

2023 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
選択問題 右の15問の中から2問選択	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)

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

1. 以下の a-c に解答せよ。

a. 超伝導を示さない金属の 0 K から室温の温度範囲の電気抵抗率の温度依存性について理由を含めて 100~200 字で簡潔に説明せよ。解答には図を用いてもよい。

b. 図 1 は様々な単体金属の 298 K における熱伝導率 κ と導電率 σ の関係を表したもので、 T は絶対温度、 L はローレンツ数と呼ばれる定数である。 κ と σ の比例関係は Wiedemann-Franz 則と呼ばれる。この関係より金属において熱が何によって運ばれるか述べよ。また、前問と関連させて金属の 0 K から室温の間の熱伝導率 κ の温度依存性について 100 字程度で簡潔に説明せよ。解答には図を用いてもよい。

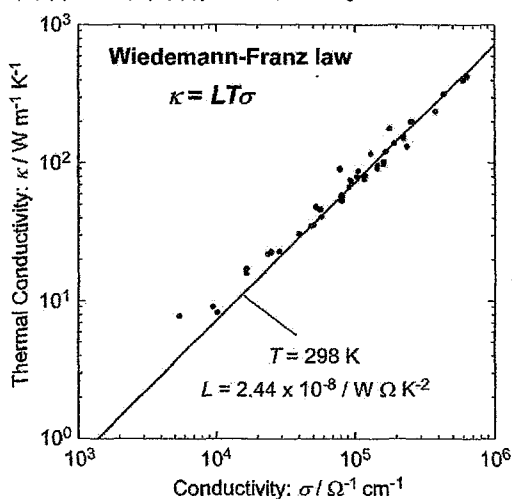


図 1 単体金属の 298 K における熱伝導率 κ と導電率 σ の関係

c. 絶縁体の結晶では主にフォノンが熱伝導を担う。フォノン-フォノンの相互作用や励起されるフォノン数の温度変化、結晶の完全性を考慮し、絶縁体結晶の 0 K から室温の間の熱伝導率 κ の温度依存性について横軸に温度 T 、縦軸に熱伝導率 κ をとったグラフに概形を描け。

2. a, b から 1 問を選択し解答せよ。

a. 磁場の強度を調べるために、Hall素子が用いられることが多い。Hall素子を用いた磁場計測の原理について図を示して説明せよ。

b. p-n 接合を利用した太陽電池について、動作原理を説明し、変換効率を高めるための方法を論ぜよ。

2 固体化学

透過型電子顕微鏡、並びに電子線回折による多結晶構造体の構造解析に関して以下の設問 (1) ~ (4) のすべてに答えよ。

(1) 結晶構造解析を行うにあたって X 線回折と電子線回折を用いた場合の類似点と相違点に関して解説せよ。

(2) 透過型電子顕微鏡によって結晶中の転位のバーガーズベクトルを決定することができる。その原理を解説せよ。

(3) 透過型電子顕微鏡では、明視野像と暗視野像を得ることで、複数の結晶構造を含む多結晶体の詳細を解析することができる。その原理を解説せよ。

(4) 高分解能の透過型原子顕微鏡により格子像を得ることができる。この場合、格子像のコントラストはどのような原理で生じているのか解説せよ。

3 電子物性学

- (1) エネルギーバンドギャップの観点から物質を3種類に分類した例を、電気抵抗の高い順に示せ。
- (2) そのうちバンドギャップ有無の物質を電気抵抗測定で識別する方法例を記し、バンドギャップ有の物質のギャップサイズをその結果から導出する方法を説明せよ。

4 力学

質量 m の2つのおもり 1, 2 がばね定数 k のばねでつながれている。鉛直上方を z 軸の正の向きとし重力加速度を g , バネの自然長を l_0 とする。最初, おもり 1 を手で持ち $z=0$ の高さで静止させたところ, おもり 2 はおもり 1 の鉛直下方で静止した。おもり 1, 2 の z 座標をそれぞれ $z_1(t), z_2(t)$ とする。

- 問1. $t=0$ でおもり 1 を持っていた手を静かに離した。おもり 1, 2 の $z_1(t), z_2(t)$ で表した運動方程式を記し、手を離した直後のおもり 1, 2 の加速度を求めよ。
- 問2. おもり 1, 2 の重心座標 $x(t)$ と相対座標 $y(t)$ の運動方程式を記し、それを解き $t \geq 0$ での $z_1(t), z_2(t)$, を求めよ。さらにそれを用いて t が十分小さい間の $z_1(t), z_2(t)$ の $t=0$ からの変位が t の何次から始まるか調べ、問1の結果と合わせその振る舞いの理由を述べよ。
- 問3. 次にばねを変え、ばねの伸びに比例した復元力に加えて相対座標の速度に比例する抵抗力 $-2m\gamma y(t)$ が働くばねに置き換えた。最初, おもり 1 を手で持ちおもり 2 が静止した後, $t=0$ でおもり 1 を持っていた手を静かに離した。 $z_1(0) = 0$ とする。おもりを離した後の $z_1(t), z_2(t)$ を求めよ。さらに十分時間がたった後の $z_1(t), z_2(t)$ の振る舞いを論ぜよ。

5 電磁気学

電磁場 $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$, $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$ は以下のマックスウェルの方程式によって規定される。

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (i)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (ii)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (iii)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{i} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (iv)$$

ただし、真空の誘電率を ϵ_0 、真空の透磁率を μ_0 、電荷密度を ρ 、電流密度を \mathbf{i} とする。

- 問 1. (i) 式を積分形式で表せ。また、この積分型の式を用いて、半径 a の無限に長い円柱の内部に電荷が一様な密度 ρ で分布しているときの、円柱内外の電場の大きさを求めよ。
- 問 2. (iii) 式を積分形式で表せ。また、この積分型の式を用いて、半径 a の無限に長い円柱状の領域の内部に、向きが円柱の軸方向で大きさ $B(t)$ の一様な磁場が時間とともに増加するときに、円柱内外にできる電場の大きさ $E(r, t)$ とその向きを求めよ。ただし、 r は中心軸からの距離とする。
- 問 3. 電磁波に関する以下の問いに答えよ。
- (1) 電荷や電流が存在しない自由空間におけるマックスウェルの方程式より、電場の波動方程式を導け。ただし、以下の公式 $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}$ を用いてよい。
 - (2) 電磁波の電場が x 軸方向に振動し、その大きさが $E_x(z, t) = E_0 \sin(kz + \omega t)$ で表されるとする。この電磁波の磁場の振動方向とその大きさを示せ。また、これらの式がマックスウェルの方程式を満たすために必要な $k, \omega, \epsilon_0, \mu_0$ の間での条件を導け。

6 量子力学

円周 L のリング上を 1 次元運動する質量 m の粒子を考える。リング上のある点を座標原点にとり、リングに沿った道のりを座標 x とする。このとき、運動量演算子の固有状態を表す波動関数は、波数 k を用いて $\varphi_k(x) = N \exp(ikx)$ と表される。ここで N は規格化定数である。

以下の問に答えよ。必ず計算過程を簡略に示すこと。

- (1) シュレディンガー方程式と境界条件を示せ。
- (2) 演算子の交換関係から、 $\varphi(x)$ がシュレディンガー方程式の解である理由を説明せよ。
- (3) この系の定常状態において運動量と全エネルギーを観測した場合に、どのような結果が得られるか。その結果は、不確定性原理の視点からどのように理解できるか。
- (4) 波数 k の満たすべき条件を示せ。記述に必要な量は自分で定義して良い。
- (5) 規格化定数 N を求めよ。

この系における定常状態のうち、波数 k_1 および k_2 (ただし $k_1 \neq k_2$) で表される状態を取り上げ、それぞれの波動関数を $\varphi_{k_1}(x)$ 、 $\varphi_{k_2}(x)$ とする。ただし、 φ_{k_1} および φ_{k_2} は規格化済みとする。

このとき、以下の様にこれら 2 つの状態の重ね合わせ状態を考える。この重ね合わせ状態の (時間に依存する) 波動関数を $\psi(x, t)$ としたときに、時刻 $t = 0$ において $\psi(x, 0) = N' (2\varphi_{k_1}(x) + \varphi_{k_2}(x))$ で表されるものとする。

- (6) 規格化定数 N' を求めよ。
- (7) 時刻 $t = 0$ において、運動量を観測した場合、どのような結果が得られるか。
- (8) 時刻 $t (> 0)$ における波動関数 $\psi(x, t)$ を示せ。ただし $\psi(x, t)$ は規格化されているものとする。
- (9) 時刻 $t (> 0)$ における運動量の期待値を求めよ。

7 統計力学

N 個のスピン $\{S_i\} = (S_1, S_2, \dots, S_N)$ からなる系を考える。各スピン変数は $S_i = -1, 1$ のように二通りの値をとる。系は温度 T の熱浴に接しているとして、以下の問いに答えよ。ボルツマン定数を k_B とし、逆温度を $\beta = 1/k_B T$ とする。解答では、 T と β は混在していてもよいものとする。

問1. まず、系のハミルトニアンが以下のように与えられる場合を考える。ここで $h(> 0)$ は定数である。

$$\mathcal{H} = -h \sum_{i=1}^N S_i$$

- この系の分配関数を求めよ。
- この系のヘルムホルツ自由エネルギーを求めよ。
- この系のエントロピーを求めよ。
- 高温 ($T \rightarrow \infty$) 極限と低温 ($T \rightarrow 0$) 極限でエントロピーは一定値に近づく。それぞれの極限値を求めよ。
- 上で求めたエントロピーの極限値について、エントロピーについてのボルツマンの公式と関連づけて考察せよ。

問2. 次に、系のハミルトニアンが以下のように与えられる場合を考える。ここで $J(> 0)$ は定数であり、スピンの数 N は偶数であるとする。

$$\mathcal{H} = -J \sum_{i=1}^{N/2} S_{2i-1} S_{2i}$$

- まず、 $N = 2$ の場合を考える。この系のミクロな状態を書き出し、分配関数 Z_2 を求めよ。
- 一般の N の場合、この系の分配関数 Z_N を求めよ。
- 高温 ($T \rightarrow \infty$) 極限と低温 ($T \rightarrow 0$) 極限でエントロピーは一定値に近づく。それぞれの極限値を求めよ。

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 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ 、 $\hbar = h/2\pi = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J s}$ 、光の速度 $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 、原子質量単位 $u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。また、必要ならば、以下の原子質量を用いよ。 ^1H の質量 $1.0 u$ 。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) 二原子分子の並進運動、回転運動、振動運動の自由度を、それぞれ答えよ。
- (2) 赤外吸収とラマン散乱の“選択律”(どのような分子振動が赤外吸収スペクトルとラマンスペクトルに観測されるか)を答えよ。
- (3) 等核二原子分子と異核二原子分子の伸縮振動について、赤外吸収とラマン散乱の活性・不活性を判定せよ。
- (4) H_2 ($^1\text{H}-^1\text{H}$) 分子の伸縮振動の波数が 4000 cm^{-1} であるとき、 H_2 分子の力の定数(単位 N m^{-1})と振動の周期(単位 s)を計算せよ(有効数字 3 桁)。
- (5) 調和振動子の波動関数 $\psi_1(x)$ と $\psi_3(x)$ が直交していることを具体的に示せ。

問 2

熱力学的な系 (たとえば物質質量 N の気体が封入されたピストンつきシリンダー) において、内部エネルギー U 、エンタルピー H 、Helmholtz の自由エネルギー A 、Gibbs の自由エネルギー G などはいずれも状態関数である。状態関数に対しては、完全微分 (全微分) が可能である。また、状態関数の 2 階の交差偏微分には、異なる 2 つの変数による偏微分の順序を入れ替えても結果が変わらないという性質がある。これらの性質を踏まえ、また、 U の微分形式

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

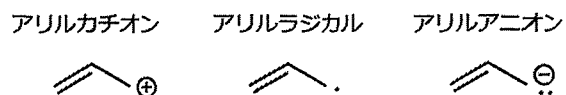
を出発点として、次の設問(1)~(4)に答えよ。

式①の T 、 S 、 p 、 V はそれぞれ、温度、エントロピー、圧力、体積である。新たな記号を用いるときは、必ずその定義を示すこと。また、途中の式変形も省略せずに示すこと。

- (1) $\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ を示せ。
- (2) 大気圧下の実験室のような圧力一定の条件において熱力学的な系を加熱した際に、系の温度を微小量上昇させるために必要な熱エネルギーを定圧熱容量 C_p という。 C_p の定義を数式で示せ。
- (3) $\left(\frac{\partial C_p}{\partial p}\right)_T = -T \left(\frac{\partial^2 V}{\partial T^2}\right)_p$ を示せ。
- (4) $\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H = -\frac{1}{C_p} \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T$ を示せ。これは Joule-Thomson 係数とよばれるものである。

問 3. アリルカチオン、アリルラジカル、アリルアニオンについて以下の問に答えよ。

ただし、炭素原子のクーロン積分を α 、炭素原子間の共鳴積分を β とする。



- (1) 単純ヒュッケル法を用いてアリルラジカルの π 分子軌道を求め、得られた全ての π 分子軌道を図示せよ。
- (2) アリルラジカルの全 π 電子エネルギーを求めよ。
- (3) アリルカチオン、アリルラジカル、アリルアニオンのそれぞれについて各炭素原子上の π 電子密度を求めよ。
- (4) アリルカチオン、アリルラジカル、アリルアニオンのそれぞれについて隣接炭素原子間の π 結合次数を求めよ。

問4. 反応物 A から生成物 P ができる反応に関する以下の設問 (1)~(6) に答えよ。反応物 A が生成物 P を生成する反応機構は、下に示す反応中間体 I がかわる反応機構で進むことが分かっている。ただし、 $A \rightarrow I$ 、 $I \rightarrow P$ の反応はどちらも一次反応であり、その反応速度定数をそれぞれ k_1 、 k_2 とする。また、時間 $t=0$ では A のみが存在し、その初濃度を $[A]_0$ とする。解答に至る途中段階も記し説明もすること。



- (1) A の濃度の時間変化を積分形で示せ。
- (2) I の濃度に関する速度式を微分形で示せ。
- (3) I の濃度の時間変化を積分形で示せ。
- (4) P の濃度の時間変化を積分形で示せ。
- (5) 定常状態近似を用いて、P の濃度の時間変化を積分形で示せ。
- (6) 定常状態近似が良い近似となる条件について論ぜよ。

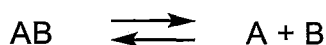
9 無機・分析化学

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(1)～(5)に答えよ。必要ならば $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$, $\log_{10}5 = 0.70$, $\log_{10}7 = 0.85$ を用いよ。また、気体は全て理想気体とし、原子量は H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0 とする。

(1) 0.10 M Cl 溶液 100 mL を 0.10 M AgNO₃ 溶液によって滴定した。AgNO₃ 溶液を 0.0, 20.0, 100.0 mL 加えた時の pCl を小数点以下第 1 位までそれぞれ求めよ。ただし、AgCl の溶解度積 K_{sp} は 1.0×10^{-10} (mol/L)² とする。

(2) 弱電解質 AB は溶液中で以下の平衡反応を起こす。この反応の平衡定数は 4.0×10^{-7} (mol/L) である。



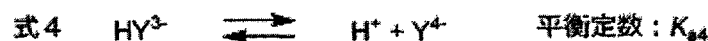
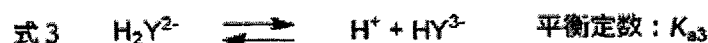
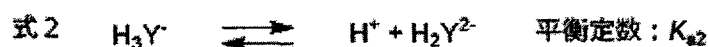
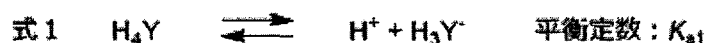
(a) AB(0.10 mol/L)の溶液中での A と B の平衡濃度を有効数字 2 桁で求めよ。

(b) 0.20 M の B が溶液に含まれるとき、AB(0.10 mol/L)の溶液中における A の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。

(3) 密度が 0.940 g/mL で、質量パーセント濃度が 36.0%のエタノール水溶液のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。

(4) 標準状態で 470.4 L のアンモニアをすべて 1.00 L の水 (水の密度は 1.00 g/cm³ とする) に溶解させたら、溶液の密度は 0.900 g/cm³ であった。アンモニア水のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。

(5) キレート試薬の代表例エチレンジアミン四酢酸(EDTA)は、4 塩基酸であり、これを H₄Y の略号で現わすと全ての H⁺ が解離した Y⁴⁻ の状態で金属イオンと安定な錯体をつくる。EDTA は弱酸であるため、溶液中の全 EDTA のうち、Y⁴⁻ として存在する割合は水素イオン濃度によって変化する。EDTA の 4 段階の酸解離反応を以下に示した。この各段階の平衡定数を K_{a1} , K_{a2} , K_{a3} , K_{a4} とした時、EDTA 全体のうちの Y⁴⁻ の分率 ($\alpha_Y = [Y^{4-}]/C_Y$) を $[H^+]$ と K_{a1} , K_{a2} , K_{a3} , K_{a4} を用いて示せ。なお、 $[Y^{4-}]$ と $[H^+]$ はそれぞれ化学種 Y⁴⁻ と H⁺ の濃度である。また、 C_Y は EDTA の全濃度である。



問 2 以下の (1) ~ (3) のすべてに答えなさい。

- (1) 窒素は空気中に多く存在し、また動植物の重要な成分である。その循環を図に描き、解説せよ。また、窒素の固定とは何か、合成窒素肥料の出現が人類や環境に与えた影響に関して解説せよ。ハーバーボッシュ法、オストワルト法に関しては、化学反応式を示すこと。
- (2) ネルンストの式を用いて、水の電気分解に必要な理論上の最小電圧が PH に関係なく 1.23V であることを示せ。
- (5) 5 種類の希ガスの元素 (He, Ne, Ar, Kr, Xe) について以下の問いに答えよ。その順番になる理由も記すこと。
- (a) 室温、1 気圧において密度の大きなものから順番に並べよ。
 - (b) 原子半径の大きなものから順番に並べよ。
 - (c) 第一イオン化エネルギーの大きなものから順番に並べよ。
 - (d) 蒸発熱の大きなものから順に並べよ。
 - (e) 沸点の高いものから順番に並べよ。

問 3 次の (1) ~ (3) について解答を解答用紙に記載せよ。

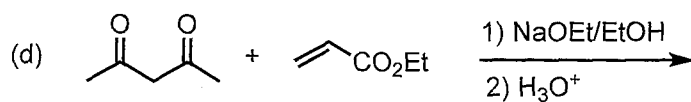
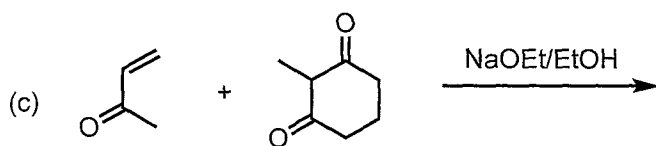
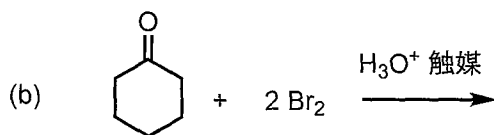
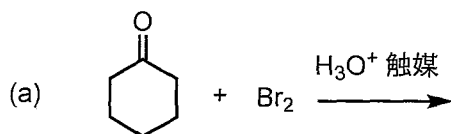
- (1) $[\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2]$ は平面四角形の配位構造をもつ。
 - (a) この異性体の名前を記せ。
 - (b) トランス効果を利用した異性体の合成スキームを示せ。
- (2) ウェルナーの配位説について詳細を説明せよ。
- (3) 6 配位八面体の配位様式を有する鉄(II)錯体について次の間に答えよ。図を用いてもよい。
 - (a) 鉄(II)は d^6 電子配置を有する。6 配位八面体の異性体の電子配置について説明せよ。
 - (b) スピントクロスオーバーを生じるために考えられる条件を挙げその理由を説明せよ。
 - (c) これらの異性体の磁性について考えられる現象を説明せよ。

10 有機化学

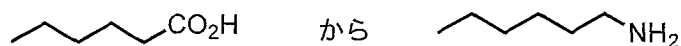
次の問 1, 問 2 に解答せよ。

問 1. 以下の設問 (1), (2) に答えなさい。

(1) 以下に示す(a)~(d)の反応の反応機構と主生成物を示しなさい。(b)についてはその生成物が得られる理由についても書きなさい。

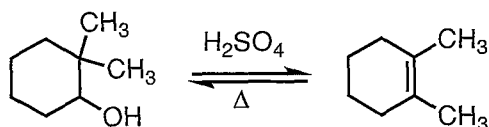


(2) 以下の化合物を与えられた出発物質から合成する方法を 2 通り示しなさい。各段階で必要となる有機試薬、無機試薬も記載すること。



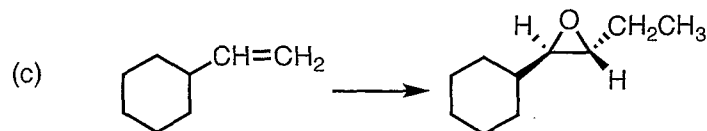
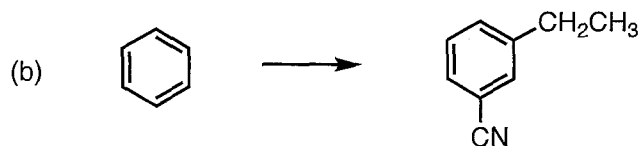
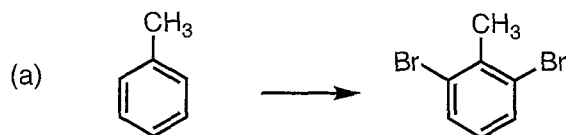
問 2. 以下の設問 (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) 次に示す反応の機構を示しなさい。



(2) *cis*-1-ブロモ-4-*tert*-ブチルシクロヘキサンと *trans*-1-ブロモ-4-*tert*-ブチルシクロヘキサンとでは、どちらの異性体が E2 反応でより速く反応するか。それぞれの配座異性体を書いて、その理由を 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。



11 電磁気学

真空の誘電率を ϵ_0 , 透磁率を μ_0 として、以下の問いに答えなさい。

(1) 真空中のマクスウェルの方程式を書きなさい。

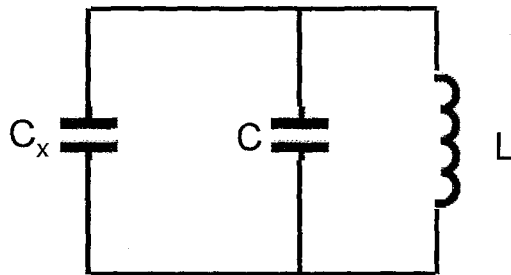
(2) 真空中のマクスウェルの方程式から電界 \vec{E} に関する波動方程式を導きなさい。

導出ではベクトル公式 $\nabla \times (\nabla \times \vec{A}) = \nabla(\nabla \cdot \vec{A}) - \nabla^2 \vec{A}$ を使いなさい。ここで $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$, $\nabla^2 = (\partial^2/\partial x^2, \partial^2/\partial y^2, \partial^2/\partial z^2)$ である。

(3) 設問 (2) で求めた波動方程式の解が $\vec{E}(z, t) = (E_0 \sin(kz - \omega t), 0, 0)$ であるとして、波数 k と角周波数 ω の関係を求めよ。ただし、 $c = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ である。

12 電気回路

図の回路において、キャパシタンス C_x の素子値が C_1 のとき共振周波数が f_1 で、キャパシタンス C_x の素子値が C_2 のとき共振周波数が f_2 である。キャパシタンス C の素子値を C_1 , C_2 , f_1 , f_2 であらわせ。



13

電波工学

電波の伝搬モードである TE モード、TM モードおよび TEM モードについて説明した上で、TEM モードが方形導波管内を伝搬できない理由について論じなさい。

14 情報・通信工学

区間 $[0, 1]$ における一様分布に対する最適量子化を導出せよ.

15 電気電子計測

ある抵抗に流れる電流と端子電圧から間接測定によって抵抗値を測る場合に、抵抗値の最確値を求める方法について説明せよ。

16 電子回路

図1の回路において各素子の条件が下に示す値であるとき、 v_i の周波数(0.1Hz~1GHz)に対する出力 v_o の利得(dB)の変化[利得の周波数依存性]を図2に書き込みなさい。[作図の基礎となる値の算出過程の式および説明も書き入れること。定規の使用は不可です]

条件 増幅器：入力抵抗 = 無限大、出力抵抗 = 0Ω、十分低い周波数に対する利得 $(v_o/v_i) = 60$ dB、GB積 = 1 GHz

v_i (正弦波) = 1 mVrms、 $R = 5.0$ kΩ、 $C = 33$ μF、 $3.3\pi = 10$

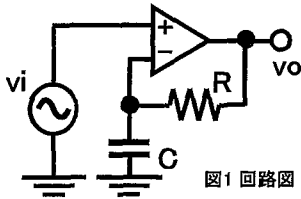


図1 回路図

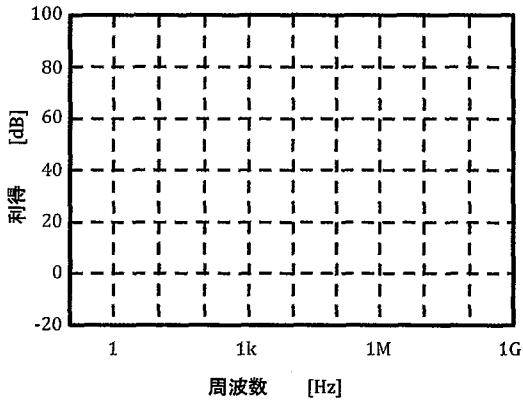


図2 利得の周波数依存性

17 制御工学

図1のような制御系において、以下の問いに答えよ。

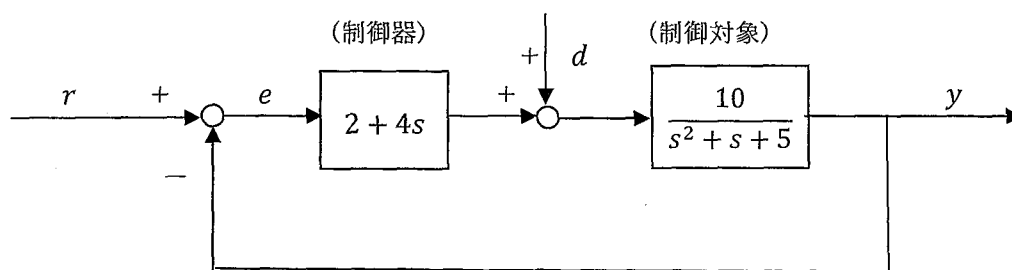


図1 制御系

- (1) 以下の文章の ～ に当てはまる言葉、記号、数値などを答えよ。ただし、 と 以外は下記の選択肢群から選んで答えよ。

「制御対象は 系と言われる形をしており、ゲインは であり、減衰係数は である。また、制御器は 要素と 要素を合わせた 器と呼ばれている。」

選択肢群

[微分 近似微分 積分 近似積分 比例 一次遅れ 二次遅れ 三次遅れ むだ時間
P制御 I制御 D制御 PI制御 PD制御 ID制御 PID制御]

- (2) 外乱 $d = 0$ の時を考える。この時、 r から y までの伝達関数 $G_1(s)$ を求めよ。また、 r に大きさ1のステップ関数を加えて、十分な時間が経過した時の y の値を求めよ。
- (3) d から e までの伝達関数 $G_2(s)$ を求めよ。さらに、 $r = 0$ かつ d に大きさ1のステップ関数が加わった際のシステムの定常偏差 e を求めよ。

18 パワーエレクトロニクス

図1に示す単相インバータをスイッチ $S_1 \sim S_4$ を図2のように切り替えて動作させた。以下の問いに答えよ。

- 問1. 図2中の時間 $D\omega t$ はデッドタイムを表している。デッドタイムを設定する理由を答えよ。
- 問2. 負荷 Z に図3に示す正弦波電流 i_o が流れる時、横軸を ωt として出力電圧 v_o の波形を示せ。また v_o の基本波の瞬時値を示せ。
- 問3. 負荷 Z に図4に示す正弦波電流 i_o が流れる時、横軸を ωt として出力電圧 v_o の波形を示せ。また v_o の基本波の瞬時値を示せ。

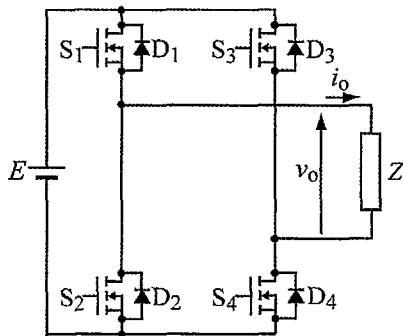


図1

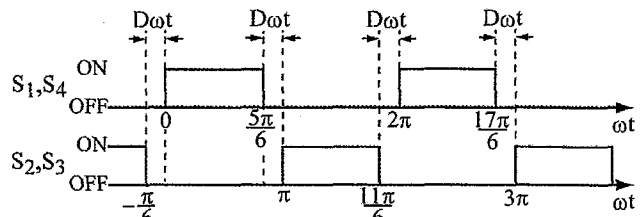


図2

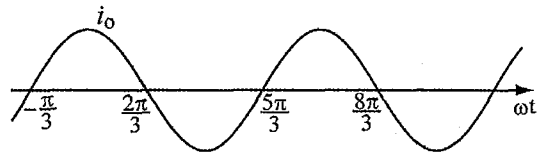


図3

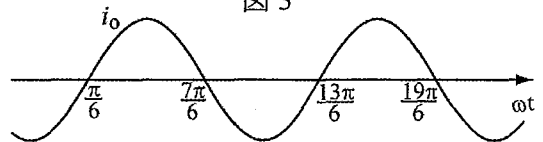


図4