

2020 年度
 青山学院大学
 大学院理工学研究科理工学専攻
博士前期課程(9月)入学試験

**機能物質創成コース
 専門フロンティアプログラム**

**「専門科目」
 問題冊子**

受験番号：	氏名：
-------	-----

[注意事項]

1. 志願したコースの問題冊子であることを確認すること。
2. 本問題冊子は表紙を含めて全25枚である。
3. 問題冊子及び解答用紙一枚ごとに、受験番号と氏名を必ず記入すること。
4. 選択必須問題を1問、選択問題から2問の合計3問を解答すること。

選択必須問題 右の3問の中から1問解答	1	物性物理学
	2	固体化学
	3	電子物性学
	4	力学(物理分野)
	5	電磁気学(物理分野)
	6	量子力学(物理分野)
	7	統計力学(物理分野)
	8	物理化学(化学分野)
	9	無機・分析化学(化学分野)
	10	有機化学(化学分野)
	11	電磁気学(電気電子分野)
	12	電気回路(電気電子分野)
	13	電波工学(電気電子分野)
	14	情報・通信工学(電気電子分野)
	15	電気電子計測(電気電子分野)
	16	電子回路(電気電子分野)
	17	制御工学(電気電子分野)
	18	パワーエレクトロニクス(電気電子分野)
選択問題 右の15問の中から2問選択		

5. 解答冊子、問題冊子とも全て回収するので、綴じたままにしておくこと。

1 物性物理学

問1 同種原子からなる1次元結晶について以下の問いに答えよ。

- (1) 格子定数を a とするとき、この1次元結晶の逆格子点を図示せよ。ただし、隣り合う逆格子点間の距離を明示すること。
- (2) 隣り合う原子間をばね定数 K のばねで連結した調和振動子モデルを用いて、有限温度における格子振動を考える。 n 番目の原子の平衡位置からの変位を $u(na, t)$ とし、各原子の質量を M とするとき、 n 番目の原子の変位 $u(na, t)$ に対する運動方程式を求めよ。
- (3) 原子の総数を N とし、周期的境界条件 $u(Na, t) = u(0, t)$ を仮定し、(2) で求めた運動方程式の解として、結晶全体を伝搬する平面波解 $u(na, t) \propto e^{i(kna - \omega t)}$ を仮定するとき、角振動数 ω と波数 k の間の分散関係を求め、第一ブリルアンゾーンの範囲内で図示せよ。
- (4) この1次元結晶の大きさを L とし、結晶に含まれる自由電子の総数を N_e とし、絶対零度における電子状態を考える。周期的境界条件を適用すると、自由電子の質量 m とプランク定数 $\hbar (\equiv h/2\pi)$ を用いて、各自由電子のエネルギーが $\varepsilon_k = (\hbar^2/2m)k^2$ (ただし、 $k = (2\pi/L)n$ 、 n は任意の整数) で表されることを考慮すると、3次元自由電子系のフェルミ球の体積が、1次元自由電子系では2つのフェルミ点 ($k = +k_F$ と $k = -k_F$) 間距離に対応することが分かる。このとき、スピンの自由度2を考慮して、1次元電子系の k_F を N_e と L を用いて表せ。
- (5) (4) で求めた関係を用い、絶対零度における自由電子の内部エネルギー $E (= 2 \sum_{|k| < k_F} \varepsilon_k)$ を N_e と $E_F (= [\hbar^2/2m]k_F^2)$ を用いて表せ。

問2 以下の項目から1つを選び、その内容を図示して分かりやすく説明せよ。

- (1) エネルギーバンド理論における金属と絶縁体の違い
- (2) 半導体の pn 接合における整流効果
- (3) 磁化の外部磁場依存性における第1種超伝導体と第2種超伝導体の違い

2 固体化学

下記の(1)～(4)のすべてを解説せよ。

- (1) X線回折による結晶構造解析における、ラウエ関数と結晶構造因子に関して解説せよ。逆格子空間とエバルドの球に関する解説すること。
- (2) 透過型電子顕微鏡による多結晶固体材料の解析における、明視野像と暗視野像に関して解説せよ。また、転位などの格子欠陥が解析できる原理を解説せよ。
- (3) ラマン散乱や FTIR によって固体材料の結晶構造や化学結合状態の解析が可能な場合がある。それらの原理を解説せよ。
- (4) 固体表面の仕事関数の解析方法を、例を挙げて解説せよ。

3

電子物性学

物質を電気抵抗の観点から 3 つに分類した例を示し、そのエネルギーバンドの大きさを実験的に見積もる方法を説明せよ。

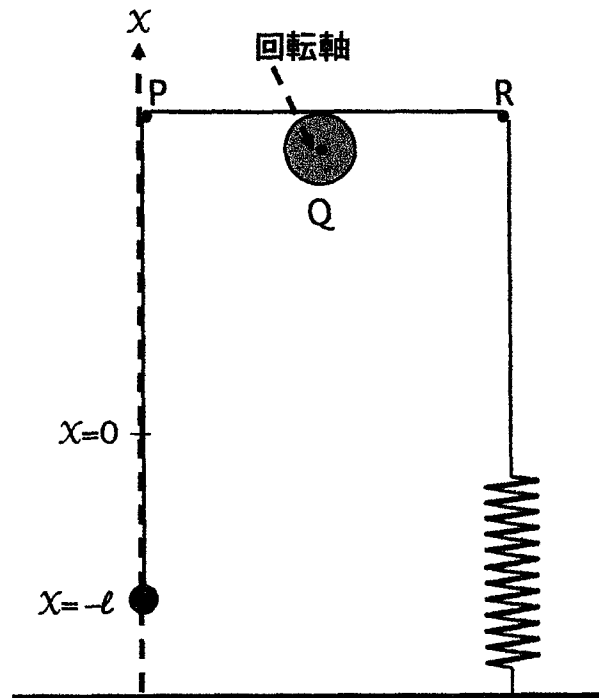
4 力学

地上での重力加速度の大きさを g とする。また、空気抵抗等は無視できるとする。

下図のように伸び縮みしない質量を無視できるワイヤがある。その一端には質量 m の (質点とみなせる) おもりを固定し、釘 P , R と滑車 Q を経由して、他端は床に固定されたばね定数 k のばねに固定されている。滑車 Q と回転軸受けとの間の摩擦は無視できる。滑車 Q は、ワイヤーから与えられるトルクが Q を時計回りに回転させるときには、ワイヤーと滑ることなく回転する。反対に、ワイヤーからのトルクが Q を反時計回りに回転させる方向に働くときには、ワイヤーは Q の上をなめらかにすべり、摩擦力は無視できる。

滑車 Q は、質量 M , 半径 a , 厚さ d の円盤で、その密度 ρ は回転軸からの距離 r の関数 $\rho = \rho_0(r + a/2)$ で表される。下図のように x 軸をとり、おもりに働く重力の大きさとばねの復元力が釣りあう点を原点とする。おもりを $x = -l$ の位置まで引っ張り、時刻 $t = 0$ にそっと放した。

- (問.1) 滑車 Q の回転軸まわりの慣性モーメント I を M, a を用いて表わせ。また以下の設問では I を用いて答えよ。
- (問.2) おもりの位置を $x(t)$ とする。 $x(t) < 0$ のときおもりの運動方程式をもとめよ。
- (問.3) 上記方程式を解いて、 $x(t)$ を式で表わせ。
- (問.4) おもりが原点 $x = 0$ を通過するときの速度をもとめよ。
- (問.5) おもりが到達する最上点の座標 (釘 P の下方) を答えよ。
- (問.6) このときの滑車 Q の回転エネルギーをもとめよ。



5 電磁気学

真空の誘電率を ϵ_0 、真空の透磁率 μ_0 として以下の問いに答えよ。

問1. 半径 a の無限に長い円柱の内部に、電荷が体積密度 ρ で一様に分布している。

- (1) 円柱の内外に生じる電場の大きさを求めよ。また中心軸からの距離 r と電場の関係をグラフに示せ。
- (2) 円柱の外側の静電ポテンシャルを求めよ。ただし、 $r = r_0 (> a)$ を基準点とする。

問2. 半径 a の無限に長い円柱状の導体に、電流が電流密度 i で一様に流れている。

- (1) 円柱の内外の磁場の向きと磁束密度の大きさを求めよ。また中心軸からの距離 r と磁束密度の関係をグラフに示せ。
- (2) 円柱の外側のベクトル・ポテンシャルの向きと大きさを求めよ。ただし、 $r = r_0 (> a)$ を基準点とする。

問3. 半径 a の無限に長い円柱状の領域の内部に一様な磁場が円柱に沿った向きに存在する。磁場の大きさが $B(t) = B_0 t$ で表されるように時間とともに一定の割合で上昇するとき、円柱内外に発生する電場の向きと大きさを求めよ。

6 量子力学

スピン演算子について、以下の問に答えよ。

スピン角運動量演算子 $\hat{S}_\alpha (\alpha = x, y, z)$ は、パウリ行列を用いて $\hat{S}_\alpha = (\hbar/2)\sigma_\alpha$ であらわされる。ここで、パウリ行列 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ は

$$\sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

と 2×2 行列で定義される。また、 \hbar はプランク定数を 2π で割ったものであり、 i は虚数単位である。

- 1) パウリ行列を用いて、角運動量に関する交換関係 $[\hat{S}_z, \hat{S}_x] = i\hbar\hat{S}_y$ が確かに満たされることを示せ。
- 2) \hat{S}_x の固有ベクトルが $\vec{\chi}_{x+} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ および $\vec{\chi}_{x-} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$ であることを示し、それぞれの固有値を求めよ。
- 3) $\vec{\chi}_{x\pm}$ が S_z の固有ベクトルではないことを示せ。この結果を交換積と関連付けて議論せよ。
- 4) z 軸方向の磁場中におけるスピンのハミルトニアンは $\hat{\mathcal{H}} = \mu_B \sigma_z H$ で与えられる。ここで μ_B はボーア磁子と呼ばれる定数で、 H は磁場の z 成分である。このときの、スピンのエネルギー準位をすべて求めよ。
- 5) 強さ H の磁場中におかれたスピンに対して、振動数 ν の電磁波をあてる。何がおきるか説明せよ。

7 統計力学

質量 m の気体分子 N 個からなる理想気体が体積 V の容器の中に入り、温度 T の熱浴に接している。系の古典的ハミルトニアンは、 $\mathbf{p}_i = (p_{ix}, p_{iy}, p_{iz})$ を粒子 $i (= 1, 2, \dots, N)$ の運動量として、次の式により与えられる。

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{\mathbf{p}_i^2}{2m}$$

以下の問いに答えよ。ただし、ボルツマン定数を k_B 、プランク定数を $h (= 2\pi\hbar)$ とする。

問1. この系の分配関数 Z が次式で与えられることを示せ。

$$Z = \frac{1}{N!} \left[\frac{V}{\lambda_{\text{th}}^3} \right]^N$$

ただし、 $\lambda_{\text{th}} = 2\pi\hbar / \sqrt{2\pi m k_B T}$ である。途中の計算過程をきちんと示すこと。

問2. この系のヘルムホルツ自由エネルギー F を求め、圧力を計算せよ。

問3. 上で求めた圧力の表式と、自由エネルギーの二階の微係数の間に成り立つマクスウェルの関係式を用いて、この系のエントロピーの体積依存性を求めよ。

問4. この系の定積熱容量を求めよ。

問5. ここで行なった古典統計力学的な解析は、低温では量子効果のために成り立たなくなる。量子効果が顕在化しはじめる目安となる温度を m, N, V, k_B, \hbar を用いて表せ。(ヒント：問1の分配関数の表式にある λ_{th} の意味を考え、それと気体分子間の平均間隔とを比較してみよ。)

8 物理化学

次の問1～問4の中から2問を選び、答を解答用紙に記入せよ。

問1. 分子分光學と統計熱力学に関する以下の設問に答えよ。ただし、必要ならば、以下の定数を用いよ。プランク定数 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ 、 $\hbar = h/2\pi = 1.055 \times 10^{-34} \text{ J s}$ 、光の速度 $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 、原子質量単位 $1 \text{ u} = 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、アボガドロ定数 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、ボルツマン定数 $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ 。また、必要ならば、以下の原子質量を用いよ。 ^1H の質量 1 u 、 ^{35}Cl の質量 35 u 、 ^{79}Br の質量 79 u 、 ^{127}I の質量 127 u 。さらに、必要ならば、以下の波動関数および数学公式を用いよ。

調和振動子の波動関数、ただし、 $\alpha = (k\mu)^{1/2}/\hbar$ で、 k は力の定数、 μ は換算質量

$$\psi_1(x) = \left(\frac{4\alpha^3}{\pi}\right)^{1/4} x e^{-\alpha^2 x^2/2}, \quad \psi_3(x) = \left(\frac{\alpha^3}{9\pi}\right)^{1/4} (2\alpha x^3 - 3x) e^{-\alpha^2 x^2/2}$$

$$\int_0^\infty x^{2n} e^{-\alpha x^2} dx = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots (2n-1)}{2^{n+1} \alpha^n} \left(\frac{\pi}{\alpha}\right)^{1/2} \quad (n \text{ は正の整数})$$

- (1) 波長 500 nm の可視光の光子1個のエネルギーは波数 1000 cm^{-1} の赤外線光子1個のエネルギーの何倍か、計算せよ。
- (2) 調和振動子近似のもとで、 H_2O 分子の対称伸縮振動(波数 3700 cm^{-1})について、絶対温度 $T(\text{K})$ における、振動基底状態(振動量子数 $v=0$)と第一振動励起状態(振動量子数 $v=1$)に存在する分子数の比を計算する式を答えよ。ただし、この設問では、プランク定数 h 、光の速度 c 、ボルツマン定数 k_B 、絶対温度 T は、記号のまま使ってよい(数値計算しなくてもよい)。
- (3) ① 無限個の等間隔の非縮退エネルギー準位をもつ分子の分配関数を計算せよ。ただし、エネルギー準位の間隔は ε とする。
② この分配関数は、 $T \rightarrow 0$ と $T \rightarrow \infty$ において、それぞれどのような値をとるか計算せよ。
- (4) 赤外分光法を用いて、二原子分子 $^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ 、 $^1\text{H}^{79}\text{Br}$ 、 $^1\text{H}^{127}\text{I}$ の基本振動数を観測すると、それぞれ 2890 、 2630 、 2230 cm^{-1} であった。調和振動子近似のもとで、これら3つの分子のなかで、 HX 結合($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$)の力の定数が最も大きい分子と最も小さな分子を、それぞれ答えよ。
- (5) 調和振動子の波動関数 $\psi_1(x)$ が規格化されていること、 $\psi_1(x)$ と $\psi_3(x)$ が直交していることを具体的に示せ。

問2

平衡状態にある熱力学的な系として、ピストンつきシリンダーに封入された物質質量 N の気体を考える。この系が外界と物質のやりとりを行わない場合、系の内部エネルギー U の微分形式は、温度 T 、圧力 P 、体積 V とエントロピー S を用いて

$$dU = T \cdot dS - P \cdot dV \quad \text{①}$$

と書ける。式①は、熱力学におけるエネルギー保存則である。また、式①より、内部エネルギー U を自然な引数 S と V の関数として表した $U(S, V)$ が、 U の基本的な表現であることがわかる。

- (1) T と P を自然な引数に持つ熱力学関数は何か。その基本的な表現を式①より導け。問題文中にない記号は、その定義を明示してから用いること。また、途中の式変形も省略せずに示すこと。
- (2) $\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T$ を V, T, P のみを用いて表せ。途中の式変形も省略せずに示すこと。
- (3) 理想気体に対しては、 $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$ が常にゼロであることを式①より導け。途中の式変形も省略せずに示すこと。

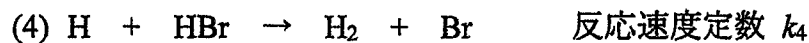
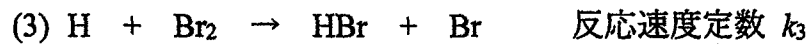
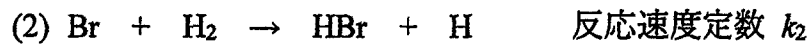
問3. 以下の設問に答えよ。

$x=0$ と $x=a$ の領域に閉じ込められた電子の波動関数 $\psi_n(x)$ は以下のように求められる。
 n は量子数を表す。

$$\psi_n(x) = \left(\frac{2}{a}\right)^{1/2} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right)$$

- (1) $n=1$ から $n=3$ の波動関数を図示せよ。
- (2) $n=3$ の状態において、電子を見いだす確率が最も大きな位置を全て求めよ。
- (3) この電子の運動量の平均値 $\langle p \rangle$ を求めよ。
- (4) この電子の運動量の分散 σ_p^2 を求めよ。

問4. 水素と臭素から臭化水素が生成する反応は、次のような5つの素反応からなる連鎖反応であることが知られている。



臭化水素の生成速度を $[\text{Br}_2]$, $[\text{H}_2]$, $[\text{HBr}]$ を用いて示せ。ただし、 Br および H の濃度は時間によって変化しない (定常状態近似) が成り立つものとする。

9 無機・分析化学

次の問1～問3の中から2問を選び、答を解答用紙に記入せよ。

問1 以下の問に答えよ。必要であれば、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{7} = 2.65$ を用いよ。

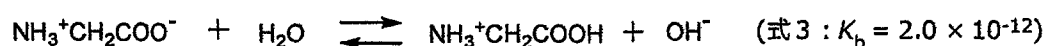
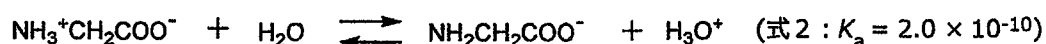
(1) Mohr 法による Cl⁻ の銀滴定を行った。Cl⁻ が含まれる試料 20 mL を 0.010 M の AgNO₃ 標準液を用いて滴定した。なお、可溶性クロム酸塩を加えることで、滴定の終点を確認した。以下の問いに答えよ。なお、 $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10} \text{ M}^2$ 、 $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 4.1 \times 10^{-12} \text{ M}^3$ とする。

(a) 当量点での Ag⁺ の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。

(b) 当量点で Ag₂CrO₄ が沈殿し始めるのに必要な CrO₄²⁻ の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。

(2) 肥料 4.0 g に含まれる P₄O₁₀ を PO₄³⁻ に変換した後、0.10 M AgNO₃ 50 mL を加え、Ag₃PO₄ として沈殿させた。過剰な AgNO₃ は 0.050 M KSCN 4.0 mL で逆滴定した。この分析結果から、試料中の P₄O₁₀ の含有量の割合 (重量パーセント) を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、P₄O₁₀ の分子量は 284 とする。

(3) 陽イオン型のアミノ酸と陰イオン型のアミノ酸の濃度が等しくなるような溶媒の pH は等電点と呼ばれ、アミノ酸の特性を表す物理定数である。グリシンの水溶液では、下記の式 1～3 に示す三つの反応が生じ、式 2 および式 3 の平衡定数はそれぞれ K_a 、 K_b で表される。グリシンの等電点を有効数字 2 桁で求めよ。なお、水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。



問2 以下の(1)、(2)、(3)のすべてに答えなさい。

(1) 酸素族元素である O, S, Se, Te の水素酸の化学式を記し、酸の強さを比較せよ。また、S, Se, Te の酸素酸の化学式を記し、酸の強さを比較せよ。さらに、これらの酸の強さがそのような順番になる理由を記せ。

(2) 金属の標準電極電位(酸化還元電位)とは何か? イオン化傾向、フェルミ準位、仕事関数との関連も記しながら解説しなさい。また、どのような電気化学的な測定で標準電極電位を実験的に求めることができるのかについても解説しなさい。

(3) 半径 r の剛体球が3次元的に最稠密に詰まっているとき、その4配位空間と6配位空間に隣接する剛体球と接して入る球の半径(臨界半径 r_c)を求めよ。どのようにして求めたのかがよくわかるように、図示して計算の過程を説明すること。


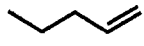
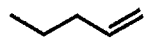
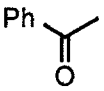
問3 以下の問いに答えよ。なお、必要であれば図を用いてもよい。

- (1) 白金錯体を例に、配位子が結合する際のトランス効果について説明しなさい。
- (2) ランタノイド収縮について説明しなさい。
- (3) ジボラン(6)の分子構造と分子軌道について説明しなさい。
- (4) d 族の金属イオンを含む錯体は、温度や溶媒の種類によりスピנקロスオーバーを示す場合がある。d⁵、d⁶および d⁷の電子配置を有する金属イオンを含む6配位八面体型錯体のスピנקロスオーバーによる電子配置と金属周辺の結合の変化に関して説明しなさい。

10 有機化学

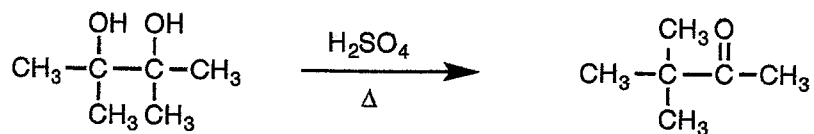
次の問 1、問 2 すべてに解答せよ。

問 1.

- (1)  $\xrightarrow[\text{cat. H}_3\text{O}^+]{\text{H}_2\text{O}}$
- (2)  $\xrightarrow[\text{cat. H}_3\text{O}^+]{\text{CH}_3\text{OH}}$
- (3)  $\xrightarrow[2. \text{OH}^-, \text{H}_2\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}]{1. \text{BH}_3}$
- (4)  $\xrightarrow[2. \text{H}_3\text{O}^+]{1. \text{NaBH}_4}$
- (5) $\text{PhCHO} \xrightarrow[2. \text{H}_3\text{O}^+]{1. \text{CH}_3\text{MgBr}}$

問2. 以下の設問 (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) 次に示す反応機構を示しなさい。

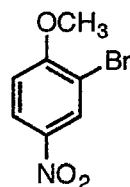


(2) *trans*-1-クロロ-2-メチルシクロヘキサンとナトリウムメトキシドの置換および脱離生成物の構造を書き、生成物に至る過程を立体配座のわかる構造式を用いて100~200字程度で説明しなさい。

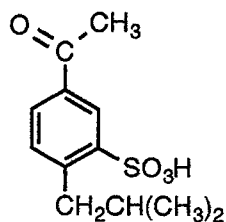
(3) 次の化合物を与えられた出発物質から合成する方法を示せ。各段階で必要となる有機試薬、無機試薬も記載すること。

(a) 1-ブチン から プロパナール

(b) ベンゼン から

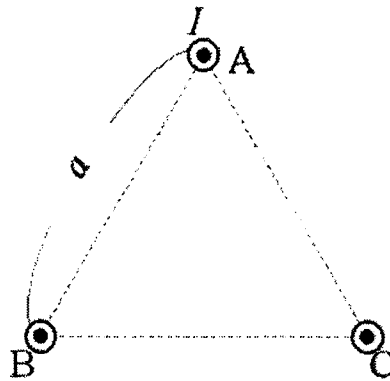


(c) ベンゼン から



11 電磁気学

- (1) 電磁界に関する 4 つの基本方程式 (マクスウェルの方程式) を微分形で書き、各式の名称と式の意味を書きなさい。
- (2) 一辺 a の正三角形 ABC の各頂点に配置された無限長の導線に、それぞれ電流 I が紙面手前向きに流れている。各線の単位長さ当たりに及ぼす力を求めよ。



12 電気回路

図1に示す対称T形回路において、以下の問に答えよ。

- (1) 縦続行列(F行列)を求めよ。
- (2) 映像インピーダンスが Z_0 、伝達定数が θ である2端子対回路を実現するための Z_1 , Z_2 を求めよ。

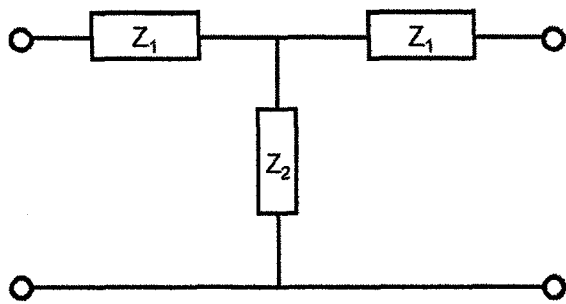


図1. 対称T形回路

13 電波工学

電磁波の減衰において、スキンドィプス (δ) が

$$\delta = \left(\frac{2}{\omega\mu\sigma} \right)^{1/2}$$

となることを証明せよ。なお、 ω は角周波数、 μ は透磁率、 σ は導電率である。

14

情報・通信工学

通信路において $P(y|x)$ で記号 x が送信された時に記号 y が受信される確率を表すとする。

$P(0|0) = 1, P(0|1) = p, P(1|1) = 1 - p$ ($0 < p < 1$), 記号 0,1 の送信確率がそれぞれ

$w, 1 - w$ ($0 < w < 1$) なる通信路の伝達情報量, および $p = 1/2$ の時の通信路容量を求めよ。

なお, 必要な場合, エントロピー関数 $H(x) = -x \log_2(x) - (1-x) \log_2(1-x)$ を解答で使用

してもよい。

15 電気電子計測

ある抵抗に流れる電流と電圧を測定して電力を求める。電流が 50mA 程度、電圧が 5V 程度であった場合に、相対誤差 1% の精度で電力を測定する為には、電流および電圧をどの程度の精度で測定すべきか。

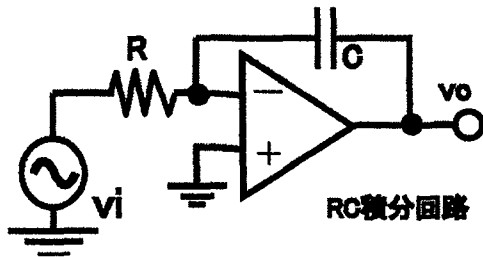
16 電子回路

下図の RC 積分回路において各々の回路要素が下記の条件である時の利得 0dB となる入力信号 v_i の周波数 (GB 積に等しい) を求めなさい。

[条件] 増幅回路 : 入力抵抗 = $\infty \Omega$ 、出力抵抗 = 0Ω 、利得 = 80dB (利得の周波数依存性は持たない)

入力信号 v_i : 信号振幅 = 0.1mVrms

$R = 5k\Omega$ 、 $C = 3.3pF$ 、(ただし $3.3 \times \pi = 10$ としてよい)



17 制御工学

つぎの微分方程式で表されるシステムを考える。ここで、 $u(t), y(t)$ はそれぞれシステムの入力、出力である。また、 α はある有限の定数であり、初期条件は $y(0) = y'(0) = y''(0) = 0, u(0) = 0$ とする。

$$\alpha \frac{d^3 y}{dt^3} + \frac{d^2 y}{dt^2} + 3 \frac{dy}{dt} + 2y(t) = \frac{du}{dt} + 4u(t), \quad t > 0$$

- (i) このシステムの入力 $u(t)$ から出力 $y(t)$ までの伝達関数を求めよ。
- (ii) $\alpha = 0$ の時、このシステムのインパルス応答を求めよ。
- (iii) $\alpha = 0$ の時、このシステムのステップ応答を求めよ。
- (iv) $\alpha = 0$ の時、入力 $u(t) = e^{-3t} - e^{-4t}$ に対するこのシステムの応答 $y(t)$ を求めよ。
- (v) ラウスまたはフルビッツの安定判別法を用いて、このシステムが安定となるための α の値の範囲を求めよ。

18 パワーエレクトロニクス

図1の単相インバータの各スイッチ($S_1 \sim S_4$)を図2のように動作させた。以下の問いに答えよ。

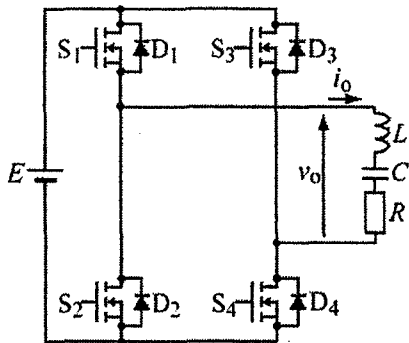


図1

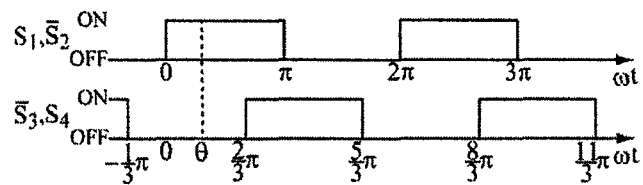


図2

- (1) 電気角 ωt に対する出力電圧 v_o の変化を $\omega t = 0 \sim 2\pi$ の範囲で示せ。
- (2) 図2の電気角 $\omega t = \theta$ における電流の流路を図示せよ。その際、電流が流れるスイッチの記号($S_1 \sim S_4$)及びダイオードの記号($D_1 \sim D_4$)を明示すること。ただし、 LCR 負荷に流れる電流 i_o は正の値であるとする。
- (3) 直流電圧が $E = 100\text{V}$ の時、 v_o の実効値 V_{o} 及び基本波最大値 V_{of} を求めよ。
- (4) 負荷は $L = 40\mu\text{H}$, $C = 10\mu\text{F}$, $R = 5\Omega$ でインバータが出力する電圧の周波数で共振し、その結果、出力電流 i_o は正弦波となっている。 $E = 100\text{V}$ である時の出力電流の実効値 I_o 及び負荷で消費される電力 P を求めよ。