

筆答専門試験科目 材料系・第Iブロック

2024 大修

時間 9:30~10:30 (60分)

「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。

注 意 事 項

1. 6 題の問題の中から 2 題を選んで解答せよ。3 題以上の問題を解答してはならない。
2. 解答は 1 題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。答案用紙は最初の 2 行を空け、3 行目から記入すること。解答が答案用紙の裏面におよぶ場合は、裏面の上部より 4 分の 1 は使用してはならない。
3. 答案用紙には、1 枚ごとに必ず試験科目名欄に問題番号および分野名を、受験番号欄に受験番号を記入せよ。
4. 答案用紙に、氏名を記入してはならない。
5. 空欄を埋める形式の問題を解答する場合には、答案用紙に空欄の記号または番号を記載し、その記号または番号に対応した解答を記述せよ。
6. 定規、コンパス、電卓などを使用してはならない。
7. 答案用紙は、未記入のものを含め全て提出すること。なお、この問題冊子は持ち帰ってよい。
8. この問題冊子の出題分野は以下の通りである。

番号	分野	番号	分野	番号	分野
I-1	数学	I-2	基礎物理学	I-3	物理化学
I-4	有機化学 1	I-5	金属物理学	I-6	無機化学

[I-1] 数学

下の問(1)~(3)に答えよ. 解答には導出過程も示せ.

(1) n を正の整数とするとき, 1 の n 乗根のうち実数と虚数はそれぞれいくつあるか答えよ.

(2) 3次元空間の座標 (x, y, z) と原点との距離を r とするとき, 関数 $f(x, y, z) = \frac{1}{r} e^{-\lambda r}$ の3次元フーリエ変換

$$F(k_x, k_y, k_z) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\lambda r}}{r} e^{-i(k_x x + k_y y + k_z z)} dx dy dz$$

を求めよ. ただし, k_x, k_y, k_z は実数, λ は正の実数, i は虚数単位とする.

(3) 3次元空間の点 $(1, 0, -1)$ は移動させず, 点 $(1, -1, 1)$ は原点へ, 点 $(1, 4, 11)$ は点 $(5, 20, 55)$ へと移動させる, 3次の変換行列 \mathbf{A} を求めよ.

[I-2] 基礎物理学

次の文章を読み、下の問(1), (2)に答えよ. 解答には導出過程も示せ.

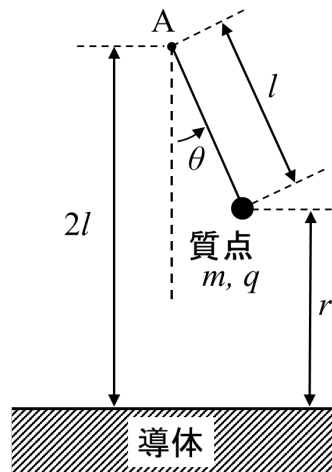
図のように, 真空中にある無限に広い導体平面の上部に, 質量 m で正の電荷 q をもつ質点が, 鏡像力で導体方向に力をうけ, 固定された点 A から糸で吊られている. 真空の誘電率を ϵ_0 とする. 重力および糸の質量や摩擦は無視でき, 糸のたるみはないものとする.

(1) 図のように, 質点と導体表面の距離を r とする.

- ① 質点に働く静電気力 F の大きさを, ϵ_0, q, r を用いて表せ. ここでは, 導体の代わりに, 導体表面に対して対称な位置に置かれた鏡像電荷 $-q$ を考えてよい.
- ② 質点の静電エネルギー U を, ϵ_0, q, r を用いて表せ. ただし, U は①の静電気力 F を距離 r について積分して計算すること. 静電エネルギーは, 電荷が導体表面から無限遠方に位置する状態を基準とする.
- ③ 質点の鉛直真下の導体表面位置の電場 E を計算し, その位置における導体表面の電荷密度 σ を, q, r を用いて表せ.

(2) この質点の, 図の面内における振り子運動を考える. A と導体表面の距離を $2l$, 糸の長さを l , A の鉛直真下からの質点の振れ角を θ とし, θ の時間 t に関する微分を $\dot{\theta}$ と表記する. 時刻 $t = 0$ において $\theta = \theta_0, \dot{\theta} = 0$ である. ここでは, 質点の運動に比べて導体表面に誘導される電荷の移動は十分に速いものとする. また, 電磁波の放射は無視できるものとする.

- ① 質点の運動エネルギー T を, $l, m, \dot{\theta}$ を用いて表せ.
- ② この運動のラグランジアン L を, $\epsilon_0, l, m, q, \theta, \dot{\theta}$ を用いて表せ.
- ③ ラグランジアン L を用いて運動方程式を解き, $\epsilon_0, l, m, q, t, \theta_0$ を用いて θ を表せ. ただし, θ は十分小さく $\sin \theta / (2 - \cos \theta)^2 \simeq \theta$ の近似が成り立つものとする.



図

[I-3] 物理化学

次の文章を読み、下の問(1)~(5)に答えよ。

プロトン化水素分子 H_3^+ は、水素原子核 3 個と電子 2 個で構成され、+1 価の電荷を有する。ここで、 H_3^+ の分子構造については、直線形と正三角形の 2 種類のみを考える。ただし、ヒュッケル近似法を用いることとし、クーロン積分を $\alpha (< 0)$ 、共鳴積分を $\beta (< 0)$ 、分子軌道のエネルギーを E とする。

(1) 直線形の永年方程式は次のように表される。

$$\begin{vmatrix} \alpha-E & \beta & 0 \\ \beta & \alpha-E & \beta \\ 0 & \beta & \alpha-E \end{vmatrix} = 0$$

この方程式を解いて、各軌道のエネルギーを求めよ。

- (2) 直線形の分子の全電子エネルギーを求めよ。
- (3) 正三角形の永年方程式を示せ。
- (4) 前問(3)で示した方程式を解いて、各軌道のエネルギーを求めよ。
- (5) 安定な構造はどちらか、理由と共に述べよ。

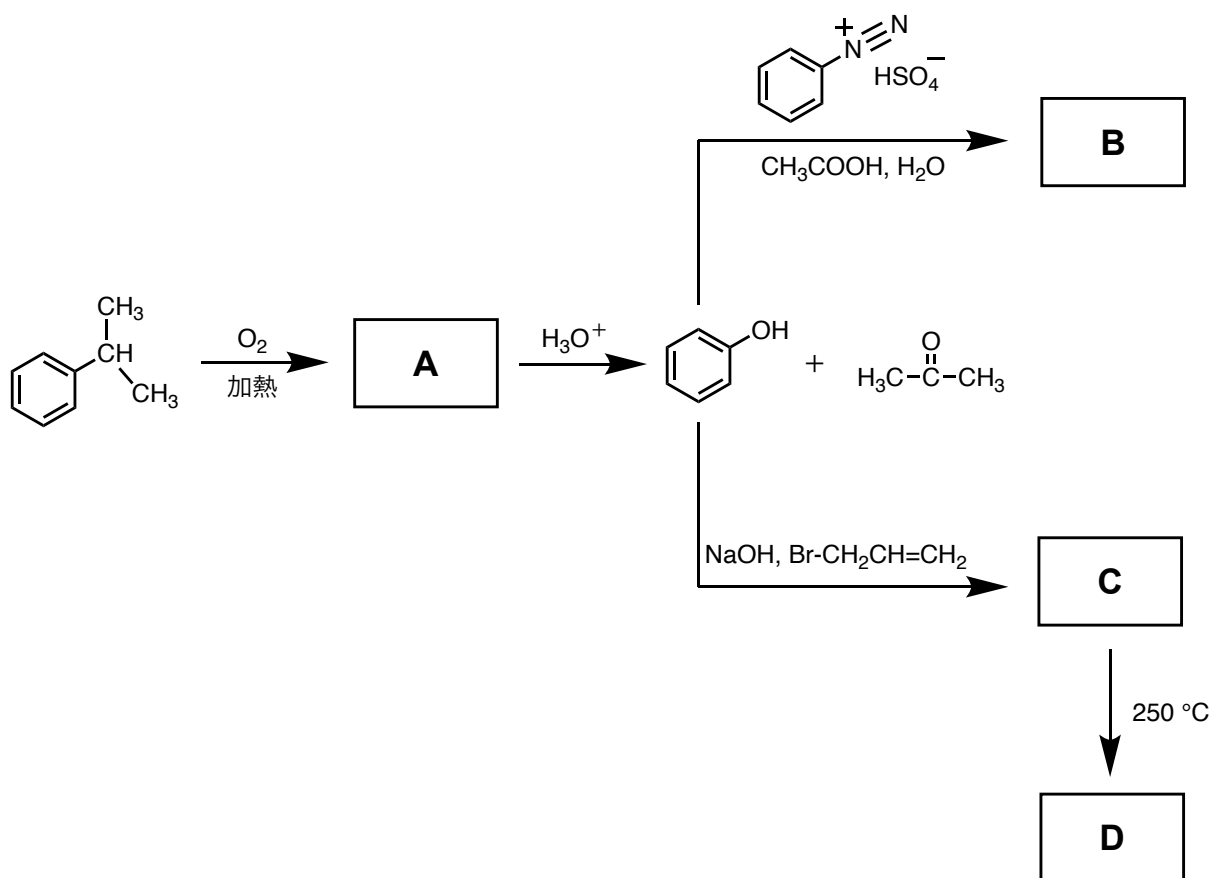
[I-4] 有機化学1

下の問(1)~(3)に答えよ.

(1) シクロヘキサン誘導体に関して, 以下の問①~④に答えよ.

- ① *cis*-1,2-ジメチルシクロヘキサンの最も安定な立体配座を示せ.
- ② *cis*-1,2-ジメチルシクロヘキサンの全体のひずみエネルギーを求めよ. ただし, $\text{CH}_3 \leftrightarrow \text{CH}_3$ のゴースト形相互作用のひずみエネルギーを $3.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{CH}_3 \leftrightarrow \text{H}$ の 1,3-ジアキシャル相互作用のひずみエネルギーを $3.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ とする.
- ③ デカリン($\text{C}_{10}\text{H}_{18}$)は, 2つの炭素原子と1つの結合を共有して互いに縮合している2つのシクロヘキサン環からなる. *cis*-デカリンと*trans*-デカリンの立体構造を示せ.
- ④ 1,3-ジアキシャル相互作用のひずみエネルギーは②の値と同じと考え, *cis*-デカリンと*trans*-デカリンのひずみエネルギーの差を求めよ.

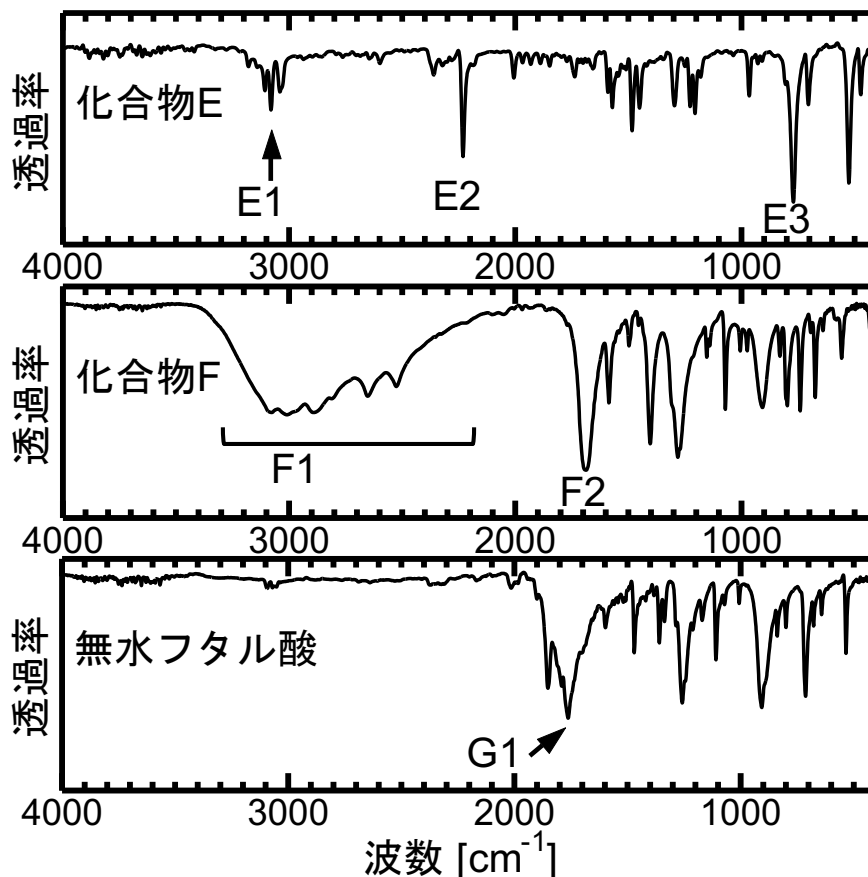
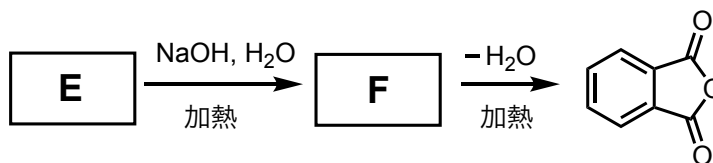
(2) 以下のフェノールが関係する反応において, 得られる主生成物 **A**~**D** の化学構造式を記せ.



(問題は次のページに続く)

[I-4] 有機化学 1

(3) 以下の式に示す 2 段階の反応を行った. 化合物 **E**, 化合物 **F**, および無水フタル酸の粉末の赤外吸収スペクトルは, 下図となった. 以下の問①, ②に答えよ.



- ① 次の記述 (a)~(e) のうち, 正しいものには○, 正しくないものには×を記せ.
- (a) 赤外線代わりにガンマ線を用いれば, 上図のスペクトルをより短時間で取得できる.
 - (b) 吸収ピーク E2 は三重結合の伸縮振動, 吸収ピーク F2 は二重結合の伸縮振動に基づいている.
 - (c) 吸収ピーク E1 は C-H 単結合の変角振動, 吸収ピーク E3 は C-H 単結合の伸縮振動に基づいている.
 - (d) 吸収ピーク G1 は, 水素結合の影響を受けるので吸収ピーク F2 より高波数で観測される.
 - (e) 化合物 **F** の蒸気の赤外吸収スペクトルを測定すると, 吸収ピーク F1 の幅が上図のスペクトルの場合に比べて狭くなる.

② 化合物 **E**, および化合物 **F** の化学構造式を記せ.

[I-5] 金属物理学

次の文章を読み、下の問(1)~(3)に答えよ。

図1右は結晶粒PとQからなる純銅の双晶の模式図である。双晶の方位を示す x - y - z 直交座標の x 軸は、結晶粒PとQのあいだの整合双晶境界の面法線と平行になっている。結晶粒Pの方位は図1左のステレオ投影図によって示されており、直交座標の y 軸は結晶粒Pの低指数の方向と平行になっている。

(1) 図1左のステレオ投影図には、結晶粒Pについてのいくつかの結晶方位が記されている。これらの表記と矛盾しないように、以下の方向を結晶粒Pの結晶方位によって記せ。

- ① x 軸の正の方向, ② y 軸の正の方向, ③ z 軸の正の方向

(2) 結晶粒Qの方位について考える。

- ① 結晶粒Qの方位を与えるステレオ投影図を図2の(a)から(c)のうちから選べ。
 ② 結晶粒Pをある回転軸回りにおける角度だけ回転させると、結晶粒Qの方位と一致させることができる。回転軸を x 軸、 y 軸、 z 軸のいずれかとしたときの回転角の値(単位は $^\circ$)を、軸/角度の組として一組、 \bigcirc 軸/ Δ° のように記せ。

(3) 図1右に示すように切り出した単結晶試験片Sと双晶試験片Bをよく焼鈍し、室温においてひずみ速度が 10^{-4} s^{-1} 程度で、伸びひずみが2%程度までの引張試験を行った。試験片Sの引張方向は図1左のステレオ投影図でTの位置、 x 軸と 45° をなす方向であり、試験片Bの引張方向もこの方向と平行である。また、純銅のすべり系は $\{111\}\langle 110 \rangle$ である。

- ① 試験片Sについて、主すべり系のシュミット因子の値を記せ。
 ② 試験片Sと試験片Bの応力-ひずみ曲線はよく似ており、試験片Bに含まれる双晶境界が塑性変形に及ぼす影響は認められなかった。この理由を数行程度で記せ。

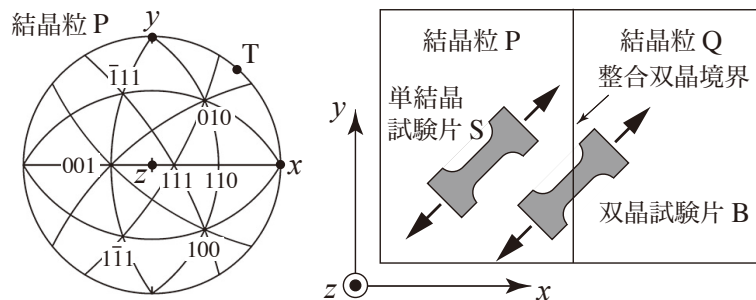


図1

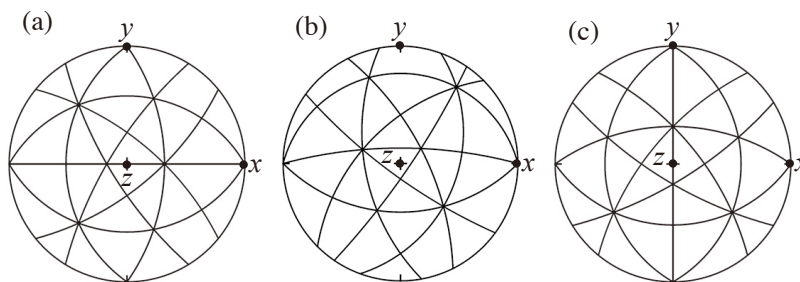


図2

[I-6] 無機化学

下の問(1)~(3)に答えよ。

(1) 錯イオンと錯体に関する次の問①~③に答えよ。

- ① $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ のコバルトの価数を答えよ。
- ② $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]^+$ の幾何異性体について考える。 *cis* 形と *trans* 形において、Cl が配位するのは図 1 の (ア) ~ (エ) のどれか、すべて示せ。
- ③ $[\text{CoCl}_3(\text{NH}_3)_3]$ の幾何異性体について考える。 *fac* 形と *mer* 形において、Cl が配位するのは図 2 の (オ) ~ (コ) のどれか、すべて示せ。

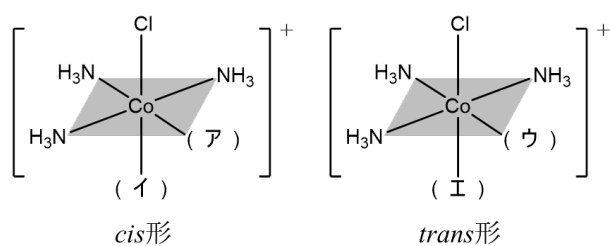


図 1

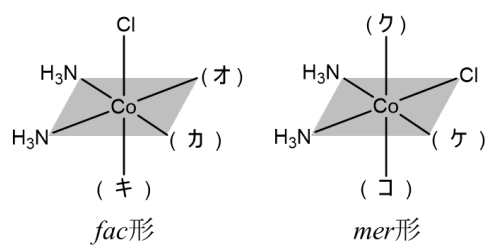
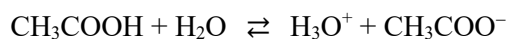


図 2

(2) 酢酸 (CH_3COOH) は弱酸であり、次のように解離する。



このとき、溶液の活量を濃度で近似できるとし、次の問①~③に答えよ。

- ① 酢酸の酸解離定数 K_a を、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$, $[\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ を用いて示せ。
- ② 酢酸水溶液の pH を、 $[\text{CH}_3\text{COOH}]$, $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$, 酢酸の $\text{p}K_a$ を用いて示せ。
- ③ 0.10 M の酢酸水溶液と 0.20 M の酢酸ナトリウム水溶液を等量で混合した水溶液の pH を導出過程と共に示せ。ただし、酢酸ナトリウムは完全に解離し、酢酸の酸解離定数 K_a を 1.8×10^{-5} , $\log 3 = 0.48$ とする。

(3) 次の文章中の①~④にあてはまる最も適切な用語を答えよ。

ダイヤモンドでは、炭素原子が 混成軌道の重なりによる 結合でつながっている。一方、グラファイトでは、炭素原子が 混成軌道を形成し、原子平面がつくられる。その原子平面間は互いに引き合い、層状構造を形成する。グラファイトをへき開して単層にした物質を という。

筆答専門試験科目 材料系・第IIブロック

2024 大修

時間 11:00~12:00 (60分)

「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。

注 意 事 項

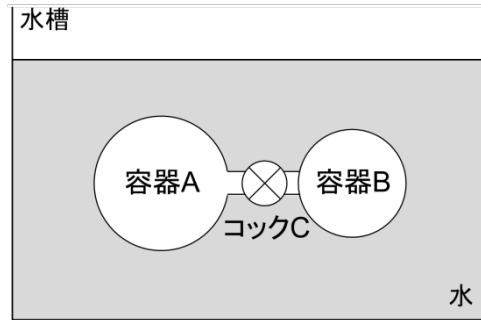
1. 6 題の問題の中から 2 題を選んで解答せよ。3 題以上の問題を解答してはならない。
2. 解答は 1 題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。答案用紙は最初の 2 行を空け、3 行目から記入すること。解答が答案用紙の裏面におよぶ場合は、裏面の上部より 4 分の 1 は使用してはならない。
3. 答案用紙には、1 枚ごとに必ず試験科目名欄に問題番号および分野名を、受験番号欄に受験番号を記入せよ。
4. 答案用紙に、氏名を記入してはならない。
5. 空欄を埋める形式の問題を解答する場合には、答案用紙に空欄の記号または番号を記載し、その記号または番号に対応した解答を記述せよ。
6. 定規、コンパス、電卓などを使用してはならない。
7. 答案用紙は、未記入のものを含め全て提出すること。なお、この問題冊子は持ち帰ってよい。
8. この問題冊子の出題分野は以下の通りである。

番号	分野	番号	分野	番号	分野
II-1	熱力学	II-2	量子力学	II-3	有機化学 2
II-4	金属組織学	II-5	無機固体物性学	II-6	高分子科学

[II-1] 熱力学

次の文章を読み、下の問 (1) ~ (6) に答えよ。なお、気体定数を R 、アボガドロ数を N_A とする。

体積がそれぞれ V_A および V_B となる変形しない容器 A および容器 B が、右図に示すようにコック C でつながれている。容器 A と容器 B は、それぞれ独立に、容器内を真空にしたり、容器内に気体を封入したりすることができる。この装置を用いて、次に示す実験を行った。



図

実験 容器 A と容器 B をつなぐコック C を閉じた状態で、容器 A に単原子分子からなる 1 mol の理想気体を封入し、容器 B を真空とした。ここで、この「1 mol の理想気体」を「系」、系の外の部分を「外界」、「系」と「外界」を合わせて「宇宙」と呼ぶことにする。この容器を温度 T ($T > 0$) に保ってある水の入った非常に大きな水槽に沈めて保持したところ、容器内の気体が平衡状態に達した(状態 1)。この状態からコック C を開けたところ、容器 A の気体が容器 B に流入し、容器 A と容器 B に気体が一樣に存在して平衡状態に達した(状態 2)。なお、状態 1 から状態 2 への変化の過程において、水槽の水の温度は変化しなかった。

- (1) 理想気体の場合、この実験による気体の状態変化によって系の内部エネルギーが変化しない。その理由を 2 行程度で説明せよ。
- (2) この過程における外界のエントロピー変化 ΔS_{sur} を求めよ。なお、導出過程も記すこと。
- (3) この過程における系のエントロピー変化 ΔS_{sys} を求めよ。なお、導出過程も記すこと。
- (4) この過程における宇宙のエントロピー変化 ΔS_{univ} を求め、この過程が不可逆であることを示せ。
- (5) 系のエントロピー変化は、ある巨視的状态を与える微視的状态の数 W を用いて計算することもできる。状態 1 および状態 2 における体積を仮想的な小体積 v ($V_A, V_B \gg v$) で分割した時、すべての気体分子が仮想的な小体積に配置される際の場合の数 W_1 および W_2 を、それぞれ求めよ。なお、分子の速度分布は温度のみで決まり体積には依存しないものとする。
- (6) 系の統計的エントロピー S は、次式で与えられる。

$$S = k \ln W \quad \text{式 (1)}$$

k はボルツマン定数、 W はある状態を与える微視的状态の数である。式 (1) および問 (5) の結果を用いて、この過程における系のエントロピー変化を求め、その結果が問 (3) と同じになることを示せ。

[II-2] 量子力学

次の文章を読み、下の問(1), (2)に答えよ. 解答には導出過程も示せ.

以下では, 虚数単位を i , プランク定数を 2π で割ったものを \hbar とする.

(1) 一次元座標 x の実数ポテンシャル $V(x)$ のなかで一次元運動する1粒子(質量 m)について考える. ここで, 位置演算子 $\hat{x} = x$, 運動量演算子 $\hat{p} = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$ とし, 時刻 t , 位置 x での波動関数を $\varphi(x, t)$ とする.

- ① 位置演算子と運動量演算子の交換関係を求めよ.
- ② 時刻 t , 位置 x での, 確率密度を $\rho(x, t) = |\varphi(x, t)|^2$, 確率の流れを

$$j(x, t) = \frac{\hbar}{2mi} \left(\varphi^*(x, t) \frac{\partial \varphi(x, t)}{\partial x} - \frac{\partial \varphi^*(x, t)}{\partial x} \varphi(x, t) \right)$$

とする. ここで, $\varphi^*(x, t)$ は $\varphi(x, t)$ の複素共役である.

このとき, 時間に依存するシュレーディンガー方程式を用いて

$$\frac{\partial \rho(x, t)}{\partial t} + \frac{\partial j(x, t)}{\partial x} = 0$$

となることを導け.

(2) 次の2行2列の行列で表される演算子 \hat{S}_y と \hat{S}_z を考える.

$$\hat{S}_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \quad \hat{S}_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

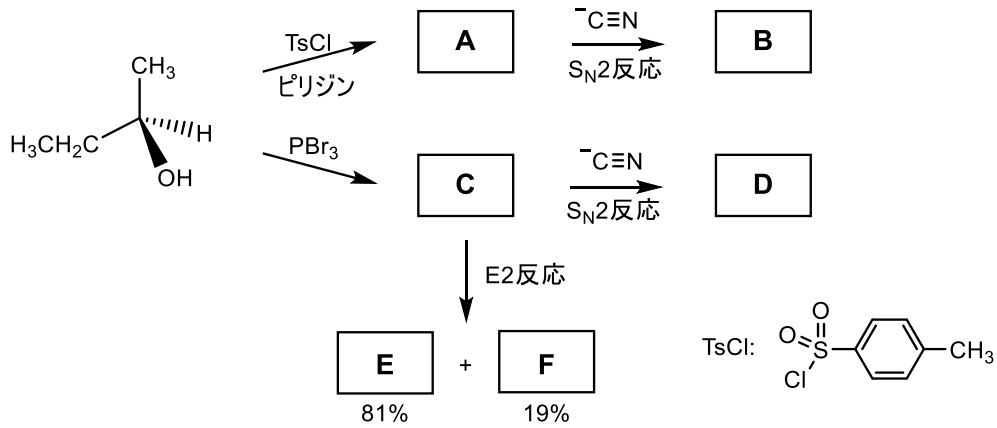
ここで, \hat{S}_y の規格化された固有ベクトルを $|y_0\rangle$ と $|y_1\rangle$ とし, \hat{S}_z の規格化された固有ベクトルを $|z_0\rangle$ と $|z_1\rangle$ とする. ただし, $|y_1\rangle$ の固有値は $|y_0\rangle$ の固有値よりも大きく, $|z_1\rangle$ の固有値は $|z_0\rangle$ の固有値よりも大きいものとする.

- ① 演算子 \hat{S}_y と \hat{S}_z の交換関係を求めよ.
- ② $|y_0\rangle$ および $|y_1\rangle$ を, $|z_0\rangle$ と $|z_1\rangle$ を用いて表せ.

[II-3] 有機化学2

下の問(1), (2)に答えよ.

(1) 以下の反応に関して, 問①~④に答えよ. 必要な場合は立体化学も明示せよ.

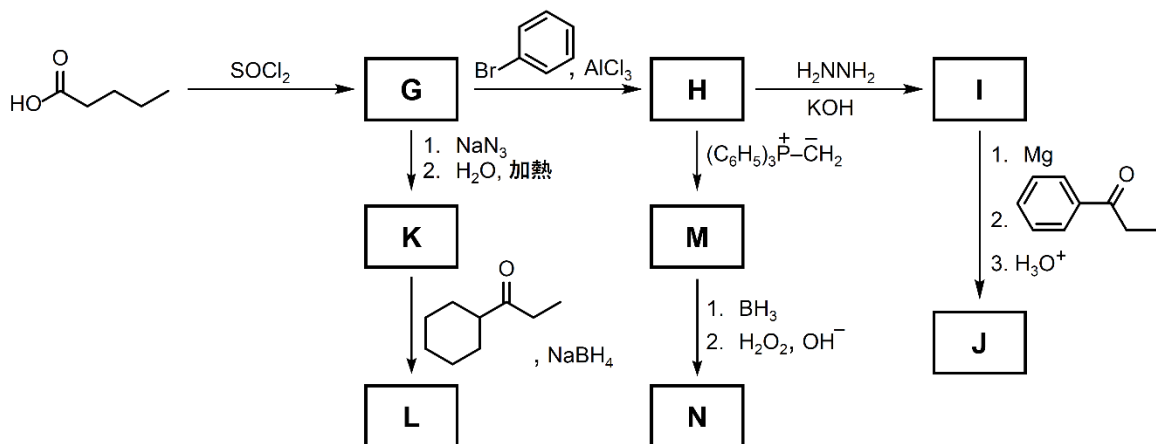


- ① 出発物のアルコールの IUPAC 名を *R*, *S* 表示を含めて記せ.
- ② 生成物 **A**~**F** の化学構造式を記せ. ただし, 化合物 **E** と化合物 **F** は立体異性体ではない.
- ③ 化合物 **B** と化合物 **D** はどのような異性体の関係にあるか, 次の中から選べ.

構造異性体, 鏡像異性体, ジアステレオマー, エピマー
- ④ 化合物 **E** が化合物 **F** より多く生成する理由を 3 行以内で答えよ.

(2) 以下の問①, ②に答えよ.

① 以下の各反応で得られる主生成物 **G**~**N** の化学構造式を記せ.



② *p*-ニトロアニリンは *m*-ニトロアニリンよりも塩基性が低い. 共鳴構造式を書き, その理由を 2 行以内で答えよ.

[II-4] 金属組織学

下の問(1), (2)に答えよ.

(1) 異なる元素AおよびBで構成されるA-B二元系合金の状態図を図1に示す. ここで, T は温度, x は成分Bのモル分率を示す.

① $x = x_0$ の合金を T_0 から十分にゆっくりと冷却した. 状態図中の記号を用いて下記の問に答えよ.

- (a) T_E 直上の温度において, 合金組織を構成する液相Lと固溶体相 α のモル比 $M_L : M_\alpha$ を求めよ.
- (b) T_E 直下の温度において, 合金組織を構成する固溶体相 α および β のモル比 $M_\alpha : M_\beta$ を求めよ.
- (c) T_E 直下の温度において現れる固溶体相 α および β のうち, 共晶反応 $L \rightarrow \alpha + \beta$ によって生成される α および β のモル比 $M_\alpha^E : M_\beta^E$ を求めよ.

② 元素Aは $T = T_E$ において格子定数 a_0 の立方晶金属であり, α 相中におけるBの原子半径はAよりも大きいとする. 濃度が x_0 以下の種々の合金を, T_E 直下の温度で十分に長い時間保持した後, その温度において固溶体相 α の格子定数 a を測定した. ベガードの法則が成り立つとして下記の問に答えよ.

ベガードの法則

二種類の異なる元素で構成される固溶体金属相の格子定数は, 溶質元素のモル分率に対し線型的に変化する.

- (a) 格子定数 a の濃度 x 依存性として, 最も適切なものを図2中の p~u のうちからひとつ選べ.
- (b) a の x 依存性が, 選んだようになる理由を100字程度で説明せよ.

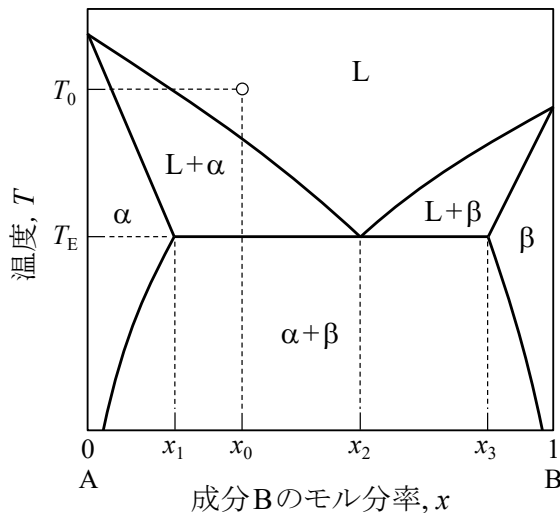


図1

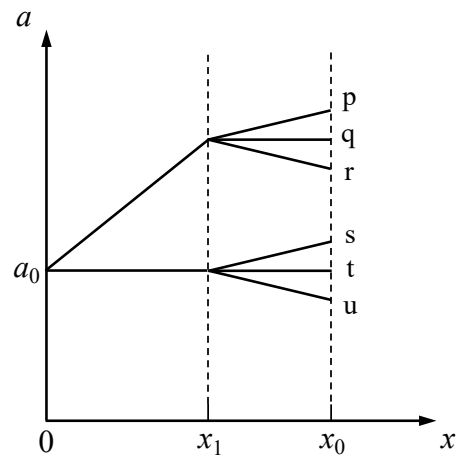


図2

(問題は次のページに続く)

[II-4] 金属組織学

(2) 以下の文章は鉄鋼材料に関する説明文である。文章が正しくなるように、(ア)～(コ)に最も適切な語句および数字を下の語群から選べ。なお、いずれの語句および数字も、選択できるのは1回のみとする。

- ① 1気圧の条件下において、炭素濃度が0.77質量%の炭素鋼の900°Cにおける安定相は (ア) 相である。900°Cで安定な単相組織とした後に徐冷すると、(イ) °Cにおいて (ウ) 反応を起こし、(エ) 相と (オ) 相からなるラメラ状の (カ) 組織となる。
- ② 炭素鋼において、マルテンサイト変態の開始温度は、炭素量の増加に伴い (キ) する。また、マルテンサイトの形態も炭素量によって変化し、0.6質量%程度以上では炭素濃度が高まるほどラス状からレンズ状に遷移する。ラスマルテンサイト組織では、細かいマルテンサイトラスが集まって (ク) を、また、それらが集まって (ケ) を形成する。一方、レンズマルテンサイト組織では、その中央部に (コ) と呼ばれる芯が存在する。

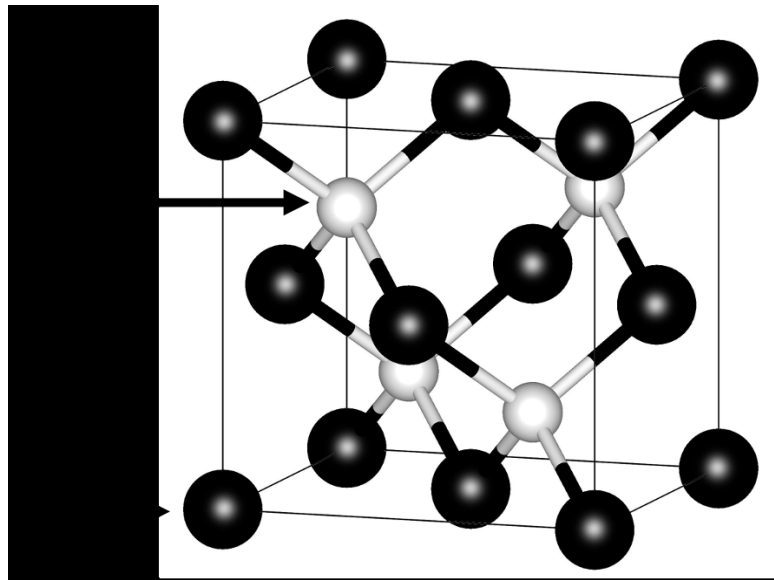
【語群】

サブゼロ	ステンレス	グラファイト	780	共析	上昇
ドメイン	パーライト	セメントライト	727	包析	低下
パケット	バリエーション	ブルーイング	675	共晶	
ブロック	フェライト	リューダース	649	包晶	
ミドリブ	ベイナイト	オーステナイト	611	偏晶	

[II-5] 無機固体物性学

次の文章を読み、下の問(1)~(5)に答えよ。

下図に示すセン亜鉛鉱型構造は ① 系に属し、陽イオン A は、陰イオン X で構成される ② 格子中の ③ 間隙位置の半分を占有している。各イオンの配位数は ④ で、A と X の位置を同じ元素にすると、ダイヤモンド型構造になる。また、A と X の位置を Si (シリコン)、A と X の間に O (酸素) を置くと、SiO₄ 四面体が ⑤ 共有し 3 次的に連結した ⑥ 型構造となる。一方、⑦ であるシリカガラスでは、SiO₄ 四面体が不規則な 3 次元網目構造を形成する。ダイヤモンド型構造の Si、結晶化した SiO₂ とシリカガラスの熱伝導率を比べると、Si、結晶化した SiO₂、シリカガラスの順で熱伝導率は ⑧ する。これは ⑨ の平均自由行程が異なるためである。



図

(1) 上記の文章中の①~⑨に当てはまる最も適切な語句あるいは数字を、次の語群から選択せよ。

【語群】 立方晶, 直方晶, 正方晶, 六方晶, 単純立方, 体心立方, 面心立方, 四面体, 八面体, 十二面体, 2, 3, 4, 6, 8, 頂点, 稜, 面, α-石英, β-クリストバライト, 結晶, 非晶質, 増加, 減少, 電子, フォノン, フォトン, プラズモン

(2) セン亜鉛鉱型構造の単位格子に含まれる A と X の個数をそれぞれ答えよ。

(3) セン亜鉛鉱型構造の格子定数を a とする。A と X のイオン間距離 L を、 a を用いて表せ。ただし、導出過程の図や数式を示して解答せよ。

(問題は次のページに続く)

[II-5] 無機固体物性学

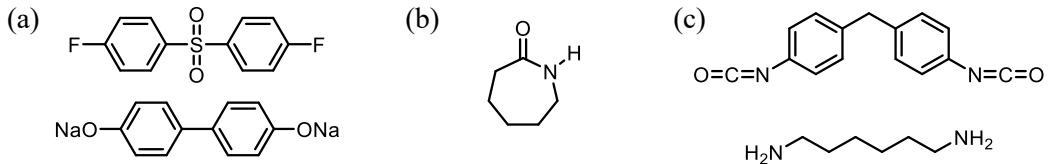
- (4) セン亜鉛鉱型構造の単位格子内におけるイオンの充填率を求めよ。ここで、AとXのイオン半径比 R_A/R_X は $1/3$ とし、結晶中のイオンは剛体球で最近接イオンと互いに接しているとする。ただし、 $\sqrt{3} = 1.7$ とし、計算過程を示して解答せよ。
- (5) セン亜鉛鉱型構造のマードルング定数 $M = 1.6$ を用いて、1 mol の結晶 AX 中のイオン間に働く静電ポテンシャルエネルギーを求めよ。ただし、AとXの電荷 Z_A と Z_X をそれぞれ $+2$ と -2 、格子定数を 0.54 nm 、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、電気素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、真空の誘電率を $8.9 \times 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$ ($= \text{C}\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$) とし、計算過程を示して解答せよ。

[II-6] 高分子科学

下の問(1)~(3)に答えよ。

(1) 高分子合成に関して、以下の問①, ②に答えよ。

① 以下の(a)~(c)はモノマー, またはモノマーの組み合わせである。それぞれを重合させて得られる高分子の化学構造式を記せ。

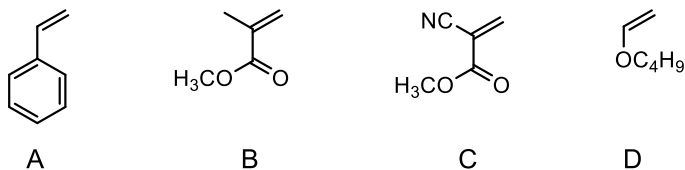


② 上記(a)~(c)それぞれの重合反応の様式を, 以下に示したI~II, およびア~エからそれぞれ一つずつ選び, 「I-ウ」のように記せ。

重合反応の様式:

I 連鎖重合, II 逐次重合
ア 付加重合, イ 開環重合, ウ 重縮合, エ 重付加

(2) モノマーA~Dに関して、以下の問①~④に答えよ。



- ① A~Dをアニオン重合が進行しやすい順番に並べよ。
- ② AとBを用いたアニオン重合によって、ジブロック共重合体を得たい。どのような開始剤を用いて、どのような手順で重合すればよいか、3行以内で説明せよ。
- ③ A~Dのうち、大気中の水分子を開始剤としてアニオン重合し、接着剤として使用できるものをすべて答えよ。
- ④ A~Dのうち、カチオン重合できるものをすべて答えよ。

(3) 高分子の構造と物性に関する以下の5つの項目から2つを選び、それぞれ3行以内で説明せよ。必要であれば図や式を用いてよい。ただし、行数には含めない。

- ① 結晶性高分子における結晶化速度の結晶化温度依存性
- ② 結晶性高分子における結晶ラメラ厚と長周期の結晶化温度依存性
- ③ 結晶性高分子の融点を高くするための分子設計
- ④ 高分子の力学的性質(弾性率, 強度)を高めるための高次構造制御
- ⑤ エネルギー弾性とエントロピー弾性の違い