

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 次の問いに答えなさい。

- (1) 微分方程式  $\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} + y = 0$  の一般解を求めなさい。
- (2) 微分方程式  $\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} + y = x$  について,  $x$  の多項式で表される特解を求めなさい。
- (3) 微分方程式  $\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} + y = x$  の一般解を求めなさい。

II 次の問いに答えなさい。

- (1) 複素平面  $\mathbb{C}$  上の曲線  $C : z = 2e^{i\theta}$  ( $0 \leq \theta \leq 2\pi$ ) が与えられている。次の複素積分の値を求めなさい。

$$I_1 := \int_C (z + \bar{z}) dz, \quad I_2 := \int_C \frac{1}{z} dz, \quad I_3 := \int_C \frac{e^{\pi z/2}}{z-i} dz$$

- (2) 実積分

$$\int_0^{2\pi} \frac{1}{2 - \cos\theta} d\theta$$

を単位円上の複素積分に書き直し, その値を求めなさい。

Ⅲ 質量  $m$  の質点が  $x$  軸上を運動している。質点には  $0 < x < L$  の範囲のみ、速度に逆向きで一定の大きさ  $F$  の動摩擦力が働く。

- (1) 質点の運動方程式を  $0 < x < L$  の場合とそれ以外に分けて書きなさい。
- (2)  $x < 0$  の領域で、速さ  $V$  で  $x$  の正の向きに等速直線運動している質点が、 $0 < x < L$  の領域に進入してきた。質点が静止せずにこの領域を通り抜けるために  $m, L, F, V$  が満たすべき条件を求めなさい。
- (3) (2) のとき、動摩擦力により失われた質点の運動エネルギーは  $FL$  となることを運動方程式より示しなさい。

Ⅳ 方程式  $f(x) = 0$  の解を Newton 法を用いて求める。Newton 法の定める数列を

$$\{x_n\}_{n=0,1,2,\dots}$$

とする。

- (1)  $x_{n+1}$  を  $x_n, f(x_n), f'(x_n)$  で表しなさい。
- (2)  $k$  を 2 以上の整数とし、 $f(x) = x^k$  とする。 $x_0 = 1$  のとき、 $x_n$  を求めなさい。
- (3) (2) で  $k = 3$  のとき、 $|x_n| < 10^{-6}$  となるような最小の整数  $n$  を求めなさい。必要があれば、 $\log_{10} 2 = 0.3010\dots$ ,  $\log_{10} 3 = 0.4771\dots$  を用いなさい。

V  $n$  個の要素からなる整数配列  $a$  が与えられたとする。この配列に現れる整数値とその出現回数を、別の整数配列  $b$  に格納したい。ただし、配列  $a$  に (より先頭側に現れるものから順に)  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_m$  の  $m$  通りの整数値が現れていて、各  $p_i$  の出現回数が  $r_i$  である ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) 場合、これらの値を、配列  $b$  の先頭から

$$p_1, r_1, p_2, r_2, p_3, r_3, \dots, p_m, r_m$$

の順に格納する。たとえば、

$$n = 11, a = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline -5 & 77 & 77 & 31 & 26 & 11 & 11 & -5 & 77 & 31 & 77 \\ \hline \end{array}$$

である場合、配列  $b$  の各要素を次のようにしたい。

$$b = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline -5 & 2 & 77 & 4 & 31 & 2 & 26 & 1 & 11 & 2 & \dots \\ \hline \end{array}$$

ただし、 $\dots$  の部分の要素の値は問わない。

- (1)  $a$  と  $b$  以外の配列を用いなくてこの仕事を行う手順を考え、その手順を説明しなさい。ただし、配列  $b$  は少なくとも  $2n$  個の要素を持っているものとしてよい。
- (2) (1) の手順を行うプログラムを、C または Java のいずれかのプログラミング言語を用いて書きなさい。ただし、 $n, a, b$  を引数として、配列  $b$  の内容を書き換え、 $a$  に出現している (相異なる) 整数値の個数  $m$  (上の例では 5) を戻り値とする関数 (Java の場合はクラスメソッド) の形で書きなさい。

VI C 言語で書かれた次の2つの関数は、それぞれ選択ソート法とバブルソート法によって  $n$  個の要素からなる整数配列 `data` を昇順に並び替えるものである。ただし、行頭の整数は行番号であり、このプログラムの一部ではない。

```

1 void ssort(int data[], int n)
2 {
3     int i, j, min, tmp;
4
5     for (i = 0; i < n-1; i++) {
6         min = i;
7         for (j = i+1; j < n; j++) {
8             if (data[j] < data[min])
9                 min = j;
10        }
11        if (i < min) {
12            tmp = data[i];
13            data[i] = data[min];
14            data[min] = tmp;
15        }
16    }
17 }
18
19 void bsort(int data[], int n)
20 {
21     int i, j, tmp;
22
23     for (i = 0; i < n-1; i++) {
24         for (j = n-1; j > i; j--) {
25             if (data[j] < data[j-1]) {
26                 tmp = data[j];
27                 data[j] = data[j-1];
28                 data[j-1] = tmp;
29             }
30         }
31     }
32 }

```

- (1) 引数  $n$  と `data` の要素が次のような値であった場合、12行目と26行目の文はそれぞれ何回実行されるか答えなさい。

$n = 7$

`data` = 

15	7	7	16	7	2	12
----	---	---	----	---	---	----

- (2) ある程度  $n$  が大きい場合について、これら2つの関数の実行速度にどのような違いが現れるか、その理由とともに述べなさい。

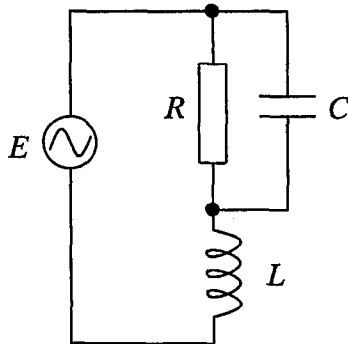
## 専門 II (電子情報学専攻)

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)

図に示すような回路のインピーダンス  $Z$  が実数となる場合を考察しよう。

- (1) 最初に、角周波数を  $\omega$  とし、インピーダンス  $Z$  を求め、その実部と虚部を分離して示しなさい。
- (2) インピーダンス  $Z$  が実数となる周波数が存在する条件と、その周波数を求めなさい。
- (3) 実数となったインピーダンス  $Z$  を求めなさい。
- (4) 次に、具体的に、 $R = 200\Omega$ ,  $L = 10\text{ mH}$ ,  $C = 2.5\mu\text{F}$  の場合に、インピーダンス  $Z$  が実数となる角周波数  $\omega$  と、インピーダンス  $Z$  の値を計算しなさい。



## II (電子工学)

次の問いに答えなさい。

- (1) 真性半導体とは何か、電子の数、ホール数の言葉を用いて説明しなさい。
- (2) 典型的な真性半導体のエネルギー帯構造を図示しなさい(図中に禁制帯、価電子帯、伝導帯を示しなさい)。
- (3) 真性半導体に電子や正孔を導く不純物を添加すると、n型半導体やp型半導体になった。このようなn型半導体、p型半導体の一般的なエネルギー帯構造を図示しなさい。
- (4) (3)で考えたようなn型半導体のキャリアの数は温度Tに対してどのように変化するか、図を用いて説明しなさい。

## III (通信工学)

中波のラジオ放送などに用いられる伝統的で基本的なアナログ変調方式から、最近の地上デジタル放送などに用いられる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の通信で用いられている。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)

C言語に関する下記の設問に答えなさい。

(1) 下記の  ~  に当てはまる数字を問題の番号に続けて答えなさい。

(a) 下記のコード：

```
double a=10; double *ptr = &a;
```

でポインタ変数 ptr を宣言したとき、その実体 \*ptr の値は  になる。

(b) 下記のコード：

```
double array[3][2]={1,2,3,4,5,6};
```

で2次元配列を宣言したとき、配列要素 array[1][1] の値は  になる。

(c) 変数 i と p は int 型で宣言済みであるとしたとき、下記の反復処理：

```
for(i=p=1; i<=3; i++){ p *= i; }
```

を完了した時点で、p の値は  である。

(2) 図に示すコードの  に単文を当てはめることにより、指数関数  $e^x$  の近似値をマクロ展開

$$e^x = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=0}^n \frac{x^i}{(i)!} = 1 + \frac{x^1}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \dots$$

によって求める関数 mace の関数定義を作成しなさい。

```
double mace( double x){
    int i;
    double a=1.0, t=1.0;

    for(i=1; t != 0.0; i++){
        
        a += t;
    }
    return( a );
}
```

図

(3) 下記のコード：

```
#include <stdio.h>
main(int argc, char *argv[ ]){
    int i;
    printf("%d\n", argc);
    for(i=0; i<argc; i++){
        printf("%s\n", argv[i]);
    }
}
```

をソースプログラム prog.c として、その実行可能形式プログラム prog を生成した。下記のコマンドライン：

```
./prog kyoto shiga
```

を実行したとき、画面に表示される内容を答えなさい。

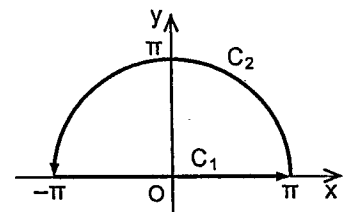
V (計算機工学)

下記の設問に答えなさい。

- (1) 負の整数  $-1$  を、下記表現による3ビットの2進数で表現しなさい。  
 (a) 符号絶対値表現 (b) 2の補数表現
- (2) 組合せ論理回路に関する下記の問題に答えなさい。  
 (a) AND回路, OR回路, NOT回路を用いて, EXOR回路を実現しなさい。  
 (b) AND回路, OR回路, NOT回路, EXOR回路のいずれかを用いて半加算回路を実現しなさい。
- (3) 割り込みとその動作を説明しなさい。特に、スタックの役割を明記しなさい。

VI (応用数学)

複素数  $z = x + iy$  ( $i$  は虚数単位、 $x$  と  $y$  は実数) を変数とする関数  $f(z) = e^z \cos z$  を、右図の経路  $C_1$  と  $C_2$  に沿って積分することに関し、次の(1)~(5)の問いに答えなさい。



- (1) オイラーの公式より、 $\cos \theta$  および  $\sin \theta$  を  $e^{i\theta}$  と  $e^{-i\theta}$  を用いて表しなさい。
- (2) 経路上の点  $z_1 = -\pi$ 、 $z_2 = 0$ 、 $z_3 = \pi$ 、 $z_4 = i\pi$  での関数  $f(z)$  の値を求めなさい。(どの値も、虚数単位  $i$  を含まない実数だけの形で表しなさい。)

- (3) 経路  $C_1$  上では  $z$  の虚部  $y$  が  $0$  なので  $z = x$  となり、複素積分が実数の定積分

$$\int_{C_1} e^z \cos z \, dz = \int_{-\pi}^{\pi} e^x \cos x \, dx$$

に置き換えられる。この定積分を計算しなさい。

- (4)  $C_1$  と  $C_2$  を合わせた閉経路を反時計回りに回る複素積分

$$\oint_{C_1+C_2} e^z \cos z \, dz$$

の値を求めなさい。

- (5) (3) と (4) の答をもとにして、経路  $C_2$  に沿う複素積分

$$\int_{C_2} e^z \cos z \, dz$$

を求めなさい。



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」, 「流体工学」, 「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すること)

機械材料・強度学

- I. 非破壊試験, 非破壊検査, 非破壊評価について, その目的, 内容, 違いを具体的に説明しなさい。
- II. 円柱状の単結晶体に軸方向に引張り力  $F$  を加えると変形は特定のすべり面で起こる。この時のせん断応力  $\tau$  は垂直応力  $\sigma$  より小さいことを説明しなさい。
- III. 高温で使う鋼のクリープ強度を評価するときに, ラーソン・ミラーパラメータ (LMP と称する) が有用である。  $LMP = T(C + \log t)$  で表されるとして, 以下の問に答えなさい。
  - (1) 上記 LMP の式を説明し, その工学的有用性について述べなさい。
  - (2) ある耐熱鋼のクリープ試験を引張り応力 300 MPa で実施したところ, 627°C の時に 10 時間で破断した。同じ材料で製作した丸棒部品を同一応力のもと, 427°C で使用した。このときの破断時間を求めなさい。ただし,  $C=20$  とする。

材料力学

I. 図1のように幅  $b=6\text{ mm}$ 、高さ  $h=12\text{ mm}$  の矩形断面を有する図2の片持ち梁 AB に2つの集中荷重が加わる場合について、以下の問いに答えなさい。ただし、 $L=200\text{ mm}$ 、 $L_a=80\text{ mm}$ 、 $W_1=5\text{ kN}$ 、 $W_2=10\text{ kN}$  とする。

(1) 矩形断面の断面係数  $Z$  の値を求めなさい。

ただし、矩形断面の断面2次モーメントは次式で表わされる。

$$I_z = \frac{bh^3}{12}$$

(2) 図2の固定支点 B における図示の方向の支持反力  $R_B$  および支持曲げモーメント  $M_B$  の値を求めなさい。

(3) 左端 A からの距離を  $x\text{ mm}$  とした時の曲げモーメントの式を示すとともに、曲げモーメント図の概形を描きなさい。

(4) この梁に生じる最大の曲げ応力  $\sigma_x$  の値を求めるとともに、その発生位置  $x$  の値を求めなさい。

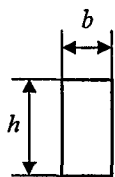


図1

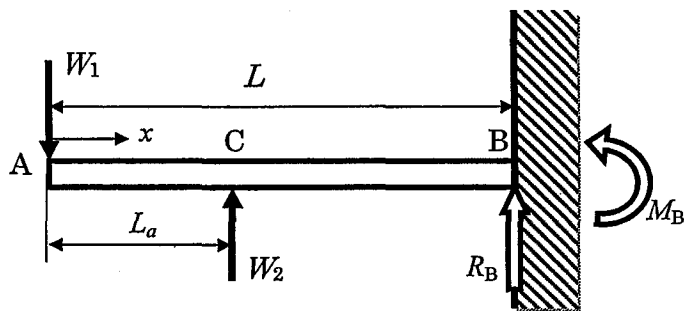


図2

## 熱力学

- I. ピストンに封入された理想気体の熱力学的状態変化について考える。理想気体の内部エネルギー  $U$  [J] は、気体の質量を  $m$  [kg]、定積比熱  $c_v$  [J/K kg]、絶対温度  $T$  [K] を用いて、 $U = mc_v T$  と表される。圧力を  $p$  [Pa]、体積を  $V$  [m<sup>3</sup>]、気体定数を  $R$  [J/K kg] として、以下の問いに答えなさい。
- (1) 準静的過程における熱力学的状態の微小変化に伴う、系の熱の微小変化量を  $dQ$  としたとき、気体の質量、定積比熱、温度、圧力、体積などを用いて、微小変化量  $dQ$  を含んだ熱力学第一法則の式を示しなさい。
  - (2) 定圧比熱  $c_p$  と定積比熱  $c_v$  の比、 $c_p/c_v$  を比熱比という。比熱比を  $\kappa$  とするとき、定圧比熱  $c_p$  と定積比熱  $c_v$  をそれぞれ比熱比  $\kappa$  と気体定数  $R$  を用いて表しなさい。
  - (3) 熱力学第一法則の式と理想気体の状態方程式を用いて、断熱過程において成り立つ温度  $T$  と体積  $V$  の関係式を導きなさい。
  - (4) 理想気体の場合、断熱膨張過程では、状態 1 から 2 へ準静的に変化するとき、系が外部にした仕事と、それに伴う内部エネルギーの変化は等しい。このことを、この過程において系が外部にした仕事を計算することで示しなさい。
  - (5) 単一の理想気体の場合、断熱膨張過程では、状態 1 から 2 へ準静的に変化するとき、系への熱の流入・流出が行われなため、エントロピーは変化しない。このことを、この過程におけるエントロピー変化を計算することで示しなさい。

## 流体工学

- I. 図1のような装置で水が流れている。流入管（直径 10 mm）の圧力が 50 kPa、流速が 4 m/s のとき、1 m 下にある流出管（直径 20 mm）でのそれぞれの値を求めなさい。なお、流量の変動および各種の損失はなく、水の密度を  $1000 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度を  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、円周率を 3.14 とする。
- (1) 流量
  - (2) 流出管内の速度
  - (3) 流出管内の圧力
- II. 図2のように、A、B 2つの大きな水槽を内径 20 cm、全長 105 m のパイプでつないで、水を A から B に供給している。水槽の水面差が 30 m のとき、パイプを流れる質量流量を求めなさい。ただし、入口損失係数を 0.5、出口損失係数を 1.0、管摩擦係数を 0.02、水の密度を  $1000 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度を  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、円周率を 3.14 とする。
- III. 粘度  $\mu$  を用いたレイノルズ数と、動粘度  $\nu$  を用いたレイノルズ数を表し、それぞれの単位から無次元数であることを示しなさい。なお、他の必要な諸量の定義と単位も併せて示しなさい。

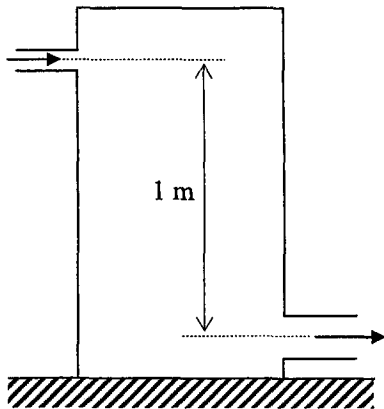


図 1

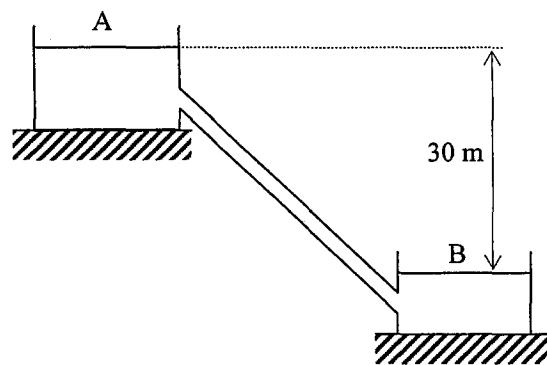


図 2

## 機械力学

- I. 図1に示すように1自由度の車が、凹凸の片振幅  $a$  が 1 cm, 波長  $\lambda$  が 2 m の正弦波状の路面を速度  $V$  で走行している。車体の質量  $m = 500$  kg, ばね定数  $k = 18000$  N/m のとき, 以下の問いに答えなさい。ただし,  $t$  は時間,  $x(t)$  はつり合い位置からの振動変位を示す。
- (1) 車が路面から受ける強制変位を  $u(t) = a \sin \omega t$  とするとき, 強制変位の角振動数  $\omega$  を, 波長  $\lambda$  と速度  $V$  で示しなさい。
  - (2) 路面から強制変位を受けて走行している車の運動方程式を記述し, 車の固有角振動数  $\omega_0$  [rad/s], 固有振動数  $f_0$  [Hz] を求めなさい。ただし, 円周率  $\pi = 3.14$  とする。
  - (3) 車が共振するときの走行速度  $V$  [m/s] を求めなさい。
  - (4) 走行中の車の定常振動を  $x(t) = A \sin \omega t$  の形で仮定して運動方程式を解き, 車の定常振動を質量  $m$ , ばね定数  $k$ , 強制変位の角振動数  $\omega$ , 強制変位の振幅  $a$  で示しなさい。
  - (5) 車が時速  $V = 36$  km/h で走行しているとき, 車の振動振幅を求めなさい。

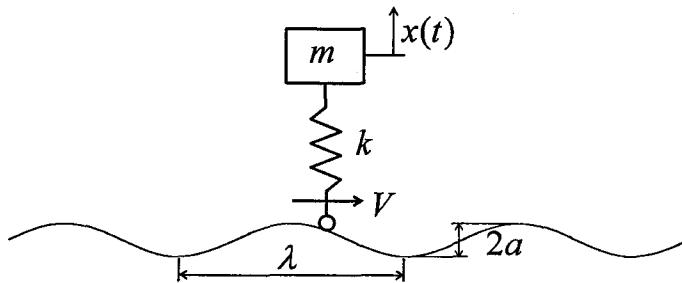


図1 1自由度の車

制御工学

I. 図1に示す入力  $R(s)$ 、出力  $C(s)$  の閉ループ系について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 閉ループ系の伝達関数  $W(s) = C(s)/R(s)$  を求めなさい。  
 (2)  $W(s)$  のステップ応答を求めなさい。

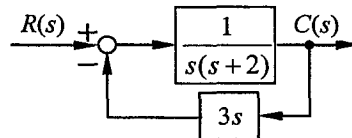


図1

参考

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

$u(t)$ : 単位ステップ関数

II. 安定判別法を用いて、次の特性方程式を持つ系が安定になるための  $K$  の値の範囲を求めなさい。

$$s^4 + 2s^3 + 4s^2 + 6s + K = 0$$

<b>専門 II</b> (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。

<b>問題1 [無機・無機材料系1]</b>
------------------------

- I NH<sub>3</sub>分子について次の問いに答えなさい。
- (1) オクテット則を満足するようにルイス構造式を書きなさい。
  - (2) VSEPR則(原子価殻電子対反発則)に基づいて、∠HNHに留意してNH<sub>3</sub>の分子構造を推定しなさい。
  - (3) NH<sub>3</sub>分子の属する点群を書きなさい。
- II 遷移金属錯体について次の問いに答えなさい。
- (1) [Cr(OH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>と[Cr(CN)<sub>6</sub>]<sup>2-</sup>を例にして高スピン錯体と低スピン錯体を説明しなさい。
  - (2) [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>を例にしてヤーン・テラー効果を説明しなさい。

<b>問題2 [無機・無機材料系2]</b>
------------------------

- I 結晶構造に関する次の問いに答えなさい。
- (1) 閃亜鉛鉱構造は、陰イオンが立方最密充填構造を形成しているとき、陽イオンはその四面体サイトの一つおきを<100>方向に占めているような結晶構造になっている。①このとき、陰イオンに配位している陽イオンの数はいくつになるか答えなさい。②また、陰イオンの半径を  $r$  とするとき、四面体サイトに充填できる陽イオンの最大半径を  $r$  を用いて表しなさい。ただし、陰イオン、陽イオンとも剛体球で変形しないものとする。
  - (2) 岩塩構造では、陰イオンが立方最密充填構造を形成しているとき、陽イオンはその八面体サイトのすべてに充填された構造になっている。この構造の空間群を書き、それぞれの記号・数字の意味を説明しなさい。
- II 2元系の全率固溶型平衡状態図において、次の問いに答えなさい。ただし、圧力は一定とする。
- (1) 液相線と固相線で挟まれた領域に注目する。温度が一定の場合、AとBの2成分中、系からA成分の量を少し減少させたとき、系の液体中の各成分濃度と固体中の各成分濃度は、どのように変化するか、あるいは変化しないかを答えなさい。
  - (2) 液相線より温度の高い領域に注目する。温度が一定の場合、AとBの2成分中の系からB成分の量を少し増加させたとき、系の液体中の各成分濃度は、どのように変化するか、あるいは変化しないかを答えなさい。

問題 3 [有機・高分子系 1]

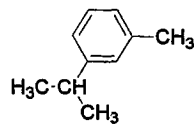
I  $C_{12}H_{18}$  の分子式をもつ芳香族炭化水素 **A** を  $KMnO_4$  を用いて酸化すると、 $C_{11}H_{14}O_2$  の分子式をもつカルボン酸 **B** が得られた。この化合物 **B** の重水( $D_2O$ )添加後の  $^1H$  NMR データを以下に示した。

**B**; 1.33 (9H, s), 7.49 (2H, d,  $J=8.7$  Hz), 8.06 (2H, d,  $J=8.7$  Hz)

(1) この化合物 **A**, **B** の構造式を解答欄に書きなさい。

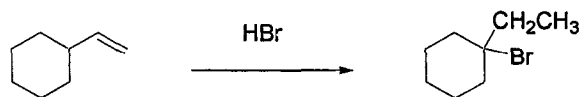
(2) このカルボン酸 **B** の酸性度は、酢酸や、安息香酸の酸性度と比較して大きいか、小さいか？その理由とともに解答欄に書きなさい。

(3) 次の炭化水素 **C** を  $KMnO_4$  を用いて酸化すると生成する化合物の構造式を書きなさい。

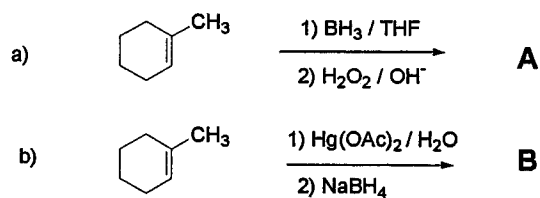


**C**

II ビニルシクロヘキサンに  $HBr$  を付加反応させると以下のような生成物が得られた。この生成物の生成機構をカルボカチオン中間体の構造を書いて説明しなさい。なお、電子の動きは曲がった矢印を使いなさい。



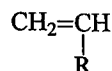
III 1-Methylcyclohexene と以下の試薬との反応の生成物の構造式 **A**, **B** を立体構造に注意して、それぞれ解答欄に書きなさい。





## 問題4 [有機・高分子系2]

I 一置換オレフィンの付加重合による高分子化合物の合成について以下の問いに答えなさい。



(1) R が次の置換基であるとき、カチオン重合、アニオン重合のいずれの機構で重合が進行するか理由とともに答えなさい。

①  $-\text{NO}_2$                       ②  $-\text{OCH}_3$

- (2) カチオン重合では低温で重合した方が分子量が高くなることがある。この理由を説明しなさい。  
 (3) アニオン重合の開始剤には、どのような化合物が用いられるか？2 つ以上挙げて、その開始剤の特徴を説明しなさい。  
 (4) スチレンのラジカル重合を行う時、二重結合が開裂して成長末端として CH の炭素に安定なラジカルを生じる。この理由を述べなさい。  
 (5) 分子量分布の狭いポリスチレンを合成するには、どのような重合方法で行えばよいか答えなさい。またこの重合法の特徴を述べなさい。

## 問題5 [分析・物理化学系1]

I pH緩衝溶液とはどのような性質の溶液か 50 字程度で説明しなさい。

また、緩衝溶液はどのような化合物を組み合わせて作製されるのか具体的な例をあげて答えなさい。

II 赤外線吸収 (IR) スペクトルにおける二原子間の伸縮振動による吸収ピークの波数は、フックの法則を用いて説明することができる。

伸縮振動吸収ピークの波数を  $\nu$ 、化学結合の力の定数を  $f$ 、換算質量を  $\mu$  とおいたときのフックの式を示しなさい。

また、IR スペクトルの最も高波数の領域 ( $4000 \sim 2500 \text{ cm}^{-1}$ ) には、軽水素 (H) が関与する二原子間の伸縮振動 (たとえば、C-H、N-H、O-H 結合の伸縮振動) による吸収ピークしか現れない。その理由を簡単に説明しなさい。

問題 6 [分析・物理化学系 2]

I 図 1 は、ある物質の標準圧力の下でのモルエンタルピー  $H_m^\ominus$  の温度変化を示したものである。この物質の融点は 300 K である。図 1 に基づき、以下の各問いに答えなさい。

- (1) モル定圧熱容量  $C_{p,m}$  の定義式を書きなさい。
- (2) この物質の固相におけるモル定圧熱容量  $C_{p,m}(s)$  を計算しなさい。
- (3) この物質の標準融解エンタルピー  $\Delta_{\text{fus}}H^\ominus$  を求めなさい。
- (4) 標準融解エントロピー  $\Delta_{\text{fus}}S^\ominus$  を標準融解エンタルピー  $\Delta_{\text{fus}}H^\ominus$  を用いて表しなさい。
- (5) この物質の標準融解エントロピー  $\Delta_{\text{fus}}S^\ominus$  を計算しなさい。
- (6) この物質の温度を 290 K から 310 K まで変化させたときの標準モルエントロピー変化  $\Delta S_m^\ominus$  を計算しなさい。  
必要なら  $\ln 290 = 5.6699$ 、 $\ln 300 = 5.7038$ 、 $\ln 310 = 5.7366$  を用いなさい。

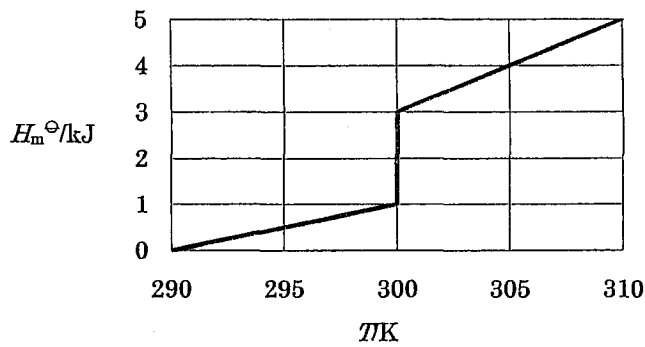


図 1

## 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

1. 次の機能を提供する C の関数もしくは Java のメソッドを作成しなさい。(C か Java かどちらか一方で解答)。`#include` や `import` 文、`class` 文などは省略し、関数またはメソッドの本体のみを示せばよい。

(ア). 長さ 5 の文字型の配列を二つ引数として受け取り、文字の並びが反転した配列になっているかどうかを判定するプログラム

```
int checkA (char jack[ ], char betty[ ]) (注 1)
```

なっていれば 1、なっていないければ 0 を返す。例えば変数 `jack` に "abcde"、`betty` に "edcba" が入っていれば 1、"abcde" と "fghij" が入っていれば 0 を返す。

(イ). 文字型の配列とその要素数を引数として受け取り、それが回文となっているかどうかを判別するプログラム

```
int checkB (char jack[ ], int n) (注 2)
```

配列が回文となる場合 1、ならない場合 0 を返す。なお、回文とは前から読んでも後ろから読んでも同じとなる文または語で、"level"、"radar"、"step on no pets" のようなものを指す。引数として受け取った配列が意味のある文かどうかは考慮せず、回文の形になっていれば 1 を返す。

(注 1) C の場合 `int checkA (char *jack, char *betty)` としてもよい。

(注 2) C の場合 `int checkB (char *jack, int n)` としてもよい。

2. 次に挙げる、オブジェクト指向に関連する用語から二つを選び、簡潔に説明しなさい。  
どれを選んだか、記号を明示すること。

(ア). 継承

(イ). ポリモーフィズム

(ウ). カプセル化

(エ). オーバーロード

(オ). コンストラクタ

(カ). 無名インナクラス

II 下記の設問から3問選択して説明しなさい。

- (1) OSIの7層構造、インターネットの5層構造、その間の対応関係を図示して説明しなさい。
- (2) ユーザがブラウザを用いて <http://www.ryukoku.ac.jp/> へアクセスしたときに、アクセス開始からリクエストしたドキュメントがブラウザに表示されるまでの処理の経過を説明しなさい。但し、[www.ryukoku.ac.jp](http://www.ryukoku.ac.jp) のIPアドレス 133.83.172.65 および下記の用語を使って説明すること。  
DNS, HTTP, HTML, ポート番号、ドメイン名、ホスト名
- (3) IPにおける動的経路制御アルゴリズムは、①距離ベクトル型 ②リンク状態型 ③パスベクトル型に分類できるが、この3種類のアルゴリズムの内、1つを選び説明しなさい。
- (4) Ethernet を用いる場合のIPパケットのMTUは1500オクテットになる。TCPヘッダとIPヘッダが各々20オクテットであった場合、Ethernetフレームヘッダが18オクテットであるギガビットEthernetで通信を行う場合のスループットの理論上の限界値を求めなさい。  
但し、MTU:Maximum Transfer Unit、ギガビットEthernetの回線速度は1Gbpsである。
- (5) RTTが0.5ミリ秒の衛星回線において、ウィンドウサイズがその最大値(65535バイト)に等しいとき、TCPの最大スループットを求めなさい。

III

- (1) 現実世界をモデル化してデータベースを作る際に、管理されるデータの枠組みをスキーマと言うが、標準とされている3層スキーマについてその特徴とともに説明しなさい。
- (2) 実体-関連モデル(E-Rモデル)を用いて、大学における、教員、科目、学生をそれぞれ実体とし、担当と履修を関連とする実体-関連図を描きなさい。ただし付随する属性については現実的なものを自分で考えなさい。図中、主キーにはアンダーラインを引き、また、実体間の対応関係が何対何にあたるかについても表現しなさい。

IV

離散時間線形時不変システムの入力  $x_n$  と出力  $y_n$  に対して、次式の入出力差分方程式が成り立つとする。

$$y_n = 0.9y_{n-1} + x_n \quad (1)$$

このとき、その離散時間線形時不変システムのインパルス応答  $h_n$  および周波数応答

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h_n e^{-jn\omega} \quad (2)$$

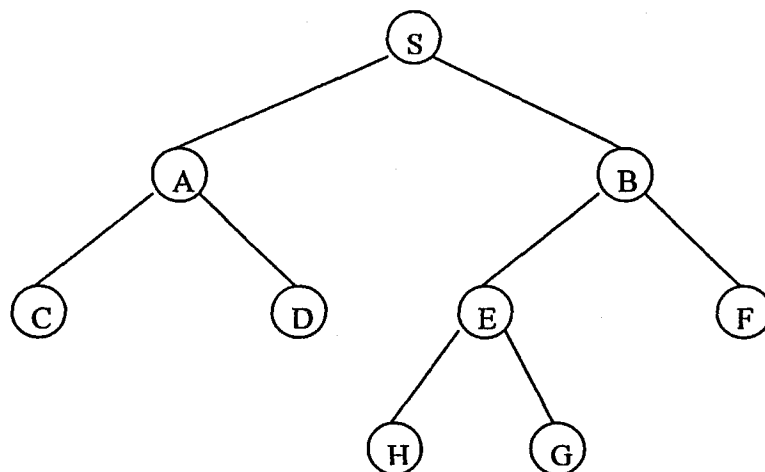
を求めなさい。

なお、インパルス応答とは、離散時間線形時不変システムの入力として、次式の単位インパルス信号  $\delta_n$  を入力したときの出力である。

$$\delta_n = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 0, & n \neq 0 \end{cases} \quad (3)$$

V

下図のように状態空間が木で表現されているとする。下図において、出発節点 S から目標節点 G までの経路を縦型探索で探索する場合、通過する節点を通過順に列挙しなさい。また、横型探索で探索する場合の通過節点を通過順に列挙しなさい。



**専門 II (環境ソリューション工学専攻)**

以下の大問 I～X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 以下の問い(問1～問2)に答えなさい。

問1 BODとは何かについて説明し、BODの測定方法を簡略に述べなさい。また、C-BOD(ATU-BOD)について説明しなさい。

問2 琵琶湖に流入する汚濁物質の発生源を4種類に分類し、それらの汚濁源を削減するために、それぞれどのような対策がとられてきたか説明しなさい。まだ有効な対策がとられていない汚濁発生源については、どのような対策が可能であるか述べなさい。

II 1本の流入河川と1本の流出河川を持つ容量 $25,000 \text{ m}^3$ の池がある。晴天時の植物プランクトン量調査および流入量・流出量調査を行なったところ、植物プランクトン濃度(クロロフィルa濃度)は池水： $10.0 \text{ mg m}^{-3}$ 、流入水： $1.0 \text{ mg m}^{-3}$ 、流出水： $10.0 \text{ mg m}^{-3}$ であり、流入量・流出量はともに $2000 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$ であった。この池は完全混合状態にあり、植物プランクトン量が定常状態にあると仮定したとき、植物プランクトンの増殖速度定数(比増殖速度) $k [\text{day}^{-1}]$ はいくらと推定されるか。ただし、増殖速度 $[\text{mg m}^{-3} \text{ day}^{-1}]$ は植物プランクトン濃度 $[\text{mg m}^{-3}]$ に比例するものとする。(解答欄には計算過程も記述すること)

III 大気汚染物質は環境中を気象や地形、建物の様々な条件の影響を受けて移流、拡散する。大気汚染物質の高濃度現象が発生する可能性が高い条件を3つとりあげて説明しなさい。条件と現象を明確に記載すること。必要なら図を用いて説明してよい。

IV 吸着材への溶質の吸着に関する、以下の問い（問1～3）に答えなさい。

溶液に吸着材を投入し、平衡に達したときの溶質濃度、および吸着材の吸着量を求めたい。図1はこの実験で使用する吸着剤の吸着等温線である。また、記号とそれぞれの意味、単位は次の通りである。

- $m$  : 吸着材の量 (g)
- $X$  : 吸着材 1g あたりの平衡吸着量 (mg/g)
- $C_0$  : 初期の溶質濃度 (mg/L)
- $C$  : 平衡時の溶質濃度 (mg/L)
- $V$  : 溶液量 (L)

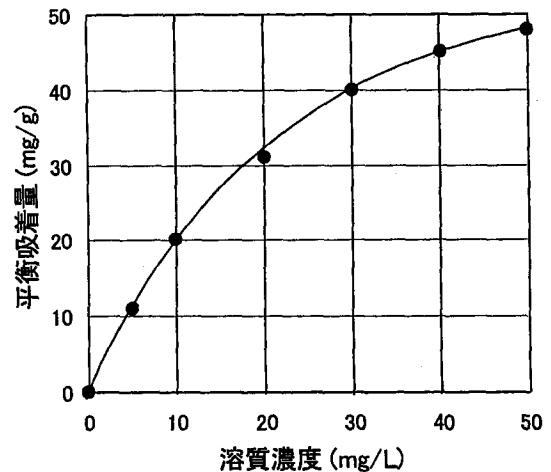


図1 吸着等温線

問1 溶質に関する収支は、次の①式で表される。  
この収支式を上記の記号を使って、式で表しなさい。

$$\text{初期の溶質量 (mg)} = \text{吸着された溶質量 (mg)} + \text{吸着されなかった溶質量 (mg)} \quad \text{①}$$

問2 ①式について、吸着材 1g あたりの平衡吸着量  $X$  (mg/g) について整理したものを操作線という。操作線を式で書きなさい。

問3 初期の溶質濃度が 20mg/L の溶液 40L に、新しい吸着材を 20g 投入する。平衡に達したときの溶質濃度、および吸着材 1g あたりの平衡吸着量を、この吸着剤の吸着等温線(図1)と操作線とから求めなさい。  
なお、導出の過程、および単位を必ず書くこと。

V ごみ 1kg 中の 3 成分すなわち水分(w)が 0.40kg、灰分(a)が 0.05kg、可燃分(b)が 0.55kg で、同じくごみ 1kg 中に含まれる炭素(c)が 0.24kg、水素(h)が 0.03kg、酸素(o)が 0.273kg、揮発性塩素 (燃焼して HCl になる成分) (Cl)が 0.007kg であるとする。空気比 $\lambda=2$  でこのごみを燃焼させるとき、①～⑪について、それぞれの計算経過がわかるように解答を書きなさい。

このごみ 1kg を空気比 $\lambda=1$  で燃焼させるのに必要な理論空気量 $Lo\left[\frac{m^3N}{kg}\right]$ は

$$Lo\left[\frac{m^3N}{kg}\right] = 8.89c + 26.7\left(h - \frac{o}{8}\right) = \text{①}$$

となる。このごみ 1kg を空気比 $\lambda=2$  で燃焼させたとき、それぞれのガス成分の量は

$$\text{窒素ガス量 } N_2\left[\frac{m^3N}{kg}\right] \text{ は } N_2\left[\frac{m^3N}{kg}\right] = 0.79\lambda Lo = \text{②}$$

$$\text{酸素ガス量 } O_2\left[\frac{m^3N}{kg}\right] \text{ は } O_2\left[\frac{m^3N}{kg}\right] = 0.21(\lambda - 1)Lo = \text{③}$$

$$\text{二酸化炭素量 } CO_2\left[\frac{m^3N}{kg}\right] \text{ は } CO_2\left[\frac{m^3N}{kg}\right] = 1.867c = \text{④}$$

HCl $\left[\frac{m^3N}{kg}\right]$ 量は式で書けば ⑤となり、値を代入すると ⑥になる (Cl の原子量：35.5)。

以上のことから、乾き燃焼ガス量( $Vd\left[\frac{m^3N}{kg}\right]$ )は⑦となり、 $O_2$ 濃度、HCl 濃度を求めると、それぞれ⑧%、⑨ppm となる。

HCl の法規制値は $O_2=12\%$ に換算した濃度で 430ppm である。上の場合の HCl の $O_2=12\%$ 換算濃度は ⑩ ppm になる。したがって、煙突から排出される HCl 濃度を法規制濃度以下に下げるには、HCl の除去率が⑪%以上の除去装置を設置する必要がある。



VI 熱帯降雨林、温帯落葉樹林、亜寒帯針葉樹林の三つの生態系について、物質の生産と循環の観点からそれぞれの特徴を記述しなさい。

VII それぞれの植物は、3つの異なる光合成系（C3、C4、CAM）の一つを持ち、炭素固定を行う。C3系と比べてC4系の主な違いを2つ挙げ、その違いがC4植物の環境適応においてどのように優れているか説明しなさい。

VIII 問1か問2のどちらかを選択して答えなさい。

問1 大規模な開発事業等においては環境アセスメント（環境影響評価）を行うことが義務付けられているが、その評価の大半は物理化学的項目に基づくものである。一方、生物学的水質評価のように、生物を用いた環境評価の手法もある。そこで、生物を用いて環境評価を行うにあたって、その利点と欠点について論述せよ。なお、生物とは、単一種あるいは生物群のいずれでもよく、またどの分類群等を想定してもかまわない。

問2 河川における生物・非生物的な環境は、流程に沿って変化されると言われる。これに関する以下の問（1）～（3）について、日本国内の自然河川で見られるであろう一般的傾向を論理的に考察しなさい。なお、字数制限は特に設けない。

- （1）河川内の物理的な構造には、上流部と下流部でどのような違いがあると考えられるか、その論拠とともに答えなさい。ただし、「粒径」、「早瀬」、「蛇行」の3語を必ず用いて解答すること。
- （2）河川内の主な生産者である付着性藻類の生産性（面積あたりの総生産量）には、流程に沿ってどのような変異が見られると考えられるか、その論拠とともに答えなさい。
- （3）河川内の主な消費者である水生昆虫類のうち、シュレッダー（破碎者）に分類されるものは、流程のどのあたりに最も多く見られると考えられるか、その論拠とともに答えなさい。

IX 以下の問1と問2の両方に答えなさい。

問1 里山に関する次の問いに答えなさい。なお、ここでいう「里山」は人間が自然に働きかけて形成維持されてきた自然景観のこととする。

- (1) 里山の生物多様性は高いといわれているが、里山の生物多様性が高い理由を、①植生構造、②攪乱、の2つの要素に分けて説明しなさい。
- (2) 生物多様性が高い状態で里山を維持する具体的な手法を提案しなさい。

問2 生物間相互作用について、利益・不利益の視点から分類し、それぞれの要素（双方利益を生む場合など）を説明し、その関係に当てはまる具体的な例を生物名とともに挙げなさい。

X 生物個体群の個体群密度の時間変動をあらわす以下の数理モデルについて考えよう：

$$N_{t+1} = N_t(a - bN_t)$$

ここで  $N_t$  は時刻  $t$  における個体群密度を、 $a (> 0)$  は内的自然増加率を、 $b (> 0)$  は増加率にはたらく密度効果を表している。

問1 この生物個体群の平衡密度 ( $N^*$ ) を求め、変数  $a$  や  $b$  などを必要に応じて用いて表しなさい。さらに、この平衡密度が正の値をとる条件を示しなさい。

問2  $(a, b) = (2, 1)$  のときについて、この生物個体群の平衡密度を求め、その安定性を論じなさい。

問3 この数理モデルからカオス的なダイナミクスが導かれうる。カオス的ダイナミクスの特徴と成立条件について説明したうえで、生態学的な事象と関連づけてその示唆することを論じなさい。