令和３年度

専攻科入学者選抜試験
学　力　検　査　問　題

専門（生産工学専攻）

（配点）

	出題分野	配　点
1	材料力学・機械力学	１００点
2	熱力学・流体力学	１００点
3	電気磁気学	１００点
4	電気回路	１００点
5	制御工学	１００点
6	情報工学	１００点

［　注　意　］

１．問題は，指示があるまで開かないこと。
２．問題用紙は，１ページから１２ページまでである。
　　検査開始の合図のあとで確かめること。
３．出題分野６分野から２分野を選択し解答すること。
４．答えは，すべて解答用紙に記入すること。

一関工業高等専門学校

1 （材料力学・機械力学）

問１ 図１－１のように，間隔 L = 2020 [mm]で向かい合う剛性壁に片端を固定された長さ l = 2000 [mm]の棒がある。剛性壁の間隔は不変として以下の設問に答えよ。ただし，棒の線膨張係数 $\alpha = 25\times10^{-6}$ [1/℃]，室温 T_R = 20 [℃]，棒材の縦弾性係数 E = 80 [GPa]とする。

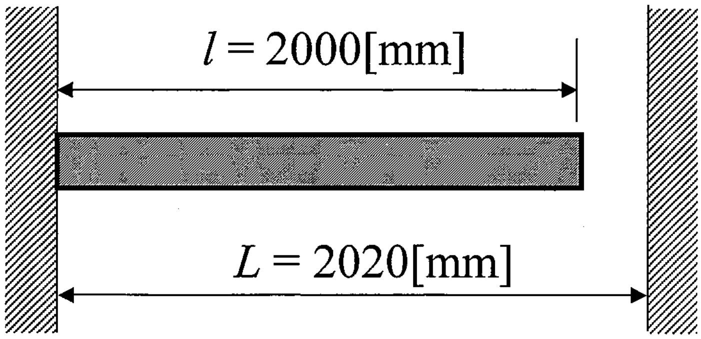


図１－１

(1) 温度をT_Rから上昇させると，ある温度T_1を超えると棒に熱応力が生じた。T_1 [℃]を求めよ。

(2) 温度T_2 = 620 [℃]となったときの，棒に生じる熱応力の大きさを有効数字3桁で答えよ。

問２ 長さ l = 3000 [mm]の中空丸棒左端が剛性壁に固定されている。中空丸棒の外径 D = 20 [mm], 内径 d = 10 [mm]として以下の設問に答えよ。

(1) 図１－２のように，自由端にT = 10 [N・m]のねじりモーメントが作用するとき，自由端のねじれ角を有効数字3桁で答えよ。ただし，丸棒の横弾性係数G = 80 [GPa]とし，π= 3として計算すること。

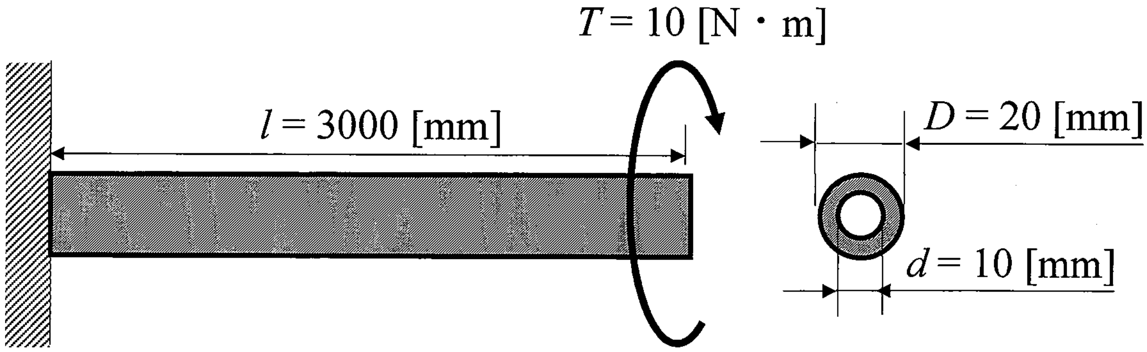


図１－２

(2) 図１－３のように，自由端にW = 60 [N]の垂直方向集中荷重を作用させたとき，はりに作用する最大応力を有効数字3桁で答えよ。ただし，π= 3として計算すること。

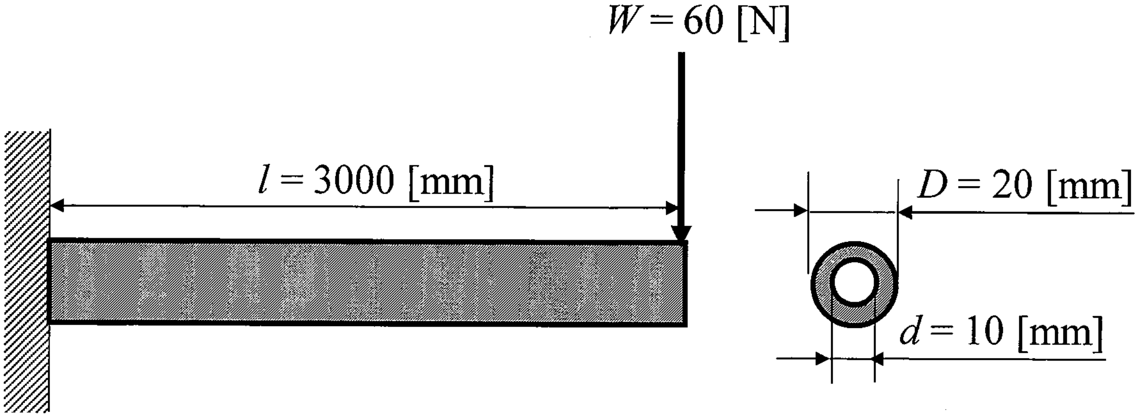


図１－３

問３ 図１－４のように摩擦のない床の上に質量 m [kg] の物体が置かれており，物体の左右にばね定数 $(k/2)$ [N/m] のばねが取り付けられ，それぞれのばねのもう一端は剛性壁に固定されている。この振動系について，以下の設問に答えよ。なお，剛性壁は不動とする。

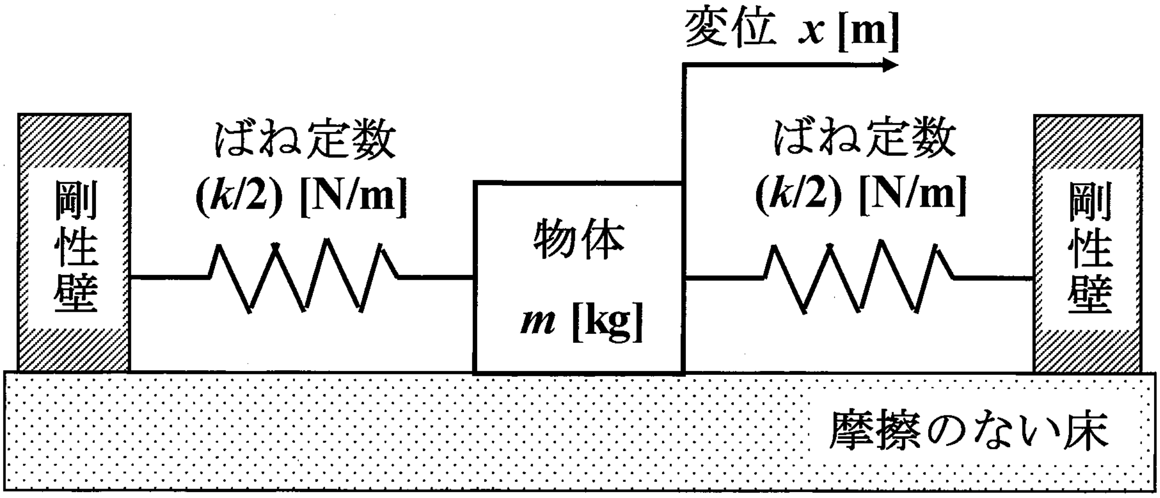


図１－４

(1) 物体を手で掴んで右側に動かし，その後，時刻 $t = 0$ [s] に静止状態から手を離した。このときの物体の変位 x [m]と時刻 t [s]の関係を表す運動方程式を答えよ。

(2) (1)の運動方程式の解を $x = A\cos\omega t + B\sin\omega t$ と仮定したとき，角振動数 ω [rad/s]を m および k を用いて表せ。

(3) 物体から手を離す時刻 $t = 0$ [s]における物体の位置を X [m]とするとき，A [m]および B [m]をそれぞれ求めよ。

(4) 運動方程式の解を X, m, k および t を用いて表せ。

2 （熱力学・流体力学）

問１　水素が封入された変形しない容器がある。この容器からバルブを用いて水素の一部を流出させた。このような場合，以下の問いに答えよ。なお，解答における文字式の記号は以下に示す一覧から選択して使用すること。

P_1：初期状態における容器内の水素の圧力　[Pa]
G_1：初期状態における容器内の水素の質量　[kg]
T_1：初期状態における容器内の水素の温度　[K]
P_2：水素流出後における容器内の水素の圧力　[Pa]
G_2：水素流出後における容器内の水素の質量　[kg]
T_2：水素流出後における容器内の水素の温度　[K]
R：水素の気体定数　[J/(kg·K)]
V：容器の体積　[m^3]
ΔG：流出した水素の質量　[kg]
ΔV：流出した水素の体積　[m^3]

（１）　理想気体の状態式を用いて初期状態における圧力，体積，質量，気体定数，温度との関係式を文字式のみで示せ。ただし，解答は P_1V=の形にすること。

（２）　理想気体の状態式を用いて水素流出後における圧力，体積，質量，気体定数，温度との関係式を文字式のみで示せ。ただし，解答は P_2V=の形にすること。

（３）　（１），（２）の結果を用いて，初期状態における容器内の水素の質量 G_1 および水素流出後における容器内の水素の質量 G_2 を文字式のみで示せ。ただし，解答はそれぞれ G_1=, G_2=の形にすること。

（４）　（３）の結果を用いて，流出した水素の質量 ΔG を文字式のみで示せ。ただし，解答は ΔG=の形にし、式中には容器の体積 V が入るような形にすること。

（５）　（１），（４）の結果を用いて，流出した水素の質量 ΔG を文字式のみで示せ。ただし，解答は ΔG=の形にし，式中には水素の気体定数 R および容器の体積 V が入らないようにすること。

（６）（５）の結果を用いて，初期状態における容器内の水素の質量 G_1 と水素流出後における容器内の水素の質量 G_2 との関係を文字式のみで示せ。ただし，解答は G_1=の形にすること。

問２　図2-1に示すように，径が変化する管路（円管）内を水が流れている。水は鉛直下方向から上方向に流れており，管摩擦や流れの縮小などによる各種損失はないものとして考える。このような状態の場合，以下の問いに答えよ。なお，解答における文字式の記号は以下に示す一覧から選択して使用すること。

u_0：管路に流入する一様流速　[m/s]
u_1　：①の面における流速　[m/s]
u_2　：②の面における流速　[m/s]
P_1：①の面における圧力　[Pa]
P_2：②の面における圧力　[Pa]
ρ_w：水の密度　[kg/m^3]
g：重力加速度　[m/s^2]
Q：管内を流れる水の体積流量　[m^3/s]
H：①の面から②の面までの距離　[m]
d_1：①の面における管の直径　[m]
d_2：②の面における管の直径　[m]

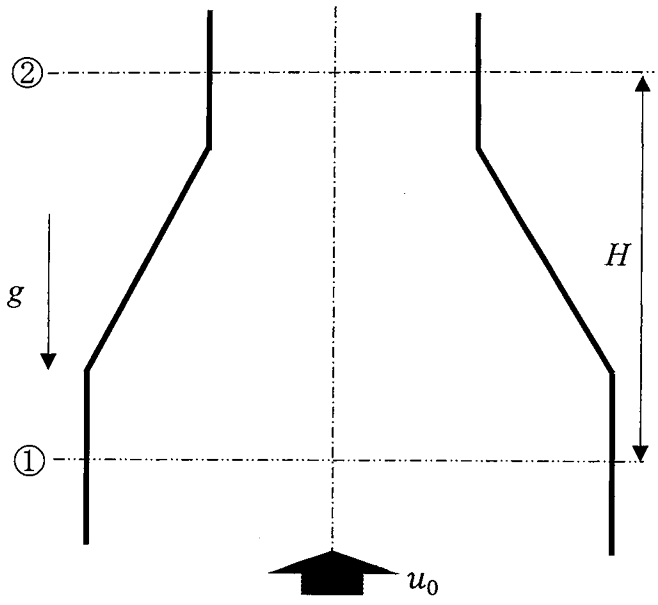


図２－１　径が変化する管路流れ

（１）①の面と②の面との間に成り立つベルヌーイの定理による式を文字式のみで示せ。その際，高さ方向の基準は①の面として考えること。

（２）（１）の結果を用いて②の面における圧力P_2と①の面における圧力P_1との差である$P_2 - P_1$を文字式のみで示せ。なお，式中には一様流速u_0が必ず入るようにし，式を整理した上で$P_2 - P_1 =$の形にすること。

（３）②の面における流速u_2を文字式のみで示せ。なお，式中には一様流速u_0および①の面における管の直径d_1が必ず入るようにし，式を整理した上で$u_2 =$の形にすること。

（４）（２），（３）の結果を用いて②の面における圧力P_2と①の面における圧力P_1との差である$P_2 - P_1$を文字式のみで示せ。なお，式中には①の面における管の直径d_1および②の面における管の直径d_2が必ず入るようにし，式を整理した上で$P_2 - P_1 =$の形にすること。

[3] （電気磁気学）

問１　真空中の２点Ａ，Ｂにそれぞれ4×10^{-10} Cと6×10^{-10} Cの電荷量をもつ点電荷が，2mの間隔を隔てて置かれている。クーロンの法則における比例係数を 9×10^{9} Nm^2/C^2とするとき，次の問いに答えよ。

(1) ２個の点電荷の間に働くクーロン力の大きさを求めよ。

(2) 点Ａにある点電荷による，点Ｂにおける電界の大きさを求めよ。

問２　以下の問いに答えよ。なお，真空の誘電率をε_0[F/m]とする。

(1) 真空中に無限に長い直線があり，単位長さ当たりλ[C/m]の電荷が一様に分布している。この直線から，直線に対して垂直方向に距離r[m]の場所における電界の大きさを求めよ。

(2) (1)の状況において，r=b[m]の場所に対するr=a[m]の場所の電位差を求めよ。

問３　図3-1のように，真空中に点Ａ，点Ｂ，点Ｃ，点Ｏを考える。線分ＡＢの長さはd[m]，点Ｏは線分ＡＢの中点であり，点Ｃとr[m]だけ離れている。真空の誘電率をε_0[F/m]，無限遠点の電位を0Vとして，以下の問に答えよ。

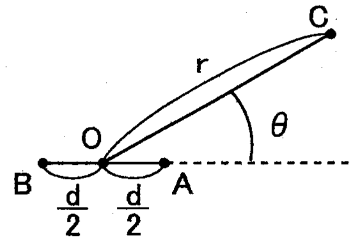


図 3-1

(1) 点Ｏだけに電荷量+Q[C]の点電荷を置いたとき，点Ｃにおける電位を求めよ。

(2) 次に点Ｏの点電荷を取り去り，点Ａ，点Ｂにそれぞれ電荷量+Q[C]，-Q[C]の点電荷を置いた。点Ｃが点Ａ，点Ｂから十分離れているとき，点Ｃにおける電位を求めよ。

問４　真空中に無限に長い直線があり，I[A]の電流が流れている。この直線から，直線に対して垂直方向に距離r[m]の場所における磁界の大きさを求めよ。なお，真空の透磁率をμ_0[H/m]とする。

問５　図3-2のように，間隔ℓ [m]を隔てて平行に張られた直線導線ce，dfがあり，c，d間には電気抵抗R[Ω]の抵抗器が接続されている。また，平行導線が作る面と垂直に磁束密度B[T]なる平等磁界がある。平行導線の上に直角に質量m[kg]の導体abをのせ，導体abに質量が無視できる糸を張って，滑車を経て質量M[kg]の分銅につなぐと，導体abは左の方向に動き出し，その後一定の速度v[m/s]に達した。ここで，導線及び導体abの電気抵抗はゼロ，滑車と糸の間の摩擦及び導体abと平行導線の間の摩擦はゼロ，重力加速度をg [m/s²]とする。

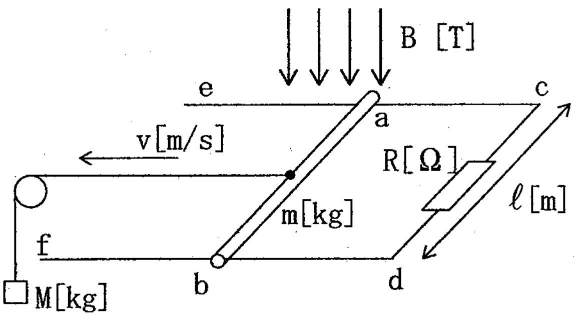


図3-2

(1) 導体 ab に発生する起電力の大きさを求めよ。

(2) 導体 ab を流れる電流の大きさを求めよ。

(3) 導体 ab の速度を求めよ。

4 （電気回路）

問１　図 4-1 の直流回路において以下の問いに答えよ。

(1) A-B 間の開放電圧値[V]を求めよ。

(2) 直流電圧源を無効とした時の A-B 間の抵抗値[Ω]を求めよ。

(3) A-B 間に抵抗 6Ω を接続した場合，抵抗 6Ω に流れる電流値[A]を求めよ。

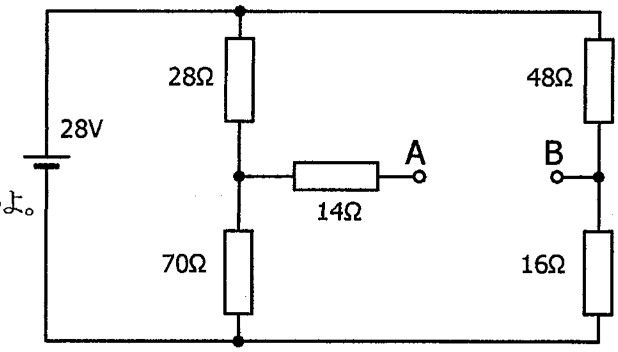


図 4-1

問２　抵抗 12Ω と未知のリアクタンス X_L[Ω]が直列接続された負荷を 3 個用意し，Y 形結線の三相負荷を構成した。これに線間電圧 117V（実効値）の三相対称交流電圧を加えたところ，全有効電力が 972W となった。

以下の問いに答えよ。

(1) 未知のリアクタンス X_L[Ω]の値を求めよ。

(2) この三相負荷の力率を求めよ。

問３　図 4-2 の回路において，時刻 t=0 にスイッチ S を閉じた。

t≧0 における電流 $i(t)$の時間変化を表す式を求めよ。

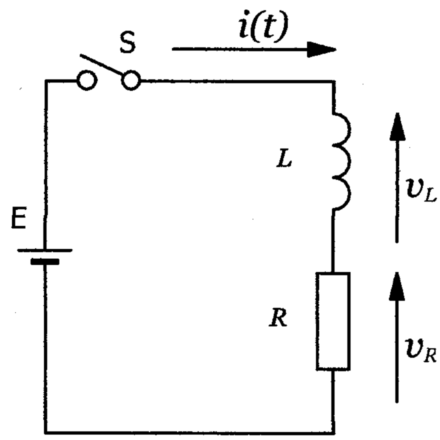


図 4-2

5 （制御工学）

問 1 水の出入りのあるタンクにおいて，次の関係 (i) が成立する。

(i) 正味の流入流量はタンク内の水量の時間微分に等しい。正味の流入流量は流入流量と流出流量の差である。

また，次の関係 (ii) が成立するものとする。

(ii) タンクの底から大気中に水が流出するとき，水位と流出流量と流出抵抗の間にはオームの法則と同様の関係が成り立ち，表 5-1 のような対応関係にある。

図 5-1 に示すように，流入流量 $q_i(t)$ の給水を受け，底から流量 $q_o(t)$ を流出する 1 容量のタンク系を考える。タンクの断面を A，流出抵抗を R，水位を $h(t)$ とする。

(1) 上記 (i), (ii) の関係を式で記述せよ。

(2) 図 5-2 はこの系のブロック線図である。図中の要素 (a), (b) を求めよ。

表 5-1　タンク系と電気系の関係

タンク系	電気系
水位	電圧
流出流量	電流
流出抵抗	抵抗

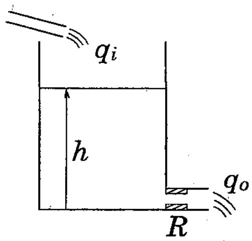


図 5-1　1 容量タンク系

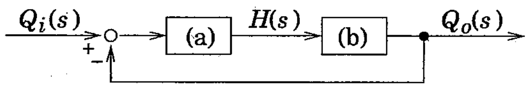


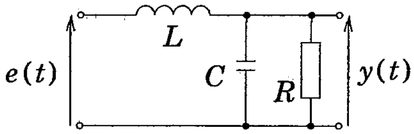
図 5-2　1 容量タンク系のブロック線図

問 2 図 5-3 に示す電気回路において，電圧 $e(t)$ を入力，電圧 $y(t)$ を出力とする。

(1) 入力 $e(t)$ と出力 $y(t)$ の関係を記述する数学モデルを求めよ。

(2) 伝達関数 $G(s)$ を求めよ。

(3) 単位ステップ応答の最終値を求めよ。



R： 抵抗器の抵抗値
L： コイルのインダクタンス
C： コンデンサの静電容量

図 5-3　電気回路

【次ページへ続く】

問 3 図 5-4 は減衰のあるばね-質量系である。質量は m，ばね定数は k である。ダンパーは速度に比例した抵抗を発生し，その係数を c とする。右端に $x_i(t)$ の強制変位を与えるときに発生する質量の変位を $x(t)$ とする。

(1) 系を記述する運動方程式を書け。

(2) $x_i(t)$ を入力，$x(t)$ を出力とするときの伝達関数 $G(s)$ を求めよ。

(3) m=0.5，c=2.5，k=2 とする。この系は不足減衰か，過減衰か。理由を述べて答えよ。

(4) この小問は小問 (3) の続きである。$x(0)=0$，$\dot{x}(0)=0$ とする。時刻 $t=0$ から 1 秒間，$x_i(t)=1$ とし，その後は $x_i(t)=0$ とする。$t \geq 1$ における $x(t)$ を求めよ。ヒント：s 空間では出力は伝達関数と入力の積である。s 空間での積は t 空間でのたたみ込みである。

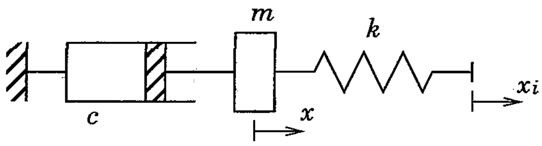


図 5-4　減衰のあるばね-質量系

問 4 減衰の小さい 2 次遅れ系の伝達関数の一つの標準形式は

$$G(s) = \frac{A\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \tag{5-1}$$

である。図 5-5 のような直結フィードバック系を考える。$U(s)$ は入力，$Y(s)$ は出力，$G_0(s)$ は開ループ伝達関数である。ここで，$G_0(s)$ は

$$G_0(s) = \frac{K}{(s+a)(s+b)} \tag{5-2}$$

という 2 次遅れ系である。ここで，K は実数である。このフィードバック系の伝達関数を $G(s)$ とする。いま，減衰比 ζ に目標値を設定する。ただし，ζ は 1 より小さい。このときの K, ω_n, A を求めよ。最終的な答えは 3 つの文字 a, b, ζ で記述されていること。

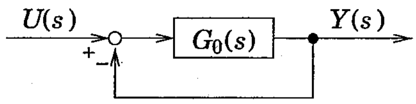


図 5-5　直結フィードバック制御系

6 (情報工学)

問1 1ビットの2進数AとBを加算し，S（和）及びC（桁上げ）を出力する半加算器について答えなさい。

（1）表６－１に示した半加算器の真理値表を完成させなさい。

（2）論理素子２個を用いて半加算器を実現する論理回路を図示しなさい。回答する論理回路には入力（A，B）と出力（C，S）を明記すること。なお，各種論理素子は，図６－１で示す図記号を用いるものとする。

表６－１：半加算器の真理値表

A	B	C	S
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

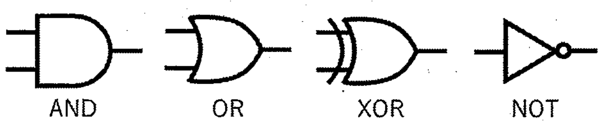


図６－１：図記号

問2 1ビットの2進数AとB，下位からの桁上がりC_{in}を加算し，S（和）及びC_{out}（桁上げ）を出力する全加算器について答えなさい。

（1）表６－２の全加算器の真理値表を完成させなさい。

（2）半加算器２個と論理素子１個を用いて全加算器を実現する論理回路を図示しなさい。回答する論理回路には入力（A，B，C_{in}）と出力（C_{out}，S）を明記すること。なお，半加算器は図６－２に示すブロック図を，各種論理素子は図６－１で示す図記号を用いるものとする。

表６－２：全加算器の真理値表

C_{in}	A	B	C_{out}	S
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

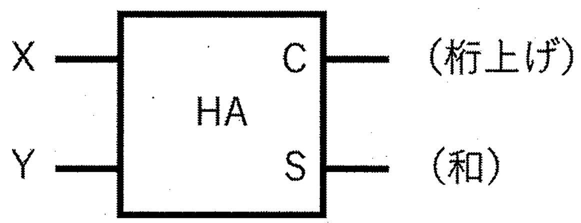


図６－２：半加算器のブロック図

問３　空のスタックに対して次の操作を行った場合，最終的なスタックの様子を答えなさい。スタックは [3, 2, 1] のように表し，左がスタックの最上段，右がスタックの底であるとする。

ここで，数値 n をプッシュする操作を push(n)，ポップする操作を pop( ) で表す。

（１）①push(11)　②push(12)　③push(13)　④push(14)　⑤pop( )　⑥pop( )　⑦push(15)

（２）①push(21)　②push(22)　③pop( )　④push(23)　⑤push(24)　⑥pop( )　⑦pop( )

問４　空のキューに対して次の操作を行った場合，最終的なキューの様子を答えなさい。キューは [1, 2, 3] のように表し，左がキューの先頭，右がキューの最後尾であるとする。

ここで，数値 n をキューに追加する操作を enqueue(n)，キューからデータを取り出す操作を dequeue( ) で表す。

（１）①enqueue(11)　②enqueue(12)　③enqueue(13)　④enqueue(14)　⑤dequeue( )　⑥dequeue( )

（２）①enqueue(21)　②enqueue(22)　③dequeue( )　④enqueue(23)　⑤dequeue( )　⑥enqueue(24)

問５　再帰関数について次の問に答えなさい。

（１）n の階乗を再帰的に計算する関数 $f(n)$ の定義について，（ア），（イ）に適切な式を書きなさい。ここで n は非負の整数である。

$$f(n) = \begin{cases} \boxed{\text{（ア）}} , & n > 0 \\ \boxed{\text{（イ）}} , & n = 0 \end{cases}$$

（２）nのk乗（n^k）を再帰的に計算する関数 $g(n, k)$ の定義について，（ウ），（エ）に適切な式を書きなさい。ここで，nは実数，k は非負の整数である。

$$g(n, k) = \begin{cases} \boxed{\text{（ウ）}} , & k > 0 \\ \boxed{\text{（エ）}} , & k = 0 \end{cases}$$

問6　図6－3は配列 d に格納されている整数データを整列するC言語のプログラムである。このプログラムについて以下の問に答えなさい。

```
 1:  #include <stdio.h>
 2:  #define N 5
 3:
 4:  void swap(int *a, int *b){
 5:      int temp;
 6:      temp = *a;
 7:      *a = *b;
 8:      *b = temp;
 9:  }
10:
11:  int main(void){
12:      int d[N] = {40, 20, 50, 10, 30};
13:      int i, j, k;
14:
15:      for(i=0; i<N-1; i++){
16:          for(j=N-1; j>i; j--){
17:              if(d[j-1] > d[j]){
18:                  swap(&d[j-1], &d[j]);
19:              }
20:          }
21:
22:          for(k=0; k<N; k++){
23:              printf("%3d", d[k]);
24:          }
25:          printf("¥n");
26:      }
27:
28:      return 0;
29:  }
```

図6－3：プログラムリスト

（1）実行結果（標準出力への出力内容）を示しなさい。

（2）図6－3のプログラムを実行した場合における，18行目：swap( )の実行回数を答えなさい。

（3）18行目：swap( )の実行回数が最も多くなる場合の交換回数を答えなさい。

（4）18行目：swap( )の実行回数が最も多くなる場合の例を，12行目のデータ値を用いて答えなさい。

（5）図6－3で利用しているソートアルゴリズムの名称を答えなさい。

（6）図6－3で利用しているソートアルゴリズムの時間計算量のオーダーを答えなさい。