

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 $y = y(x)$ に関する微分方程式

$$x \frac{d^2 y}{dx^2} - (ax + b) \frac{dy}{dx} + 2(x + 1)y = 0 \quad (x > 0)$$

を考える。ただし、 a, b は定数であり、この微分方程式は $y = e^{2x}$ を特殊解として持つとする。

(1) 定数 a, b を求めなさい。

(2) $y = e^{2x}z$ とおいて z に関する微分方程式を導きなさい。さらに $u = \frac{dz}{dx}$ とおいて、 u に関する微分方程式を解きなさい。

(3) 一般解 $y = y(x)$ を求めなさい。

II 次の問に答えなさい。

(1) 複素関数 $\sin z$ の $z = 0$ におけるテーラー展開を求めなさい。

(2) 複素関数 $\frac{\sin z}{z^2}$ の $z = 0$ におけるローラン展開を求めなさい。

(3) 複素積分 $\int_C \left(1 + \frac{2}{z}\right)^2 \sin z \, dz$ の値を求めなさい。ただし、 C は円 $|z| = 1$ である。

III 整数の集合 \mathbf{Z} において次の同値関係 \sim を考える.

$$a \sim b \Leftrightarrow a - b \in 3\mathbf{Z} \quad (a, b \in \mathbf{Z}).$$

- (1) 0 から 10 までの整数で 0 と同値なものをすべて答えなさい.
- (2) 0 の同値類を求めなさい.
- (3) 1 の同値類を求めなさい.
- (4) \mathbf{Z} を同値関係 \sim で割った商集合 \mathbf{Z}/\sim を求めなさい.

IV 以下の問では, $\operatorname{div} \mathbf{A}$, $\operatorname{rot} \mathbf{A}$ はそれぞれベクトル場 $\mathbf{A}(x, y, z) = (A_x, A_y, A_z)$ に対する発散, 回転を表す.

- (1) $A_x = zy, A_y = -zx, A_z = z$ のとき, $\operatorname{div} \mathbf{A}$, $\operatorname{rot} \mathbf{A}$ を計算しなさい.
- (2) $\mathbf{B} = (0, 0, 1)$ とする. 任意のベクトル場 $\mathbf{A}(x, y, z)$ に対して, $\operatorname{div}(\mathbf{A} \times \mathbf{B})$ は $\operatorname{rot} \mathbf{A}$ の z 成分と等しくなることを示しなさい.
- (3) 任意のベクトル場 $\mathbf{A}(x, y, z)$ に対して,

$$\operatorname{div}(\operatorname{rot} \mathbf{A}) = 0$$

が成り立つことを示しなさい.

V コインを投げて x 軸上にある粒子を動かすことを考える。コインの表が出れば粒子を正の方向に 1，裏が出れば粒子を負の方向に 1 動かす。 n 回コインを投げたとき，粒子が位置 x にいる確率を $P_x(n)$ と書くとき，次の問に答えなさい。ただし，粒子ははじめに原点にいたものとする ($P_0(0) = 1$)。

- (1) $P_0(2)$ を求めなさい。
- (2) コインを n 回投げたときに粒子が位置 x にいるためには， n 回 のうち何回表が出なければならないかを n, x を用いて答えなさい。
- (3) $P_x(n)$ を求めなさい。
- (4) (3) で得られた式は

$$P_x(n) = \frac{1}{2}P_{x-1}(n-1) + \frac{1}{2}P_{x+1}(n-1)$$

を満たすことを示しなさい。

VI 3次元空間に分布する電荷が作る電場について考える。ただし，真空の誘電率を ϵ_0 とする。

- (1) 電気量 $+q > 0$ の 2 個の点電荷が $(x, y, z) = (\pm a, 0, 0)$ に固定されている。これらの点電荷が，点 $(x, y, z) = (0, 0, r)$ に作る電場を求めなさい。
- (2) 円周 $x^2 + y^2 = a^2, z = 0$ 上に一様な電荷線密度 $\lambda > 0$ で電荷が分布している。ただし $a > 0$ は定数である。この円周状の線電荷が，点 $(x, y, z) = (0, 0, r)$ に作る電場を求めなさい。また，電気量 $-q < 0$ ，質量 m の小球を $(x, y, z) = (0, 0, z_0)$ に静かに置いたときの小球の運動は z 軸上の単振動で近似されるが ($|z_0| \ll a$)，その角振動数を求めなさい。

VII n を1以上9以下の整数とする。 n の値が入力されたときに、1 から n までの n 個の数字を重複なく並べてできる n 桁の十進数を小さい順にすべて出力するようにしたい。

- (1) これをどのような手順で行えばよいかを考え、その手順を説明しなさい。
- (2) (1) の手順に従ってプログラムを書きなさい。ただし、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。

VIII 次の2つの性質を持つ、節点数 N 、高さ h の2分木について考える。

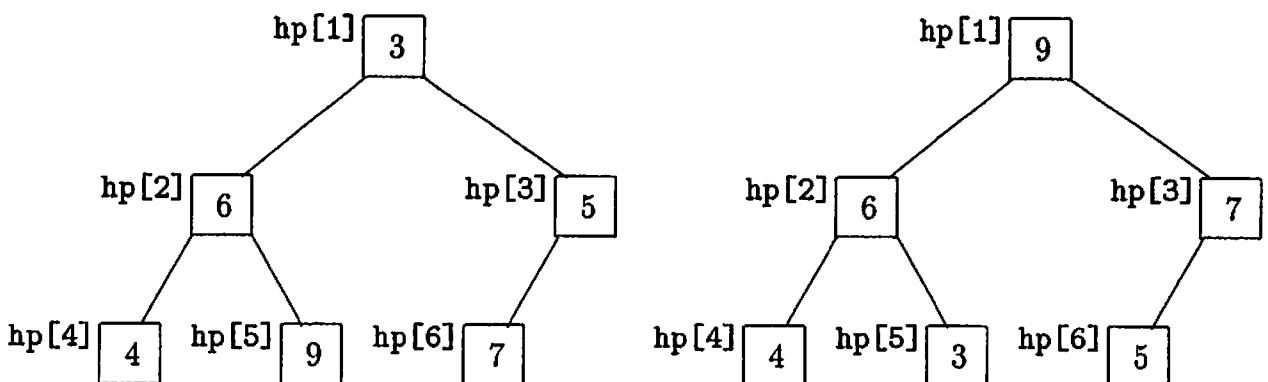
- (a) $0 \leq d < h$ のとき、深さ d の節点の個数は 2^d 個ある
- (b) 深さ h の節点は、2分木の左側に詰められている

このような2分木の各節点に格納された整数値を、1次元整数配列 hp を使って、下図左 ($N = 6$ の例) のように表現するとき、

ヒープ条件: 各節点の整数値は、その子節点(葉の側の節点)の整数値より大きい

が満たされるように、配列 hp 中の整数値を並び替えるアルゴリズムを記述しなさい。ただし、図中の $hp[i]$ は、配列 hp の添字 i の要素を表す。

例えば、下図左の2分木をヒープ条件を満たすように処理すると、下図右のようになればよい。アルゴリズムの記述は、箇条書き、PAD あるいは擬似的なプログラムなどを使って、一般の N に対して分かりやすく記述しなさい。



IX 次の拡張 BNF 記法によって定義される言語を考える。ただし “ ” で囲まれている記号は終端記号であり， $\langle \rangle$ で囲まれている記号は非終端記号である。また， $\{ \}$ は 0 回以上の繰返しを， $[]$ は 0 回または 1 回の出現を表すものとする。

$$\langle P \rangle ::= "1" \mid "2" \mid "3" \mid "4" \mid "5" \mid "6" \mid "7" \mid "8" \mid "9".$$

$$\langle D \rangle ::= "0" \mid \langle P \rangle.$$

$$\langle I \rangle ::= "0" \mid ["-"] \langle P \rangle \{ \langle D \rangle \}.$$

$$\langle F \rangle ::= \{ \langle D \rangle \} \langle P \rangle.$$

- (1) $\langle F \rangle$ からは導出可能ではあるが， $\langle I \rangle$ からは導出できないような終端記号列で，長さが最短の記号列をすべて挙げなさい。
- (2) $\langle I \rangle$ の生成規則を， $[]$ や $\{ \}$ の記法を使わないような生成規則に書き直しなさい。ただし，適当に新しい非終端記号を導入してもよい。
- (3) この文法に非終端記号 $\langle R \rangle$ の生成規則を追加して，非終端記号 $\langle R \rangle$ が 73.801, 35, 0, -0.39, -30, -100.01 など，十進小数表記をすべて生成するようにしなさい。ただし，1.0 や 034.2, +3.45, 28.9500 など，省略しても値の変らない符号，0, 小数点を含むような冗長な表記が $\langle R \rangle$ から導出できないようにしなさい。 $\langle R \rangle$ から導出できる終端記号列が小数部を持つ場合，その小数部 (例えば 73.801 の 801 の部分) は，非終端記号 $\langle F \rangle$ からすべて導出できることに注意すること。

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。
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。

I 以下の2つの命題の意味の違いを説明し、真か偽かを明らかにしなさい。

$$\forall x \exists y (x + x \leq x + y)$$

$$\exists y \forall x (x + x \leq x + y)$$

ただし、 x 、 y は自然数を表す変数とする。

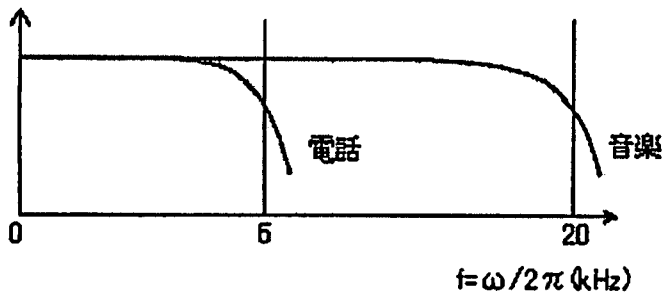
- II (1) 全加算器について説明し、その真理値表を示しなさい。
(2) RS フリップフロップについて説明し、NAND 回路と NOT 回路を用いて示しなさい。

III 下記の設問に答えなさい。

- (1) プログラム開発手順を説明しなさい。
(2) アセンブリ言語とコンパイラ言語の特徴を対比して説明しなさい。
(3) インタプリタの特徴を説明しなさい。

- IV ある波形 $f(t)$ のスペクトル $F(\omega)$ が、0 から W (Hz) までしかないとき、 $f(t)$ の情報を保障するサンプリング間隔は、標本化定理より $1/2W$ (秒) である。電話の音声と楽器の演奏をデジタル録音して CD-R に保存するとした場合、同じサイズのディスクに録音できる時間は、どちらの場合どれだけ長くなるか計算で求めなさい。
 ただし、電話および楽器の演奏の録音に必要な周波数帯域は、下図の帯域特性を参考にして決めるものとする。

帯域特性

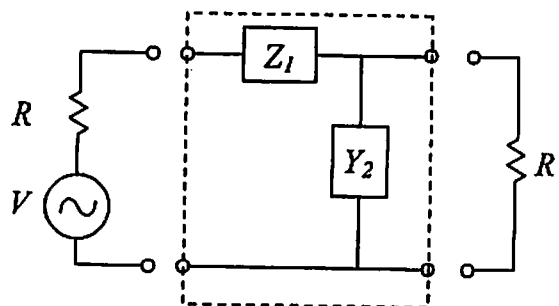


- V 図のような回路について次の問いに答えなさい。

- (1) 点線で囲まれた回路の F 行列 (縦続行列) を求めなさい。
- (2) 両端に図のような電源と負荷を接続したとき負荷の両端の電圧は

$$V_2 = \frac{R}{2R + Z_1 + RY_2(Z_1 + R)} V$$

となることを示しなさい。



VI シリコン半導体の p n 接合について以下の問いに答えなさい。

- (1) p n 接合の境界領域にできる空間電荷層（空乏層）が生成される機構について説明しなさい。
- (2) 図 1 のような階段型不純物濃度分布を持つ p n 接合について空間電荷層（空乏層）内の電界分布および電位分布を図示しなさい。
- (3) 拡散電位の大きさを求めなさい。
- (4) 逆バイアス電圧 V [V] を印加した場合の、空乏層内の電位分布についてポアソンの方程式

$$-\frac{dV^2}{dx^2} = \frac{\rho}{\epsilon}$$

を解いて、空乏層の大きさ $x_n + x_p$ を求めなさい。

ただし、 N_A はアクセプタ不純物濃度、 N_D はドナー不純物濃度であり、室温において全てイオン化しているものとする。また、 $-x_p$ は p 側での空乏層端、 x_n は n 側での空乏層端であり、空乏層内には自由キャリアは無いものとする。

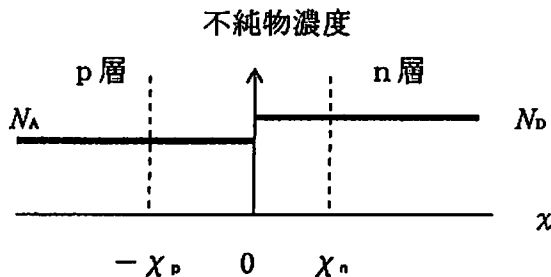


図 1

- (5) 図 2 のような傾斜型不純物濃度分布の場合についても、空乏層内の電位分布を求めなさい。傾斜型不純物濃度分布の場合には、空乏層の厚み x_d は空乏層内の電圧の 3 乗根に比例することを示しなさい。

ただし、空乏層は点線まで広がり、内部での不純物濃度は次のように表されるものとする。

$$N_A = -a x \quad (-x_d/2 \leq x \leq 0)$$

$$N_D = a x \quad (0 \leq x \leq x_d/2)$$

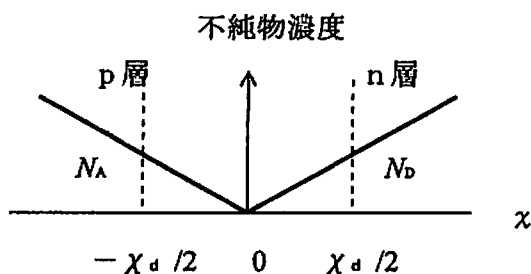


図 2

VII 複素関数 $f(z)$ を $f(z) = \frac{1}{z(z-i)}$ とする。以下の問いに答えなさい。

(1) 次の周回積分の値を求めなさい。

$$\oint_C f(z) dz$$

ただし C は原点を中心とする半径 2 の円を、反時計回りに 1 周するものとする。

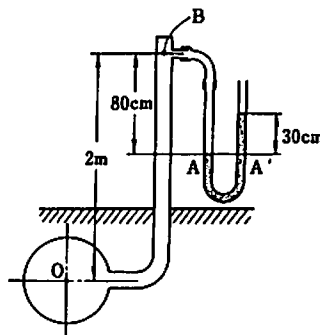
(2) $|z| < 1$ として $f(z)$ の原点を中心とするローラン級数展開を書きなさい。

(3) $|z-i| < 1$ として $f(z)$ の $z=i$ を中心とするローラン級数展開を書きなさい。

専門選択 (機械システム工学専攻)

〔流体工学〕

- ベルヌーイの式を圧力の単位で表しなさい。
- 動粘度が $1.0 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ の水が、内径 200mm のパイプ内を 10m/s で流れている。これと同じレイノルズ数の流れの状態を直径 500mm の風洞中に、動粘度 $1.5 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ の空気を流すことによってつくるには空気の流速をいくらにすればよいか。
- 図のような水銀のU字管マンオメータを用いて送水本管の水圧を測定するとき、水銀柱の読みの差が 30cm ならば、本管中心点 O の水圧をゲージ圧で表しなさい。ただし、水の密度は $1000 \text{kg}/\text{m}^3$ 、水銀の密度は $13600 \text{kg}/\text{m}^3$ とする。
- 内径 500mm の直円管を用い、1km 遠方に、1 時間に 1130.4m^3 の水を送るには、どれだけの圧力を必要とするか。ただし、管摩擦係数を 0.02、水の密度は $1000 \text{kg}/\text{m}^3$ 、円周率を 3.14 とする。
- 全揚程 20m、揚水量 $0.02 \text{m}^3/\text{s}$ で運転するポンプがある。このポンプの理論動力を求めなさい。また、ポンプの効率を 70% とした場合の軸動力を求めなさい。ただし、水の密度は $1000 \text{kg}/\text{m}^3$ とする。



〔制御理論〕

1. 下記の伝達関数で示す系について、以下の質問に答えなさい。

$$G(s) = \frac{8(s+1)}{(s+2)(s+4)}$$

- (1) ステップ応答を求めなさい。(参考： $\mathcal{L}[u(t)] = \frac{1}{s}$, $\mathcal{L}[e^{-\alpha t}] = \frac{1}{s+\alpha}$)
- (2) ラウスの方法を用いて、特性方程式より安定性を調べなさい。
- (3) 直接フィードバック系閉ループにしたときの目標値に対する制御系の型と、偏差定数および定常偏差を求めなさい。

2. 次のブロック線図で示す系について、質問に答えなさい。

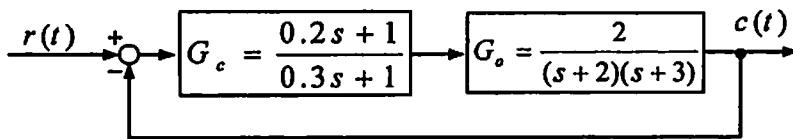


図 1

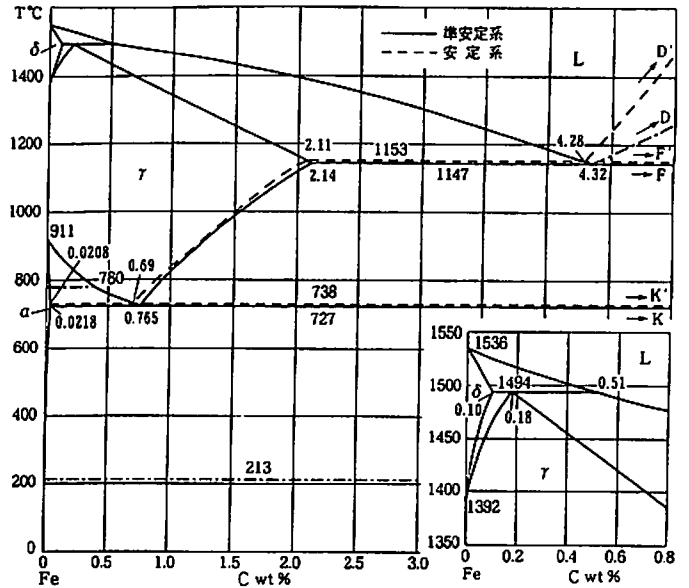
- (1) G_c は位相遅れ要素であるが、補償要素としてどのような効果があるか、説明しなさい。
- (2) 閉ループの伝達関数 $W(s)$ を求めなさい。

〔機械材料学〕

添付のFe-C状態図を参考に、以下の問いに答えよ。

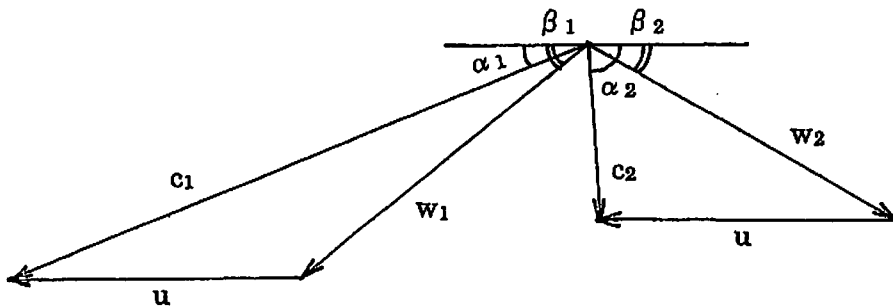
Fe-0.5mass%Cの鋼を、オーステナイト状態から室温までゆっくり冷却した。このとき、合金の組織は、わずかにCを固溶する（Ⅰ）の多結晶と、（Ⅰ）と相（Ⅱ）とが層状に積み重なった組織である（Ⅲ）の多結晶との混合物となる。

- 問（1） 上の（ ）内のⅠ、Ⅱ、Ⅲの名称を記せ。
 問（2） Fe-0.5mass%Cの鋼を、オーステナイト状態から室温まで、ゆっくりと冷却したときの組織中の、相Ⅰからなる組織と組織Ⅲとの質量比（mass%）はいくらとなるかを求めよ。なお、計算は%で3桁まで求めること。



〔熱工学〕

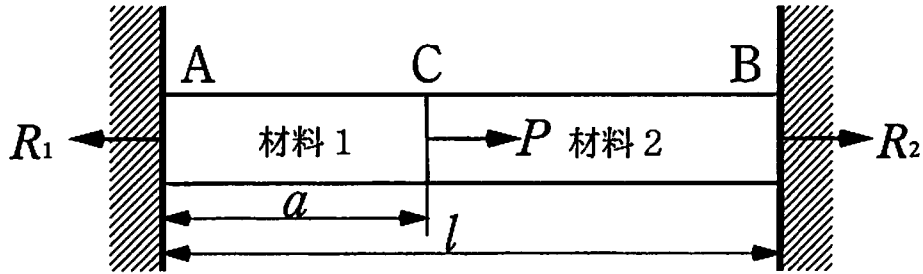
1. 図のような速度三角形をもつ蒸気タービンの衝動段がある。図の速度の単位は [m/s]、角度の単位は [度] であるとして、以下の問いに答えなさい。
 - (1) 速度比 ϕ はどのような式で与えられるか。
 - (2) 円周方向絶対速度の変化 Δc_u [m/s] はどのような式で与えられるか。
 - (3) 円周方向相対速度の変化 Δw_u [m/s] はどのような式で与えられるか。
 - (4) Δc_u [m/s] と Δw_u [m/s] の関係を示しなさい。
 - (5) この段で蒸気流量 1 kg/s あたりに発生する動力 L [J/kg] を与える式を示しなさい。
 - (6) 断熱熱落差を h_s [J/kg] とするとき、この段の周辺効率 η_u はどのような式で与えられるか。



2. 流れ系における、ある状態のエンタルピーとエントロピーを H と S とし、外界のそれらを H_0 と S_0 、外界温度を T_0 とするとき、ある状態のエクセルギー E はどのような式で与えられるかを示しなさい。

〔材料力学〕

図に示すように、断面積 A [m²] の 2 種類の材料が接合された全長 l [m] の棒 AB の左右両端が固定され、2 種類の材料の接合面 C に外力 P [N] が軸方向右向きに作用する場合を考える。材料 1 の長さ AC を a [m]、材料 1 と材料 2 のヤング率をそれぞれ E_1 、 E_2 [Pa] として以下の問いに答えなさい。

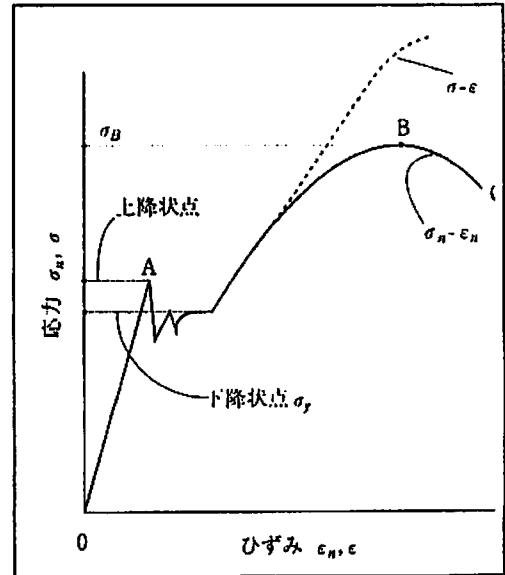


- (1) A, B 両端に図のような支持反力 R_1 、 R_2 が働いているとして、水平方向の力の釣り合い式を求めなさい。
- (2) 材料 1 の伸び量 δ_1 [m] を支持反力 R_1 の関係式、材料 2 の縮み量 δ_2 [m] を支持反力 R_2 の関係式として求めなさい。
- (3) 支持反力 R_1 および R_2 を求めなさい。

〔材料強度〕

図は炭素鋼の引張り試験をしたときの応力—ひずみ線図である。次の問に答えなさい。

1. A点、B点の応力について強度設計の立場から論述しなさい。
2. 真応力 σ と公称応力 σ_n の関係式を導出しなさい。
3. 真ひずみ ϵ を公称ひずみ ϵ_n を使って表しなさい。



〔機械力学〕

以下の問題に解答しなさい。原則として問題の順に解答しなさい。解答できない問題については、「解答なし」と書いて、次の問題に進みなさい。解答では、結果だけでは解答と認めません。必ず、図、文で、なぜそのような解答になるかを説明・論述しなさい。

問題

不減衰振動について、以下の問題に答えなさい。

図1に示すような、1自由度ばね・質量系を考えます。つりあい位置からの変位を x 、速度を \dot{x} とします。

- 1)。質点 m の運動エネルギー T は、いくらか。
- 2)。ポテンシャル・エネルギー U は、いくらか。
- 3)。この時、力学的エネルギー保存則を式の形で、書き表しなさい。
- 4)。3)の式を時間 t で微分して、運動方程式を誘導しなさい。
- 5)。Newtonの運動の第2法則から、運動方程式を導きなさい。
- 6)。角振動数 ω の式を求めなさい。
- 7)。周期 P の式を求めなさい。
- 8)。 $m=5\text{ kg}$ 、 $k=100\text{ N/m}$ のとき、振動数 f Hzを計算して求めなさい。
- 9)。8)のばね・質量系で、初期条件として、 $x_0=2.5\text{ cm}$ 、 $\dot{x}=v_0=4.6\text{ cm/s}$ を与えた時、振動の式を求めよ。
- 10)。9)の振動の様相を、5周期分について、波形を正確に描きなさい。

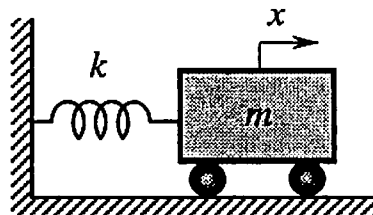


図1 不減衰系

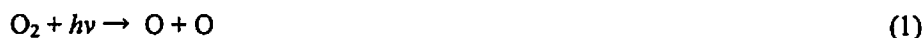
専門選択 (物質化学専攻)

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]

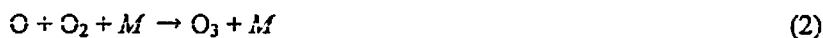
I 成層圏では O_2 や O_3 による太陽紫外線の吸収が十分でないため、紫外線の強度が強い。そのような環境では、オゾン層が形成される。以下にそのメカニズムを示す。

まず、 O_2 が波長 180-240 nm の紫外線を吸収し、2つの酸素原子 O に分解する。



ここで $h\nu$ は振動数 ν の光子をあらわす。

生成した O は O_2 と結び付き、酸素原子 3つから成るオゾン分子 O_3 を作る。



ここで M は N_2 、 O_2 など、反応により変化しない第三の分子を表す。生成したオゾンは紫外線を吸収して解離する。



また、オゾンは O と結び付いて O_2 に戻る(再結合反応)。



式(2)、(4)の速度定数を k_2 、 k_4 、式(1)、(3)の光分解速度を J_1 、 J_3 とすると、オゾンの濃度 $[O_3]$ は

$$[O_3] = \sqrt{\frac{J_1 k_2 [M]}{J_3 k_4}} [O_2]$$

とあらわされる。ここで $[M]$ は大気の大気濃度 (1 m^3 あたりの大気物質質量)、 $[O_2]$ は酸素の大気濃度である。

高度 25 km において $k_2 = 360 \text{ mol}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 、 $k_4 = 360 \text{ mol}^{-2} \text{ m}^6 \text{ s}^{-1}$ 、 $J_1 = 3.0 \times 10^{-12} \text{ s}^{-1}$ 、 $J_3 = 6.0 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 、 $[M] = 3.0 \text{ mol m}^{-3}$ であるとき、オゾンの濃度 $[O_3]$ を求めなさい。ただし、大気の組成は窒素と酸素のみからなるとし、その比も地表と同じであるとする。

II 高度 25 km での実際のオゾンの濃度 $[O_3]$ は $3.3 \text{ } \mu\text{mol m}^{-3}$ である。上で計算した値と比較して、その食い違いの原因について考察しなさい。

問題2〔物理化学系1〕

- I 一価の弱酸 (HA) とその塩 (MA) からなる緩衝溶液がある。この溶液の pH が、弱酸およびその塩の濃度に関係せず、これらの濃度比にのみ関係することを、(1)から(5)の順序に従って明らかにしなさい。
- (1) HA と MA の解離平衡式を書きなさい。
 - (2) HA の酸解離平衡定数式(K_a)を書きなさい。
 - (3) 緩衝溶液における電荷均衡式と質量均衡式を求めなさい。
 - (4) 弱酸がほとんど解離しない ($[HA]_0 \approx [HA]$)、かなりの量の塩が加えられている ($[H^+] \ll [MA]_0$) という近似条件を用いて、(3)で求めた電荷均衡式と質量均衡式を簡単にしなさい。
 - (5) (4)で求めた式を酸解離平衡定数式(K_a)に代入して、水素イオン濃度 ($[H^+]$) を求める式を誘導しなさい。
- II 一価の陽イオン M_A^+ と塩化物イオンによって生成する難溶性塩 M_ACl および二価の陽イオン M_B^{2+} と塩化物イオンによって生成する難溶性塩 M_BCl_2 の溶解度 (水 100 g に溶解する化合物の質量) が等しくなる条件を求めなさい。
- ただし、 M_ACl と M_BCl_2 の溶解度積を $K_{sp}(M_ACl)$ と $K_{sp}(M_BCl_2)$ 、それぞれの原子量を w_A と w_B 、塩素の原子量を 35.5 としなさい。

問題3 [物理化学系2]

I ギブズエネルギー G は、物質の安定性や状態変化を議論する上で極めて重要な役割を果たす。いま、温度一定の下で、気体状態の物質Aを圧縮していくと、ある圧力 P^* で液化が始まった。この現象を、物質Aのモルギブズエネルギー G_m を用いて説明したい。次の各問に答えなさい。

- (1) モルギブズエネルギー G_m の定義を示しなさい。
- (2) 気体状態および液体状態における物質Aのモルギブズエネルギーをそれぞれ $G_{m, \text{気体}}$ および $G_{m, \text{液体}}$ とすると、物質Aが気体状態で安定に存在する条件を示しなさい。
- (3) 定温下で系の圧力が dP だけ微小変化したとき、 G_m の微小変化 dG_m を物質Aのモル体積 V_m を用いて表しなさい。
- (4) $G_{m, \text{気体}}$ および $G_{m, \text{液体}}$ の圧力変化を G_m 対 P のグラフ上に模式的に示しなさい。
- (5) (4)の図に基づき、圧縮による気体の液化を説明しなさい。

問題 4 [無機化学系 1]

I ニッケル(II)錯体に関する以下の問に答えなさい。

(1) 水溶液中でニッケル(II)イオンとアンモニアが逐次的に錯形成し、 $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ を生成する反応について、逐次錯生成定数を K_n 、全錯生成定数を β_n で表すとき、 K_1 、 K_3 、 β_4 および β_6 を表す式を示しなさい。ただし、水分子の関与は無視する。

(2) $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ 錯イオンに関して、結晶場理論に基づいて 3 d 軌道の分裂の概略図および電子配置を示し、これから予想される磁氣的性質について議論しなさい。

(3) 平面正方形型構造をとる $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ 錯イオンの場合についても、結晶場理論に基づいて 3 d 軌道の分裂の概略図および電子配置を示し、これから予想される磁氣的性質について議論しなさい。

II 次の語句のうちから三つを選択して説明しなさい。

(1) リュードベリ一定数 (2) 3 中心 2 電子結合 (3) 18 電子則 (4) キレート効果 (5) Jahn-Teller 効果

問題5 [無機化学系2]

I セラミックスの焼結方法を1つ挙げ、その特徴と工程について説明しなさい。また、一般に粒子間で焼結が進行する理由について述べなさい。

II 圧力が一定の条件における2成分系の相図のうち、共晶反応と包晶反応の両方を含む相図を描き、共晶温度と包晶温度を示しなさい。また、包晶反応が起こっているときの組織を図示しなさい。

問題6 [有機・高分子系1]

I 第三級アルコールは酸触媒（濃硫酸）により 60℃付近で脱水されるが、第二級アルコールや第一級アルコールの脱水を起こすにはさらに高温が必要である。

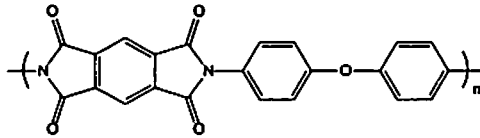
- (1) 酸触媒によるアルコール脱水反応について、予想される反応機構を示しなさい。
- (2) 3,3-ジメチル-2-ブタノールの酸触媒による脱水反応では、3,3-ジメチル-1-ブテンは痕跡量しか生成せず、2,3-ジメチル-2-ブテンが主生成物となる。3,3-ジメチル-2-ブタノールから 2,3-ジメチル-2-ブテンが生成する機構を示しなさい。

II ジクロロプロパンには4つの構造異性体が存在する。それぞれの構造異性体について $^1\text{H NMR}$ スペクトルを測定した。次の問に答えなさい。

- (1) それぞれの構造異性体は、非等価なプロトンを何種類もつか。
- (2) 各構造異性体の非等価なプロトンについて、それぞれ多重度（一重線、二重線など）を予測しなさい。

問題7 [有機・高分子系2]

I 次の構造を持つポリマーは耐熱性高分子として知られている。これについて、以下の問に答えなさい。



- (1) このポリマーは2種類のモノマーから合成される。これら2種類のモノマーの構造式と化合物名を答えなさい。
- (2) このポリマーの生成反応を示しなさい。ただし反応は多段階で行われる。
- (3) このような重合反応は何重合かを答えなさい。
- (4) このポリマーが耐熱性に優れている理由を説明しなさい。