

平成17年度
名古屋大学大学院情報科学研究科
複 雑 系 科 学 専 攻
入 学 試 験 問 題
専 門

平成16年8月10日(火)
12:30～15:30

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまでは、この問題冊子を開いてはならない。
2. 試験終了まで退出できない。
3. 問題冊子、解答用紙3枚、草稿用紙3枚が配布されていることを確認せよ。
4. 問題は 数1～数2 (数学の基礎)、物1～物4 (物理学の基礎)、化1～化5 (化学の基礎)、生1～生3 (生物学の基礎)、地1～地2 (地球科学の基礎)、情1～情3 (情報学の基礎)、人1～人2 (人類学の基礎)、工1～工3 (工学の基礎)の24問ある。このうち3問を選択して解答せよ。選択した問題の番号を解答用紙の指定欄に記入せよ。
5. 解答用紙3枚の指定欄に受験番号を記入せよ。解答用紙に受験者の氏名を記してはならない。
6. 解答用紙は試験終了後に3枚まとめて提出せよ。
7. 問題冊子、草稿用紙は試験終了後に持ち帰ってよい。

数 1

以下の設問に答えよ.

[1] 次の行列 A の固有値を求めよ.

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

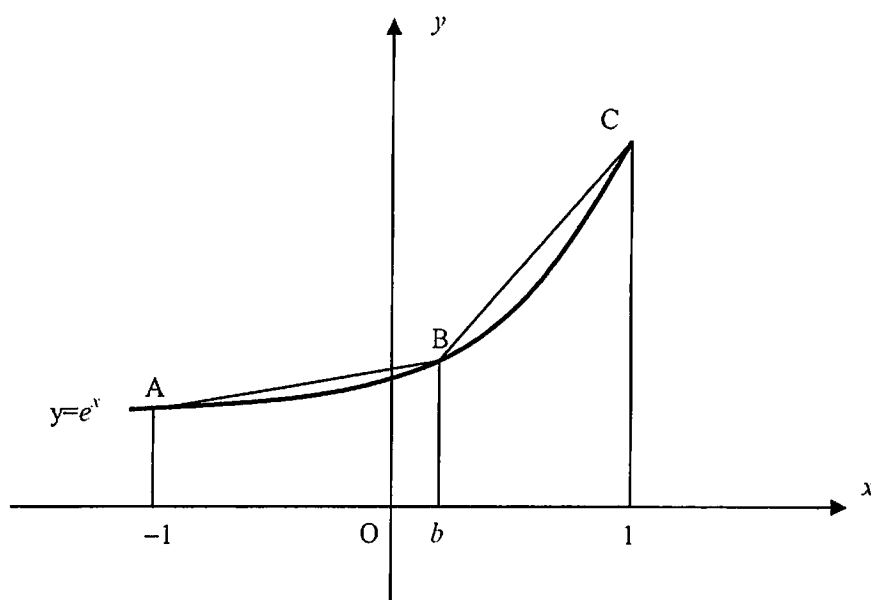
[2] 問 [1] で与えた行列 A の逆行列 A^{-1} とその固有値を求めよ.

[3] 一般に n 次の正則行列 B の固有値が λ_r ($r = 1, 2, \dots, n$) のとき, 逆行列 B^{-1} の固有値を求めよ.

数 2

図に示すように、関数 $y = e^x$ に折れ線 ABC が点 A, B, C で接している。以下の設問に答えよ。

- [1] 折れ線 ABC を $y = f(x)$ とする。 $f(x)$ を求めよ。
- [2] x 軸と $y = f(x)$, $x = -1$, $x = 1$ で囲まれた部分の面積を求めよ。
- [3] 折れ線 ABC と曲線 $y = e^x$ で囲まれた部分の面積を求めよ。
- [4] 折れ線 ABC が曲線 $y = e^x$ をもっともよく近似する場合の点 B の座標を求めよ。



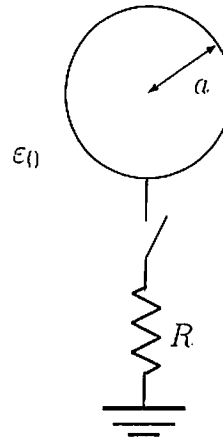
物 1

中心力ポテンシャル $U(r)$ のもとで運動する 3 次元空間の粒子 (質点) を考える。粒子の質量を m とし、位置ベクトルを $\vec{r} = (x, y, z)$, $r = |\vec{r}|$ 、運動量を \vec{p} とする。

- [1] このポテンシャルによって粒子が受ける力 $\vec{F} = -\vec{\nabla}U = -\text{grad}U$ が、 $\vec{F} = -\frac{dU(r)}{dr} \frac{\vec{r}}{r}$ と書けることを示せ。
- [2] この粒子の運動について、角運動量ベクトル $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ の時間微分を計算し、 \vec{L} が保存していることを示せ。このことより、粒子の運動が定ベクトル \vec{L} に直交する平面内に限られることを示せ。
- [3] この平面内での運動を考え、粒子の位置ベクトルを $\vec{r} = (x, y)$ (デカルト座標表示) または、 (r, θ) (極座標表示) と書く。その間の変換は $x = r \cos \theta$, $y = r \sin \theta$ で与えられる。運動エネルギー及び、保存している角運動量の大きさ $|\vec{L}| = L$ を、極座標表示で求めよ。
- [4] この系の全エネルギー E を書き下せ。また、全エネルギーが保存することを、 E の時間微分を計算することにより示せ。
- [5] 保存する角運動量の大きさを L として、これを使って全エネルギー E を動径方向の成分 r, \dot{r} だけで書き下し、運動エネルギーとそれ以外の r だけに依存する項 ("有効ポテンシャル" という) $U_{eff}(r)$ とに分けて書け。
- [6] $U(r) = -\frac{k}{r}$, ($k > 0$) として、有効ポテンシャル $U_{eff}(r)$ の概略を図示し、運動エネルギーは正でなければならないことより、 E の値によって粒子はどのような運動をするか説明せよ。

物 2

真空中 (誘電率 ϵ_0) の中の半径 a の導体球を考える。
これについて以下の問いに答えよ。ただし、導体球は十分に地面から離れているものとする。



[1] 導体球の作る電場は、球の中心に点電荷を置いた時と同じであることを用いて、導体球に電荷 Q を与えた時の導体球表面での電位 V を求めよ。ただし電位は真空を基準として測る。

[2] 導体球をコンデンサーとみなした時の電気容量 C を求めよ。さらに導体球に電荷 Q を与えた時に蓄えられるエネルギーを求めよ。

[3] 導体球に電荷 Q が与えられているとする。接地された抵抗 R を通じてその電荷を放電する時、抵抗に流れる電流 i の時間変化を求めよ。ただし接地の瞬間を $t = 0$ とし、電流は上向きを正とする。[2] で求めた電気容量を C として計算してよい。

[4] 放電を開始してから時刻 t までに抵抗 R を通じて発生した熱エネルギーを求めよ。[2] で求めた電気容量を C として計算してよい。

物3

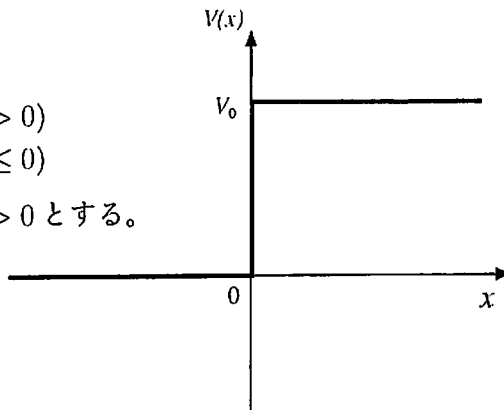
1次元階段型ポテンシャル $V(x)$ の場合について、1次元シュレディンガー方程式

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} u(x) + V(x)u(x) = Eu(x)$$

を考える。

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & (x > 0) \\ 0 & (x \leq 0) \end{cases}$$

ただし、 m は粒子の質量、 $E > 0$ 、 $V_0 > 0$ とする。



[1] $x = 0$ での波動関数 $u(x)$ の満たすべき条件を書きなさい。

[2] $k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$ とすると、 $x < 0$ の領域での解は、 A 、 B を定数として、 $A \exp(ikx) + B \exp(-ikx)$ とかける。第1項は+方向に進む入射波、第2項は-方向に進む反射波と考える。そこで、 $E > V_0$ の場合、 $x > 0$ の領域での透過波の解は $u(x) = C e^{iKx}$ の形で書くことができる。 K の値を書け。また反射波の係数 B 、透過波の係数 C を A, E, V_0 を用いて求めなさい。

[3] この場合の反射率を求めなさい。

[4] つぎに、 $E < V_0$ の場合、透過波の解を求めなさい。

[5] この $E < V_0$ の場合の反射率を求めなさい。

物4

古典的な運動方程式に従う1次元調和振動子が、幅 L の空間に閉じ込められている。振動子の質量を m 、バネ定数を $m\omega^2$ とし、その位置、運動量を x , p で表すと、振動子のハミルトニアンは

$$H(x, p) = \frac{1}{2m}p^2 + \frac{m\omega^2}{2}x^2 + V(x)$$
$$V(x) = \begin{cases} 0 & (|x| \leq \frac{L}{2}) \\ \infty & (|x| > \frac{L}{2}) \end{cases}$$

で与えられる。振動子は質点と見なすことができ、 $|x| = L/2$ にあるポテンシャルの壁では完全弾性衝突するものとする。このような振動子が N 個集まった系がある。各振動子は互いに独立で、かつ区別可能であり、系は温度 T の熱浴に接している。次の問に答よ。ただし、誤差関数

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

を用いよ。

[1] 分配関数 Z が、 $\tilde{L} \equiv L/\sqrt{2k_B T/m\omega^2}$ として、 $Z = \left\{ \frac{2\pi k_B T}{h\omega} \text{erf}\left(\frac{\tilde{L}}{2}\right) \right\}^N$ と表されることを示せ。ここで、 k_B はボルツマン定数、 h はプランク定数である。

[2] ヘルムホルツの自由エネルギー F を求めよ。

[3] 内部エネルギー $U \equiv \langle H \rangle$ を求めよ。ただし、 $\langle \dots \rangle$ はカノニカル平均を表す。

[4] $P = -\frac{\partial F}{\partial L}$ により圧力 P を求めよ。

[5] L が十分大きいとき、および十分小さいときの圧力を近似的に求め、それぞれの結果について物理的な解釈を述べよ。

化1

すべての炭素原子と水素原子が同一平面上にあるトリメチレンメタン (C_4H_6 , TMM, 図 1a、 C^1 周りの結合角は 120°) の π 分子軌道 (式 1) の軌道エネルギー (E_i) 準位を単純ヒュッケル法で求めた結果を図 1b に示す。ただし、 χ_r は r 番目の炭素原子上の $2p$ 原子軌道、 c_r^i は分子軌道係数、 α はクーロン積分、 β は隣接する炭素原子間の共鳴積分である。 α と β は負の値を持つ。次の各問に答えよ。

$$\phi_i = \sum_{r=1}^4 c_r^i \chi_r \quad (1)$$

- [1] トリメチレンメタンの基底状態の電子配置を示せ。
- [2] ϕ_1 と ϕ_4 の分子軌道係数は $c_2^i = c_3^i = c_4^i$ ($i=1,4$) となるので、 E_1 と E_4 は α 、 β 、 c_1^i 、 c_2^i を用いて表すことができる。この時の E_1 と E_4 の表式を求めよ。
- [3] 通常ヒュッケル法の手法にしたがい、[2] で求めた軌道エネルギーに変分法を適用し、 E_1 と E_4 が図 1b の値であることを示すと同時に、 ϕ_1 と ϕ_4 を求めよ。
- [4] ϕ_2 と ϕ_3 を以下に示す。この二つが直交していることを示せ。

$$\begin{aligned} \phi_2 &= \frac{2}{\sqrt{6}} \chi_2 - \frac{1}{\sqrt{6}} (\chi_3 + \chi_4) \\ \phi_3 &= \frac{1}{\sqrt{2}} (\chi_3 - \chi_4) \end{aligned} \quad (2)$$

- [5] C^1 - C^3 結合と C^1 - C^4 結合のまわりで逆旋的な回転 (図 1c) が起こると、 E_2 と E_3 は変化し $E_2 \neq E_3$ となる。 E_2 と E_3 がどのような変化をするか、理由とともに答えよ。
- [6] TMM とメチレンシクロプロパン (MCP) の間の変換を、[5] の回転は引き起こす。この回転によって、図 1b の 4 つの π 分子軌道は MCP のどのような分子軌道になると考えられるか答えよ。



メチレンシクロ
プロパン

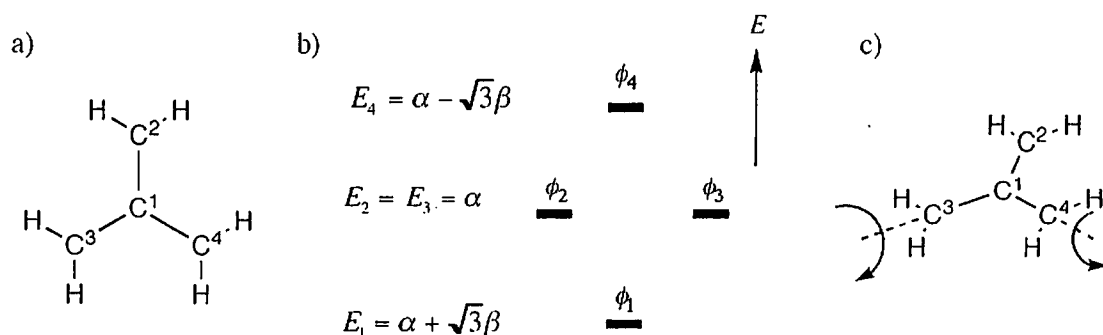


図1 a)トリメチレンメタン (TMM)、b)ヒュッケル法で求めたTMMの π 分子軌道のエネルギー準位、c) C^1 - C^3 結合と C^1 - C^4 結合周りの逆旋的回転

化2

次の文章を読んで設問 [1] から [5] に答えよ。

反応 $A \rightarrow B$ において逆反応 $A \leftarrow B$ が無視できるとき、分子 A の濃度 $[A]$ の時間変化は次の式に従う。

$$\frac{d[A]}{dt} = -k_1[A] \quad (1)$$

温度 T を変えて速度定数 k_1 を測定し、その対数をプロットすると、結果は定数 X と Y を用いて、 $\ln k_1 = X - Y/(RT)$ という式によりフィットできた。こうしたプロットは (ア) プロットと呼ばれている。ただし、 R は気体定数でありボルツマン定数 k_B を用いて $R = N_A k_B$ と書ける。 N_A は (イ) である。この結果より、温度が上昇すると k_1 は著しく (ウ) することがわかる。

さらに複雑な反応では反応速度式を書き下すことは単純ではない。例えば、オゾンが酸素に変わる反応 $2O_3 \rightarrow 3O_2$ において逆反応が無視できるとき、オゾン2分子の衝突で反応が進むと考えると、 $[O_3]$ の時間変化は $d[O_3]/dt = -k_2[O_3]^2$ に従うと予想される。しかし、実際にはそうでなく

$$\frac{d[O_3]}{dt} = \text{(あ)} \quad (2)$$

のように進む。これを説明するために次のように考えることが可能である。まず、 $O_3 \rightleftharpoons O_2 + O$ という具合にオゾンが分解するが、この反応が非常に速く、事実上、平衡に達しているとする。平衡定数 K を用いて $K = \text{(い)} / [O_3]$ となる。次に、 $O_3 + O \rightarrow 2O_2$ という反応が O_3 と O の衝突により速度定数 k_3 で進むと考え、逆反応を無視すると、 $d[O_3]/dt = -k_3 \text{(う)}$ と書ける。この式から O の濃度を消去すると、定数 K と k_3 を使って式 (2) の表現が得られる。

設問

- [1] (ア) から (ウ) に語句を入れよ。
- [2] 式 (1) より、 $[A]$ が反応開始時の $1/2$ になるのに要する時間 (半減期) を求めよ。
- [3] 定数 Y はどのような物理量を表しているか、説明せよ。
- [4] (あ) から (う) に式を入れよ。
- [5] 定数 X および Y を分子の微視的性質から計算する理論として、遷移状態理論がある。遷移状態理論では反応に関するどのような仮定を前提として用いているか、簡潔に説明せよ。

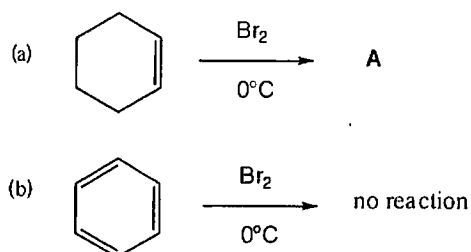
化 3

【1】酢酸とモノクロ酢酸ではどちらの酸性度がより強いのか、またその理由を説明しなさい。

【2】次の表は、ハロゲン化アルキルに求核試薬を作用させた時のハロゲン化アルキルの級数と S_N2 反応の相対反応速度の関係を示す。なぜ、下へ行くほど反応速度が遅くなるのかを説明しなさい。また、最下段の化合物の求核置換反応においては、どのような機構の反応が優先するのかを説明しなさい。

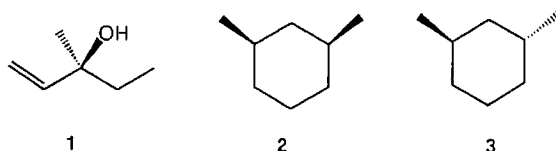
	相対速度
$\text{CH}_3\text{-X}$	30
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-X}$	1
$(\text{CH}_3)_2\text{CH-X}$	0.02
$(\text{CH}_3)_3\text{C-X}$	~ 0

【3】式 (a) の反応生成物 **A** の構造を書きなさい。同じ条件で式 (b) は反応しない。なぜなのか、この反応性の違いについて説明しなさい。



【4】 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ の分子式を持つ化合物のうち、官能基の異なる異性体を 2 つ書きなさい。さらにそれらの分子を命名しなさい。

【5】次の化合物 1、2 および 3 がキラルな場合はその不斉炭素の絶対配置を R、S 表示法 (IUPAC 則あるいは Cahn-Ingold-Prelog 則とも言う) に従って書きなさい。そうでない場合はその理由を述べなさい。

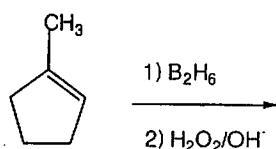


化 4

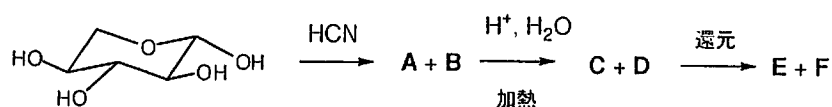
【1】 次の問のうち 3 問を選び答えなさい。

(1) エステルの加水分解は、酸性、塩基性のいずれの条件下でも可能であるが、一般に塩基性で行なう。その理由をブタン酸メチルを例に、反応機構を書いて説明しなさい。

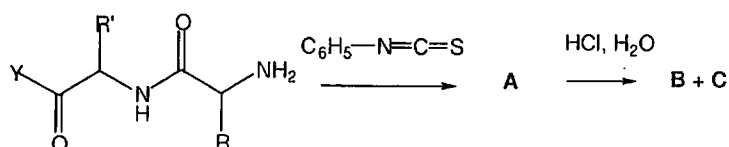
(2) 次の反応における主生成物を書きなさい。立体化学も含め答えること。



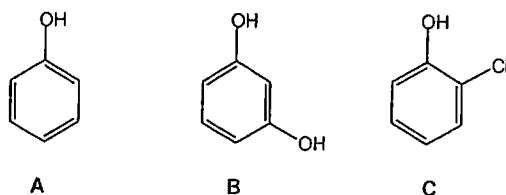
(3) 次の反応は、キリアニ-フィッシャー合成法として知られる反応である。化合物 A、B、E、および F の構造を書きなさい。



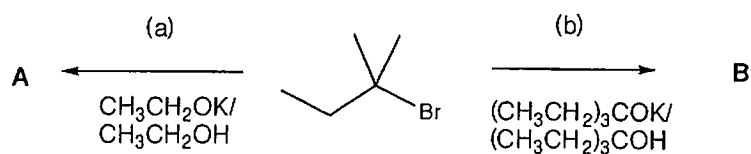
(4) 次の反応はエドマン分解として知られたペプチドの N 末端アミノ酸の決定に有用な反応である。化合物 A、B および C の構造を書きなさい。



(5) 次の化合物 A、B および C をモノニトロ化させたときのそれぞれの主生成物はなにか。また反応速度はどのような順になるか。それぞれについて理由をつけて答えなさい。

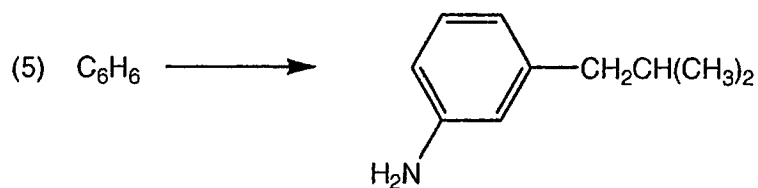
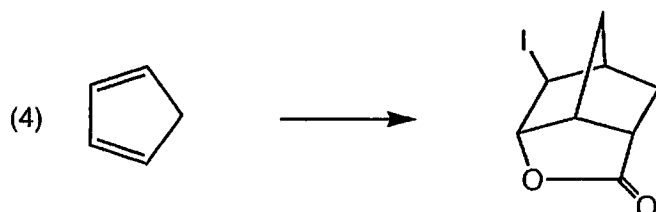
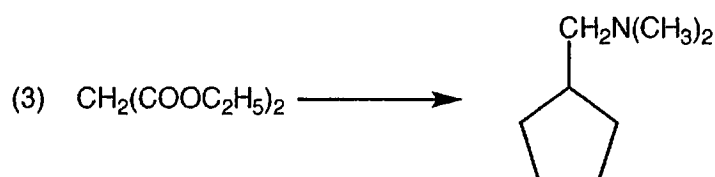
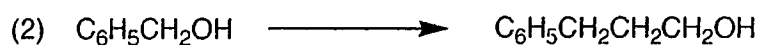


(6) 次の反応 (a), (b) における主生成物 A、B を書き、そうなる理由を述べなさい。

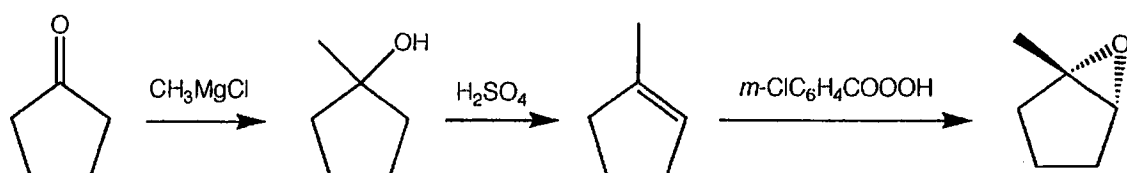


化5

次の(1) - (5)の合成を、炭素源として炭素数4以下の有機化合物を用いて効率よく行うための方法・経路を示せ。なお、カルボン酸エステルについては最終生成物に組み込まれる炭素がカルボン酸部分のみの場合、カルボン酸の炭素数が4以下であれば良い。合成経路の記述にあたっては、下記の例にならい、各段階の物質変換に必要な試薬(場合によっては反応条件を含む)と生成物(通常単離するもの)の構造を明記すること。反応の後処理、例えば Grignard 反応やエステルのアルカリ性加水分解後の酸処理などは省略してかまわない。



例



生 1

次の文を読んで問に答えよ。

DNA 複製は (ア) と呼ばれる染色体の Y 字型の構造で進行する。(ア) の Y 字は (イ) が二重らせん DNA を二本の一本鎖 DNA へと開裂することにより生じる。この反応が進行するとともに、(ア) は DNA に沿って移動していく。開裂に伴い二重らせん DNA に過度の「ねじれ」が生じないように、(ウ) が二重らせん DNA の一方の鎖に切れ目を入れる。開裂によって生じる二本の一本鎖 DNA のそれぞれが (エ) による DNA 合成の鋳型となるが、(エ) による DNA 合成においては、基質の (オ) は常に (カ) の方向に付加されるので、二本の一本鎖 DNA において、DNA 合成は非対称的に行われる。DNA の複製が終わると、旧鎖と新鎖それぞれ一本ずつからなる二本鎖 DNA が二つできるので、DNA 複製を (キ) 的複製と呼ぶ。

[1] (ア) ～ (キ) に語を入れよ。

[2] 下線で示した「非対称的な DNA 合成」を次の語を用いて説明せよ。必要なら図を添えても良い。

[リーディング鎖、ラギング鎖、岡崎フラグメント、DNA プライマーゼ、一本鎖 DNA 結合タンパク質]

[3] 正確な DNA 複製のために、複製の際に導入される誤りを除去する「校正」機構が存在する。この校正機構の一つを挙げ説明せよ。

[4] DNA 合成を利用した実験技法を一つ挙げ、その目的、原理、手順を述べよ。

生2

(1)～(5)から三つ選び、それぞれの手法の目的、原理、手順を詳しく説明せよ。
解答用紙が足りない場合、裏面を使うこと。

- (1) ウェスタンブロット法 (ウェスタンブロッティング法)
- (2) 遺伝子ノックアウト法
- (3) レポーター遺伝子を用いた解析 (レポーター遺伝子の具体的な例を挙げる)
- (4) 酵母トゥーハイブリッドシステム (two-hybrid system) を用いた解析
- (5) 制限断片長多型 (restriction fragment length polymorphism) 解析

生3

日本の森林に関する下記の各問いに答えよ。

- [1] 日本の亜高山帯や亜寒帯に成立する森林の群系 (Formation) の名称を記せ。
- [2] [1]の森林を代表する樹種名を一つ記せ。
- [3] [1]の群系の特徴を述べよ。
- [4] 日本の冷温帯林を代表する樹種名を記せ。
- [5] [4]の森林の特徴を述べよ。
- [6] 日本のシイ・カン類やタブノキで構成される森林はどの気候帯に属するか。
- [7] [6]で挙げた樹種の一般的特徴について述べよ。
- [8] [1]・[4]・[6]のように異なる森林が成立する理由は何か。簡潔に述べよ。
- [9] 森林の分布に関して、水平的な緯度の違いと垂直的な標高の違いの関連について述べよ。
- [10] 日本の森林に降水量がどのように関わっているか述べよ。

地 1

日本は地震国であると言われるが、日本列島およびその周辺で数多く発生する地震をいくつかの型に大別することがある。その一つとして、(1) プレート境界型地震、(2) 内陸直下型地震、(3) 火山性地震という分類法がある。この場合、各型に分類される地震の特徴について、以下の点を中心にできるだけ詳しく述べよ。

(a) 発生原因、(b) 発生場所、(c) 発生間隔、(d) 規模

地 2

大氣に含まれる酸素は私たちが生きていく上で必要不可欠な成分であることは言うまでもないが，地球形成当初の大氣の酸素濃度は現在と比べて著しく低かったと一般的に考えられている。この考えに基づき，地球の歴史における大氣酸素の変遷について，以下の点を中心にできるだけ詳しく述べよ。

(a) 酸素濃度が増加した原因

(b) 酸素濃度増加によって引き起こされた地球規模の現象

情 1

[1] 以下に示すように、キーボードから整数型変数 n の値を読み込み、 $\log(1)$, $\log(2)$, \dots , $\log(n)$ の値を表示するプログラムを作成した。空欄を埋めなさい。

```
#include <stdio.h>
# _____ (1) _____
main(){
    int n,x;
    printf("Input n ¥n"); scanf(_____ (2) _____);
    for(_____ (3) _____){
        printf(" x --> %d : log(x) --> %lf¥n",x,_____ (4) _____);
    }
}
```

[2] n 行 n 列の行列成分の最大値と最小値を求めるために、main 関数と minmax 関数からなるプログラムを作成した。main 関数は 2 次元配列 a の各次元のサイズ n と要素の値を minmax 関数に渡し、minmax 関数からは配列要素の最大値 \max と最小値 \min を受け取って、それらを画面に表示する。一方、minmax 関数は 2 次元配列 a の各次元のサイズ n と要素の値を main 関数から受け取り、要素の最大値と最小値を求めて main 関数に戻す。2 次元配列 a の各次元のサイズは最大 NMAX で、 n は NMAX 以下である。以下の設問に答えなさい。

```
#include <stdio.h>
#define NMAX 10
void minmax(int n, int a[][NMAX], int *max, int *min); _____ (1)
main(){
    _____ (2) _____
    int max,min;
    minmax( _____ (3) _____);
    printf(" Max --> %d¥n Min --> %d¥n",max,min);
}
```

- 1) (1),(2)を付記した下線付き構文について解説しなさい。
- 2) (3)の空欄を埋めなさい。
- 3) minmax 関数を作成しなさい。

情 2

以下の問に答えなさい。

- [1] ノイマン型コンピュータのハードウェアの基本構成要素を 5 個挙げて、それらの役割について説明しなさい。
- [2] バッチ処理、多重プログラミング、タイムシェアリングシステムについて説明しなさい。
- [3] 1024×768 ドットのディスプレイにフルカラー画像 (256 階調) を表示するとき、1 画面あたりの情報量は何バイトとなるか求めなさい。
- [4] クロック周波数が 2GHz の 32 ビット CPU について、CPU 内部のデータ転送速度を求めなさい。また、足し算を行う命令のクロック数が 8 であるとき、この足し算命令のサイクルタイムを求めなさい。
- [5] 携帯電話の通信方式として用いられる FDMA、TDMA、CDMA について説明しなさい。

情 3

生物集団において利他的行動（自分の繁殖や生存の機会を犠牲にしても他者を助ける行動）が存在する理由を，ゲーム理論による研究事例に基づいて，互惠性(reciprocity)の観点から説明せよ．また，この説に限界があればそれについても記せ．

人 1

環境考古学において定量的な分析が行われている具体例を挙げ、その意義を述べよ。

人 2

最近、高松塚・キトラ古墳内部の壁面にカビや退色等の問題が起きていると報じられている。保存科学の観点から見て、本来どのような対策をとるべきだったのかについて論じなさい。

工 1

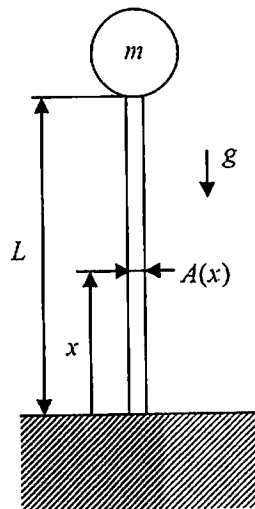
図のように下端は完全に固定され、先端に質量 m の物体を支える密度 ρ 、長さ L の棒を考える。ここで、下端からの距離 x における断面積、応力、ひずみ、上向き変位を $A(x)$, $\sigma(x)$, $\epsilon(x)$, $u(x)$ とし、重力加速度を g とする。

[1] 棒の断面積が一定値 $A(x)=A_0$ である場合について次の問いに答えよ。

- 1) 応力 $\sigma(x)$ を求めよ。ただし、断面内で応力は一様とする。
- 2) フックの法則に従うと仮定して、ひずみ $\epsilon(x)$ を求めよ。ただし、ヤング率を E (定数) とする。
- 3) 変位 $u(x)$ を求めよ。

[2] 次の問いに従って応力が一定値 $\sigma(x)=\sigma_0$ となる平等強さの棒の断面積 $A(x)$ を求めよ。

- 1) 一般に棒の断面積 $A(x)$ が与えられたときの応力 $\sigma(x)$ を求めよ。
- 2) 応力が一定値 $\sigma(x)=\sigma_0$ である場合に成立する $A(x)$ に関する微分方程式を求めよ。
- 3) 2) を解いて平等強さの棒の断面積 $A(x)$ を求めよ。



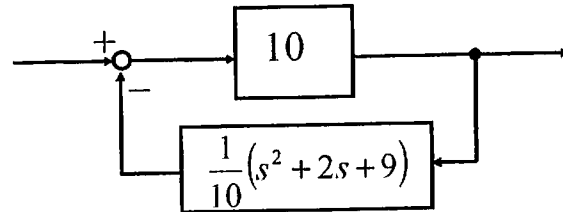
工 2

x - y 平面内の二次元非圧縮流れに関する、以下の問いに答えなさい。

- (1) 直交座標系における微小検査面を設定して、連続の方程式を導出しなさい。
- (2) 連続の方程式によれば、流れ関数 ψ を導入できることを示しなさい。
- (3) $\psi = \text{一定}$ の線は流線に相当することを示しなさい。

工 3

- [1] 下の表 1 に示すように，形式 A のブロック線図は，形式 B のように変換することができる．数式を用いて，このことを証明せよ．
- [2] 次の制御系がある．以下の問に答えよ．



- 1) 上のブロック線図を表 1 の形式 B に変換したときの伝達関数を求めよ．
- 2) インパルス入力とステップ入力の場合の過渡応答を求めよ．
- 3) 過渡応答の区間を過ぎて十分時間が経過したときの値を定常偏差という．上の 2) の定常偏差を，インパルス入力とステップ入力の場合について求めよ．
- 4) 問題の制御系のボード線図を描きたい．そのためのゲイン特性を表す式を導け．

表 1 ブロック線図の変換公式

形式A	形式B

表 2 (参考) ラプラス変換表

時間関数	ラプラス変換された関数	時間関数	ラプラス変換された関数
$\delta(t)$	1	te^{-at}	$1/(s+a)^2$
$u(t)$	$1/s$	$\sin \omega t$	$\omega/(s^2 + \omega^2)$
t	$1/s^2$	$\cos \omega t$	$s/(s^2 + \omega^2)$
$(1/2)t^2$	$1/s^3$	$e^{-at} \sin \omega t$	$\omega/\{(s+a)^2 + \omega^2\}$
e^{-at}	$1/(s+a)$	$e^{-at} \cos \omega t$	$(s+a)/\{(s+a)^2 + \omega^2\}$
df/dt	$sF(s) - f(0)$	$\int f(t)dt$	$\frac{F(s)}{s} + \frac{f^{(-1)}(0)}{s}$