加算器の真理値表を描きなさい。
- (5) 上記の真理値表をもとに全加算器の論理式を書きなさい。
- (6) 上記の論理式から全加算器は半加算器2つを用いて構成することができる。このことをもとに全加算器の論理回路を描きなさい。ただし、下記の半加算器の論理記号を用いること。



VI (応用数学)

- (1) 複素数 $z_1(t) = 5e^{i2\pi t}$ ($0 \leq t \leq 1$) の軌跡を複素数平面上に描きなさい。
- (2) $z = -i3$ を中心とする半径4の円周Cを、(1)と同じ複素数平面上に描きなさい。
- (3) 複素数 $z_2(t)$ ($0 \leq t \leq 1$) の軌跡が円周Cになるとする。(1)の式にならって、 $z_2(t)$ の式を書きなさい。
- (4) $z_1(t)$ と $z_2(t)$ の軌跡(いずれも $0 \leq t \leq 1$) が交わる点に対応する複素数を書きなさい。
- (5) 円周Cを反時計回りに回る閉経路で、次の(a)~(c)の複素積分を計算しなさい。

(a) $\oint_C \frac{3}{z} dz$

(b) $\oint_C \frac{2}{z+1+i4} dz$

(c) $\oint_C \frac{1}{z^2-2z-3} dz$

専門 II (機械システム工学専攻)

「機械材料・強度学」「材料力学」「熱力学」「流体力学」「機械力学」「制御工学」の6分野から3分野を選んで解答しなさい。

(それぞれ別の解答用紙に記入のこと)

機械材料・強度学

I. 金属疲労のき裂進展の問題について考える。金属材料の疲労き裂進展特性は Paris の式(1)を、また応力拡大係数範囲は式(2)を用いて表されるとして、次の問いに答えなさい。ここで、 a はき裂長さ、 n は繰返し数、 C は材料定数、 ΔK は応力拡大係数範囲、 $\Delta \sigma$ は応力範囲、 m は指数、 F は補正係数である。

$$\frac{da}{dn} = C (\Delta K)^m \quad \text{式(1)} \quad \Delta K = F \Delta \sigma \sqrt{\pi a} \quad \text{式(2)}$$

- (1) 初期欠陥寸法を a_0 として、この欠陥から疲労き裂が進展し、き裂長さ a_f まで進展する時の進展寿命 N_p を求める式を $m = 2$ の場合と $m \neq 2$ の場合に分けて導きなさい。ただし、 F はき裂長さ a に無関係とする。
- (2) 疲労き裂が進展して、 K_{\max} が材料の破壊靱性値 K_{IC} に到達したとき不安定破壊すると仮定して、この時のき裂長さ a_f を求めなさい。ただし、荷重比 $R = 0$ とする。

II. 機械構造用鋼の多くは熱処理により機械的性質が変化する。鉄-炭素系二元平衡状態図を基礎において次の問いに答えなさい。

- (1) 鉄の結晶は立方晶で、常温で安定な鉄相を α 鉄と呼んでおり、組織学的にはフェライトというが、その結晶構造を何と呼んでいるか。
- (2) A_3 変態点以上の温度で安定な相を γ 鉄と呼んでおり、組織学的にはオーステナイトというが、その結晶構造を何と呼んでいるか。
- (3) A_3 変態点以上に加熱した均一なオーステナイト組織の鋼を大気中で放冷することにより微細なパーライトが発生し、機械的性質の改善を計ることができる。この熱処理を何と呼んでいるか。
- (4) 一方、(3)において、大気中に放冷する代わりに徐冷することにより硬さの低下と被削性の改善を計ることができる。この熱処理を何と呼んでいるか。
- (5) 炭素濃度によって加熱温度は異なるが、過共析鋼では A_1 点よりも少し上で、 A_{cm} 点よりも少し下の温度に加熱して、急冷する熱処理を一般的に何と呼んでいるか。
- (6) (5)の処理によって得られた鋼は高強度を示すがじん性に欠けるところがある。このために 200°C 以上の温度に加熱し、急冷してじん性を回復させる熱処理を何と呼んでいるか。

以上

材料力学

図1のように質量が無視でき、ピン接合された2本の真直な棒からなるトラスを考える。この棒BCおよびBDはそれぞれ点Cおよび点Dで鉛直な壁に支持されており棒BCは水平とする。点Bには鉛直下方に荷重 $W = 100 \text{ N}$ が作用しているとき、以下の問いに答えなさい。ただし、図示の角度は $\theta = 30^\circ$ とし、答えには必ず単位を明記しなさい。

- (1) 棒BCおよびBDに生じる図示の方向の内力の大きさをそれぞれ P および Q とすると、点Bにおける鉛直方向および水平方向の力の釣合い方程式を導きなさい。
- (2) $\sqrt{3} = 1.73$ としたとき、内力 P および Q の値を求めるとともに、これらの内力は引張りであるか圧縮であるかを答えなさい。
- (3) 2本の棒材料はともに縦弾性係数を $E = 200 \text{ GPa}$ 、断面積を $A = 10 \text{ mm}^2$ とすると、棒BDに生じる垂直応力 σ および垂直ひずみ ε の値を求めなさい。
- (4) 棒BDの長さを 500 mm とすると、棒BDに生じる伸び δ の値を求めなさい。

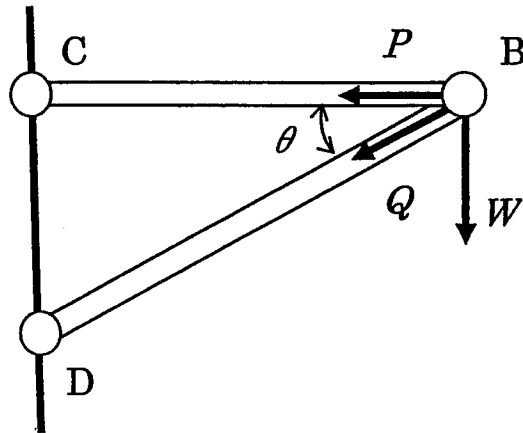


図1

熱力学

図1の $p-v$ 線図にあるように、圧力を p 、比体積を v とし、 $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1$ と時計回りに圧力および比体積を変化させる閉じた系におけるガスサイクルについて考える。 $1 \rightarrow 2$ および $3 \rightarrow 4$ は断熱過程、 $2 \rightarrow 3$ および $4 \rightarrow 1$ は等圧過程である。以下の問いに答えなさい。ただし、サイクルに使用するガスは理想気体であると仮定し、必要なら比熱比 κ を 1.5、気体定数を R として、定積比熱 $C_v = R/(\kappa - 1)$ 、定圧比熱 $C_p = \kappa R/(\kappa - 1)$ を使っても良い。

- (1) 断熱過程において、比熱比 κ 、圧力 p 、比体積 v の間に成り立つ関係式を示しなさい。
- (2) 状態1および2における圧力と比体積をそれぞれ p_1, v_1, p_2, v_2 とする。 $p_2/p_1 = 8$ であるとき、 v_2/v_1 を求めなさい。
- (3) 状態2および3における比体積と温度をそれぞれ v_2, T_2, v_3, T_3 とする。 $v_3/v_2 = 4$ であるとき、 T_3/T_2 を求めなさい。
- (4) 状態3および4における圧力と比体積をそれぞれ p_3, v_3, p_4, v_4 とする。 $p_4/p_3 = 1/8 = 0.125$ であるとき、 v_4/v_3 を求めなさい。
- (5) 状態4および1における比体積と温度をそれぞれ v_4, T_4, v_1, T_1 とする。 $v_1/v_4 = 1/4 = 0.25$ であるとき、 T_1/T_4 を求めなさい。
- (6) $2 \rightarrow 3$ の過程において系に流入する熱 Q_H を T_2, T_3 を用いて表しなさい。
- (7) $4 \rightarrow 1$ の過程において系から放出する熱 Q_L を T_1, T_4 を用いて表しなさい。
- (8) このサイクルの熱効率を $1 \sim 4$ の各状態における温度 T_1, T_2, T_3, T_4 を用いて表しなさい。
- (9) このサイクルの熱効率を(2)~(7)の結果を用いて計算しなさい。

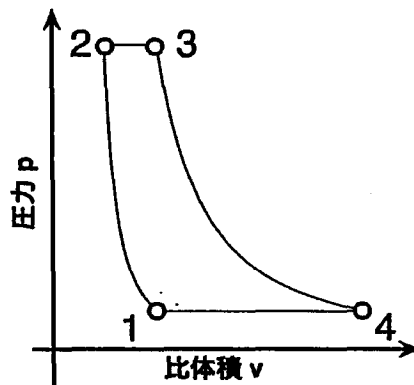


図1

流体力学

I. 内径が D [m], 長さが L [m], 管摩擦係数が λ のまっすぐな円管が垂直に配置されており, その中を密度 ρ [kg/m³] の非圧縮性流体が質量流量 G [kg/s] で上向きに流れている場合について, 以下の問いに答えなさい。ただし, 重力加速度を g [m/s²], 円周率を π とする。

- (1) 管断面での平均流速 v [m/s] を求めなさい。
- (2) 長さ L [m] における摩擦による圧力損失 ΔP_f [Pa] を求めなさい。ただし, (1) での v は用いないこと。
- (3) この円管内を流体が上向きに流れるために必要な圧力差 ΔP_T [Pa] を求めなさい。

II. 図1, 2のような大きなタンクの底から水が流出している場合について, 以下の問いに答えなさい。

- (1) 図1に示す断面積が 20 cm^2 のAの穴から水が流出するときの速度 v_A [m/s] と流出流量 Q_A [m³/s] を求めなさい。
- (2) 図2に示す管径が 10 cm のBの穴を通して曲がり角を有する全長 $L = 500 \text{ m}$ の管から水が流出するときの速度 v_B [m/s] を求めなさい。ただし, 管の入口損失係数 ζ_1 を 1.0 , 曲がり損失係数 ζ_2 を 0.5 , 管摩擦係数 λ を 0.0093 , 重力加速度 g を 9.8 m/s^2 とする。

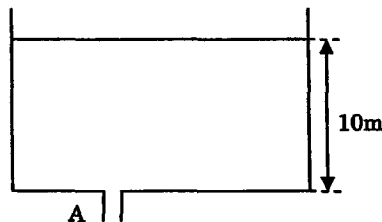


図1

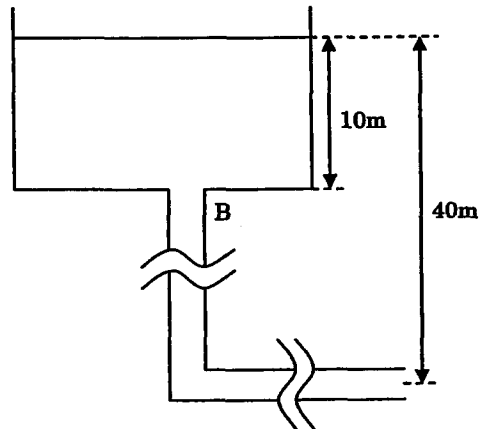


図2

III. 水銀が入ったU字マンノメータの一方に 266 kPa , もう片方に 140 kPa の水が入った容器が同じ高さでつながっているとき, 水銀の液面の差を求めなさい。ただし, 水銀の比重は 13.6 , 水の密度は 1000 kg/m^3 , 重力加速度は 9.8 m/s^2 とする。

機械力学

I. 図1に示すように、重さのない長さ l の剛体棒の先端に質量 m を取り付けた倒立振り子がある。振り子には、支点 O から距離 a の位置に、ばね定数 $k/2$ のばねが二個つけられている。 mg は質量 m に作用する重力である。

- (1) 振れ角 θ が十分微小であるとき、倒立振り子の運動方程式を求めなさい。
- (2) 導出した運動方程式から、倒立振り子が微小振動をするための条件式を求めなさい。
- (3) 倒立振り子の固有角振動数 ω_0 、および固有振動数 f_0 を表す式を求めなさい。

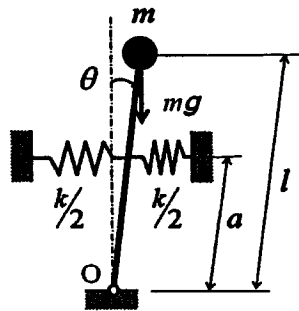


図1 倒立振り子

II. 図2に示すように、質量 m 、ばね定数 k 、粘性減衰係数 c からなる1自由度の粘性減衰系に、調和外力 $F \sin \omega t$ が作用している。

- (1) この系の運動方程式を求めなさい。
- (2) 定常振動を $x = A \sin \omega t + B \cos \omega t$ の形で仮定し、この系の定常振動を質量 m 、ばね定数 k 、粘性減衰係数 c 、加振力の振幅 F 、加振力の角振動数 ω で表示しなさい。

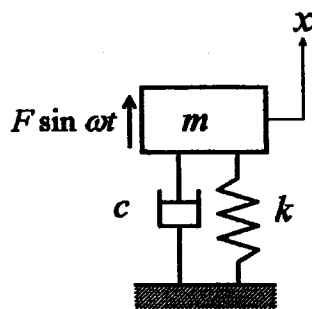


図2 粘性減衰系

制御工学

- I. ある制御系にステップ関数 $u(t)$ が入力された時の出力応答 $y(t)$ が次式により近似できるとして、このシステムの伝達関数を求めなさい。

$$y(t) = 1 - e^{-2t} \cos\left(4t + \frac{\pi}{4}\right)$$

- II. 図1に示す直結フィードバック系について次の問いに答えなさい。

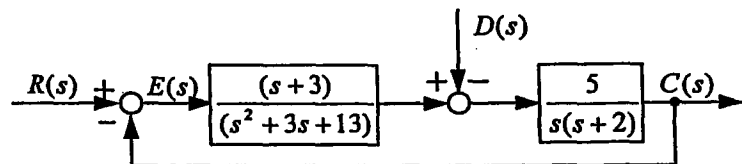


図1

- (1) 目標値および外乱に対して何型の制御系か答えなさい。
 (2) 目標値および外乱に対して、それぞれ型に対応した定常偏差を求めなさい。

【参考：ラプラス変換】

$$\mathcal{L}[u(t)] = \frac{1}{s}, \quad \mathcal{L}[\cos(\beta t + \phi)] = \frac{(\cos \phi)s - (\sin \phi)\beta}{s^2 + \beta^2}, \quad \mathcal{L}[e^{-\alpha t} f(t)] = F(s + \alpha)$$

専門 II (物質化学専攻)

次の6問のうち3問を選んで答えなさい。別紙解答用紙には必ず解答する問題を記入した上で解答しなさい。

問題1 [無機・無機材料系1]

I 金属錯体の錯形成において、キレートを生成するときの安定度定数は、対応する単座配位子の場合の安定度定数より大きいことが知られている。これはキレート効果と呼ばれ、この原因はエントロピー効果によるとされている。この理由を、水溶液中における銅(II)イオンと単座配位子であるアンモニアおよび二座配位子であるエチレンジアミンとの錯形成反応を例として説明しなさい。

II 以下に示す分子の構造を書き、属する点群を示しなさい。

- (1) 二酸化炭素 (2) 二酸化硫黄 (3) アンモニア (4) クロロホルム (5) ベンゼン

問題2 [無機・無機材料系2]

I 無機化合物の結晶構造に関する次の問に答えなさい。

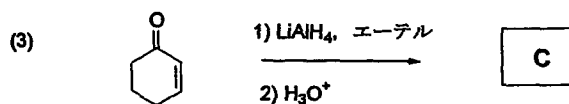
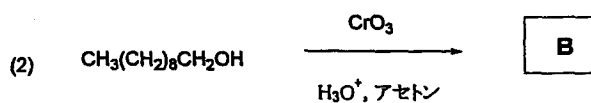
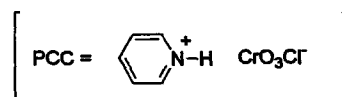
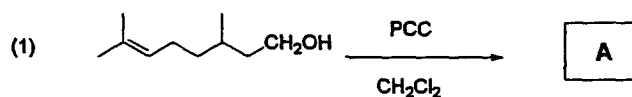
- (1) 単位格子の形により分類された7つの結晶系をすべて挙げなさい。
 (2) 14個のブラベー格子のうち、角度に関する格子パラメーター $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ のものをすべて挙げ、(1)で挙げた結晶系により分類しなさい。

II 下に示す(1)～(3)の2成分系(成分Aと成分B)の相図を描きなさい。縦軸には温度の軸を、横軸には成分の軸を記入しなさい。また、図中にL(液体)、 $L+S_A$ (成分Aの固体)、 $L+S_C$ (化合物Cの固体)、 $L+S_B$ (固体BにAが固溶した固溶体)などを挿入して、それぞれの領域に存在する相を示しなさい。

- (1) 全率固溶体の相図
 (2) AとBが固溶体を形成する場合の共晶の相図
 (3) 化合物Cと包晶の両方を含む相図

問題 3 [有機・高分子系 1]

I 酸化と還元は有機化学で最もよく行われる反応である。次の反応で生成する化合物を解答欄に書きなさい。



II メトキシ基やアミノ基のような置換基をもつベンゼンに塩素化を行うと、最初の置換基のオルソ、パラ位に塩素化が起こるが、シアノ基のような置換基をもつベンゼンに塩素化を行うと、メタ位の塩素化が進行する。この理由を説明しなさい。また、このことを考慮に入れて、ベンゼンを出発物質に用い以下の化合物を合成するルートを考えなさい。

(1) *m*-クロロニトロベンゼン

(2) *m*-クロロエチルベンゼン

問題 4 [有機・高分子系 2]

I 高分子の重合反応には、付加重合のように連鎖重合で進行するものと、重縮合のように逐次重合で進行するものがある。次の各問に答えなさい。

- (1) 付加重合で合成される高分子を一つ挙げ、単量体と高分子の化学構造を示しなさい。
- (2) 重縮合で合成される高分子を一つ挙げ、単量体と高分子の化学構造を示しなさい。
- (3) 連鎖重合および逐次重合のそれぞれについて、反応に関与する化学種、生成する高分子の平均分子量ならびにモノマー濃度の時間的変化を説明しなさい。

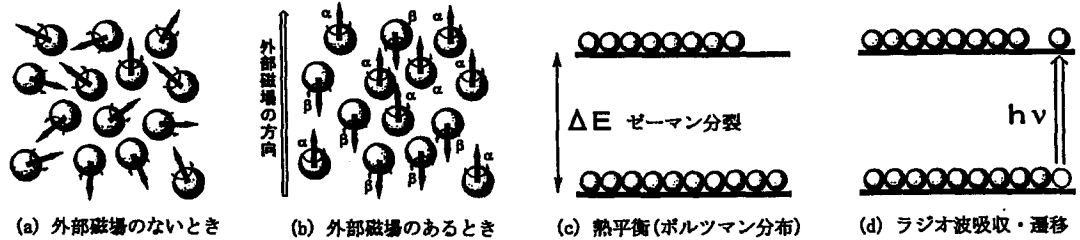
II 結晶性高分子の弾性率を、ガラス転移温度以下の温度から結晶の融点以上の温度まで連続的に測定した。次の各問に答えなさい。

- (1) 弾性率の温度変化を模式的にグラフで示し、ガラス転移温度 T_g および結晶の融点 T_m の位置を示しなさい。
- (2) 温度領域を T_g 以下、 T_g 以上で T_m 以下、および T_m 以上の3つに分けたとき、それぞれの領域における高分子の分子運動性ならびに力学的性質について述べなさい。

問題5 [分析・物理化学系1]

- I 弱酸である H_2X (X は水中で2価の陰イオンになる)の水溶液がある。 H_2X の初濃度を $[H_2X]_0$ 、逐次酸解離平衡定数をそれぞれ K_{a1} 、 K_{a2} ($K_{a1} \gg K_{a2}$)としたとき、次の問に答えなさい
- (1) H_2X の逐次酸解離平衡式を書きなさい。
 - (2) H_2X の逐次酸解離平衡定数式を書きなさい。
 - (3) この溶液の電荷均衡式を書きなさい。
 - (4) この溶液の質量均衡式を書きなさい。
 - (5) この溶液のpHを $[H_2X]_0$ 、 K_{a1} 、 K_{a2} など(必要な記号のみ使用すること)を用いて表しなさい。

- II 回転している原子核は「小さな棒磁石」とみなすことができる。いま、核スピン($I=1/2$)をもつ原子について核磁気共鳴分析を行いたい。次の図を参考にして、核磁気共鳴分析法の原理を簡単に説明しなさい。



問題6 [分析・物理化学系2]

- I 25°Cにおける水の標準蒸発エンタルピー $\Delta_{vap}H^\ominus$ は44 kJmol⁻¹である。水(液体)および水蒸気のもル定圧熱容量 $C_{p,m}^\ominus$ をそれぞれ75 JK⁻¹mol⁻¹、33 JK⁻¹mol⁻¹として、以下の問に答えなさい。

- (1) 25°Cにおける水の標準蒸発エントロピー $\Delta_{vap}S^\ominus$ を求めなさい。
- (2) 100°Cにおける水の標準蒸発エンタルピー $\Delta_{vap}H^\ominus$ を求めなさい。
- (3) 100°Cにおける水の標準蒸発エントロピー $\Delta_{vap}S^\ominus$ を求めなさい。
- (4) トルーションの法則によると、多くの液体の通常沸点における蒸発エントロピーは約85 JK⁻¹mol⁻¹である。水の蒸発エントロピーがこの値と大きく異なる理由を説明しなさい。

専門 II (情報メディア学専攻)

問題 I、II は必ず解答しなさい。さらに、問題 III、IV、V から 1 問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 問につき 1 枚を使用しなさい。

I アッカーマン関数(Ackermann Function) $A(x,y)$ は 0 以上の二つの整数値を引数として受け取り、整数値を返す関数で以下のように定義される。

$$A(0, y) = y + 1$$

$$A(x, 0) = A(x - 1, 0) \quad x > 0$$

$$A(x, y) = A(x - 1, A(x, y - 1)) \quad x > 0, y > 0$$

この $A(x, y)$ を図 1 のような Java のスタティックメソッドとし、main メソッドから $A(x, y)$ を呼び出して、 $A(x, y)$ の値と、メソッド $A(x, y)$ が何回呼び出されたかを調べることにする。このメソッドに関し、次の問に答えなさい。

- ①. (イ) の部分に入る Java プログラムを書きなさい。
- ②. $A(0, 0)$ 、 $A(1, 0)$ 、 $A(1, 2)$ の値と、そのときに $A(x, y)$ が呼び出される回数を答えなさい。

```

public class Ackerman {
    static long count = 0;
    static long A(long x, long y) {
        count++;
        

(イ)


    }
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println(Ackerman.A(4,1) + "呼び出しは" + count + "回");
    }
}

```

図 1. アッカーマン関数を計算する Java プログラム

II 下記の設問から3問選択して説明しなさい。

(1) LANの規格として普及しているEthernetは、国際標準 IEEE (I) として採用され、通信方式は(II)である。LAN接続するためにPC等の端末に(III)が必要であり、(III)はフレームの作成、電気信号への変換などの処理を行う。

(I)、(II)、(III)に下記から正しい語句を選び、さらに(II)の通信方式を説明しなさい。

語句：802.11 802.5 802.3 10BASE-T 10BASE-5 CSMA CSMA/CA CSMA/CD OS NOS NIC

(2) パケット交換手法でのコネクションレス型 (CL) 通信とコネクションオリエンテッド型 (CO) 通信について説明しなさい。

(3) ARPの機能について簡潔に説明しなさい。

(4) IPアドレスとして 133.65.192.1/26 を採用した場合、(I)サブネットマスク (II)利用できるIPアドレスの範囲 を答えなさい。

ただしIPアドレスは全長が4オクテットであり、また全てが0や1のホストに割り当てられないこととする。

(5) OSIとインターネットのプロトコル階層を図示しなさい。

- III
- (1) 次に示す有限無効グラフ $G(V, E)$ の図を描きなさい。
 $V = \{a, b, c, d, e, f\}$, $E = \{(a, b), (a, d), (b, c), (b, d), (b, e), (b, f), (c, f), (e, f)\}$
- (2) このグラフで a から f への順路 (2つのノードを結ぶノードとアークの列でノードもアークも重複しない) は何通りあるか、その数を書きなさい。
- (3) このグラフで a と f の距離を求めなさい。

- IV 信号 $\{y_n\}$ の自己相関関数 $R_y(k)$ が、次式となる場合、

$$R_y(k) = \sigma_x^2 \rho^{|k|} + \sigma_y^2 \delta_{k,0}$$

$$\text{ただし, } |\rho| < 1, \quad \delta_{k,l} = \begin{cases} 1, & k = l \\ 0, & k \neq l \end{cases}, \quad \underline{\sigma_x^2 \text{ 及び } \sigma_y^2 \text{ は定数である.}}$$

自己相関関数 $R_y(k)$ の離散フーリエ変換

$$S_y(\omega) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} R_y(k) e^{-jk\omega}$$

により、信号 $\{y_n\}$ のパワースペクトル $S_y(\omega)$ を求めなさい。

- V 経営分析の分野で使われる損益分岐点について、図を用いて説明しなさい。

専門 II (環境ソリューション工学専攻)

以下の大問 I～IVの中から3問を選択して、解答しなさい。なお、それぞれの大問は別々の解答用紙に解答し、解答用紙には解答した大問番号を明記すること。

I 以下の各問いに答えなさい。

- 問1 下水処理場で多く用いられている活性汚泥法に関して、それを構成する単位装置(各槽)の名称を挙げ、それぞれの機能について説明しなさい。
- 問2 処理人口1,000人、1人1日当たりの下水量200L、下水のBOD 200mg/Lとして、この下水を活性汚泥法で処理したい。BOD・容積負荷率を $0.6\text{kg/m}^3\cdot\text{日}$ とした場合、曝気槽の容積を求めなさい。

II 以下の各問いに答えなさい。

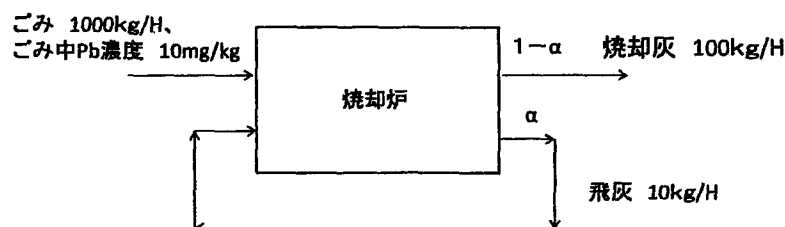
問1 以下の語句の中から2つ選び、語句の要点をそれぞれ100字程度で説明しなさい。

- 1) ゼロエミッション
- 2) ライフサイクルアセスメント
- 3) 準好気性埋立
- 4) IPCC

問2 循環する際、濃度の濃縮が起こる例について検討する。処理能力が 1000kg/H のごみ焼却炉があり、焼却により焼却灰 100kg/H 、飛灰 10kg/H が発生し、ごみ中の鉛濃度が 10mg/kg -ごみ、鉛の飛灰への分配率 α が 0.9 だとする。飛灰を全量ごみに戻して処理したとき、飛灰中の鉛濃度は戻し回数を n とすると下式により表される。以下の問いに答えなさい。

$$\alpha \times (1 - \alpha^{n-1}) / (1 - \alpha) \quad \text{g-Pb/kg-飛灰}$$

- 1) 循環させない、すなわち、戻さないときの飛灰中の鉛濃度はいくらか。
- 2) 戻し回数が1回、10回、20回、40回のときのそれぞれの飛灰中鉛濃度を計算し、戻し回数と濃度との関係を示すグラフを書きなさい。 $0.9^{10}=0.349$ 、 $0.9^{20}=0.122$ とする。
- 3) 戻し回数を無限回としたときの飛灰中濃度を求めなさい。また、この濃度は戻さないときの濃度の何倍か。
- 4) 飛灰を戻して(循環させて)処理を続けると飛灰中鉛濃度は前問に示すように飽和に達するが、このときのごみ経由で入る鉛量/Hと、焼却灰経由で出る鉛量/Hはそれぞれいくらか。



Ⅲ 以下の問いに答えなさい。

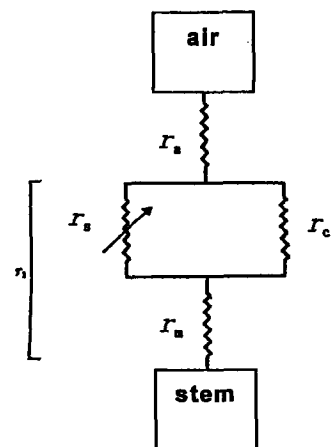
問1 上流から中流にかけての河川は一般に、淵と瀬が交互に連なる構造を持つ。このような河川において、枯葉性のトビケラの一種の幼虫について、淵と瀬それぞれ2地点、各地点において50×50cmのコドラート内の生物を採集したサンプルを3つとる、という方法で分布調査を行った。各サンプルの調査結果は下記の表のとおりで、検定にかけるまでもなく、枯葉性トビケラ幼虫は淵Aにおいてその個体数が多く、淵Bにおいて少ないながら見られ、瀬では見つからなかった。この結果から、この枯葉性トビケラ幼虫の生息場所選好性をどう考えるか。この調査では調べられなかった項目や計測値も含め、考察せよ。

地点	サンプル No.	景観	水温 (°C)	水深 (cm)	流速 (cm/秒)	底質	枯葉の乾燥重量 (g)	枯葉性トビケラ幼虫数 (匹)	その他の水生昆虫の総乾燥重量 (mg)
A	1	淵	18.5	55	20	砂+枯葉	30	22	80
A	2	淵	19.0	45	15	砂+枯葉	25	33	80
A	3	淵	18.0	50	15	砂+枯葉	30	28	70
B	1	淵	18.5	55	10	砂+枯葉	45	3	20
B	2	淵	18.0	50	5	砂+枯葉	60	1	5
B	3	淵	19.0	60	10	砂+枯葉	40	2	10
C	1	瀬	18.0	30	40	小礫(れき)	0	0	160
C	2	瀬	19.0	25	50	小礫(れき)	2	0	110
C	3	瀬	18.5	30	55	小礫(れき)	5	0	150
D	1	瀬	18.0	35	50	小礫(れき)	3	0	130
D	2	瀬	19.0	50	45	小礫(れき)	8	0	140
D	3	瀬	18.5	40	45	小礫(れき)	10	0	120

IV 次下の各問いに答えなさい。

- 問1 個体数を N 、内的自然増加率を r 、環境収容力を K とするとき、個体群の増加率 dN/dt はロジスティック式で描くことができる。
- 1) ロジスティック式を導出しなさい。
 - 2) 個体群が分断するなどして縮小した場合、ロジスティック式のどの部分に影響が及ぶか、答えなさい。
 - 3) 個体群の遺伝的劣化が進むと、ロジスティック式のどの部分に影響が及ぶか、答えなさい。

- 問2 右の図は茎から葉を通して大気中までの水分が流れる経路を示している。図中に示される「葉肉抵抗 r_m 」「気孔抵抗 r_s 」「クチクラ抵抗 r_c 」「葉面境界層抵抗 r_a 」をそれぞれ説明しなさい。また、これらの抵抗の中で、一番小さな抵抗値をとるものはどれか、答えなさい。



- 問3 菌類についての以下の問いに答えなさい。
- 1) 菌類の分類学的特徴を説明しなさい。
 - 2) 菌類の機能分類では、「腐朽菌」と「菌根菌」に分けることがある。「腐朽菌」と「菌根菌」をそれぞれ説明しなさい。
 - 3) シイタケの人工栽培が比較的容易で、マツタケの人工栽培が困難な理由を、それぞれ答えなさい。