

2026 年度 群馬大学大学院理工学府
博士前期課程（修士課程）
夏期入試＜一般入試・留学生入試＞
材料科学プログラム
問題冊子

材料科学 I , II , III

注意事項

1. 材料科学 I , II , III について 全問解答すること。
2. 解答は、それぞれの問題番号が記載された解答用紙に記入すること。
裏面は使用しないこと。
3. すべての解答用紙に受験番号および氏名を記入すること。
4. 問題用紙，解答用紙を持ち帰ってはならない。

材料科学 I

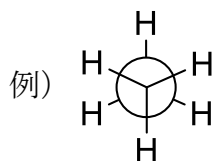
1. 有機化学

1) アルカン分子の立体配座についての次の文章を読んで、以下の問に答えよ。

ブタンの中央部の C2-C3 結合まわりの回転による立体配座には、二つのメチル基の関係によってねじれ形と重なり形がある。Newman 投影式で見たときに二つのメチル基が最も遠く離れたねじれ形は 形とよばれる。また、Newman 投影式で見たときに二つのメチル基が 60° の角度で位置するねじれ形は 形とよばれる。重なり形においては、ねじれ の他に立体 が加わる。

a) 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

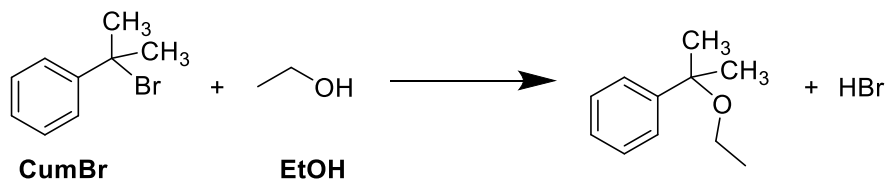
b) 下線部に関して、最も安定な配座と最も不安定な配座を Newman 投影式で記せ。なお、Newman 投影式は次の例にならって記せ。



2) 4-メトキシベンジルカチオンの共鳴寄与式は 5 個ある。その共鳴寄与式を全て記せ。また、共鳴混成体への寄与が最も大きい共鳴寄与式を選び、その共鳴寄与式を選んだ理由とともに記述せよ。

3) 求核置換反応について次の問に答えよ。

a) 次の臭化クミル (CumBr) とエタノールの単分子求核置換反応に関して、反応速度式を記せ。なお、求核置換反応以外の副反応は起こらないと仮定し、反応速度定数を k 、反応基質それぞれの濃度を $[\text{CumBr}]$ と $[\text{EtOH}]$ とする。



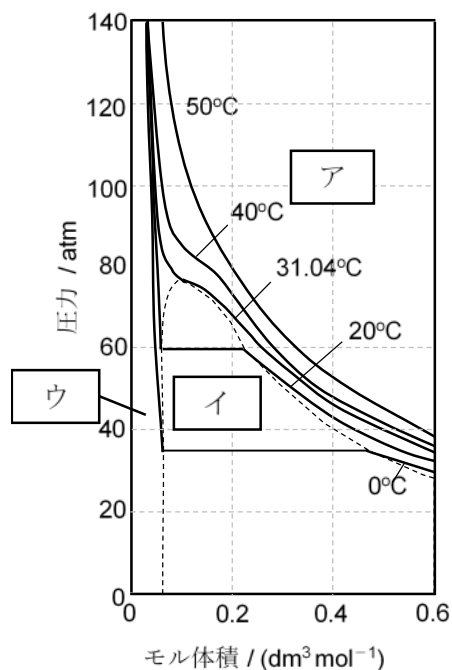
b) 上記の反応において、 $[\text{EtOH}]$ を 10 倍とした場合の反応速度はどのようになるか記せ。

材料科学 I
2. 物理化学

次の各問に答えよ。

1) 実在気体とファンデルワールスの状態方程式について、次の問に答えよ。

a) 右図は二酸化炭素の等温線の実験データである。3つの空欄 **ア** , **イ** , **ウ** のそれぞれの領域にあてはまる二酸化炭素の状態 (気体, 液体, 固体など) を記せ。



b) ファンデルワールスの状態方程式

$$p = \frac{RT}{V_m - b} - a \left(\frac{1}{V_m} \right)^2$$

におけるファンデルワールスのパラメータの定数 a と b は何を表すか, 説明せよ。ただし, p は圧力, V_m はモル体積, T は絶対温度, R は気体定数である。

2) 次の(1)式で表される平衡反応について、次の問に答えよ。

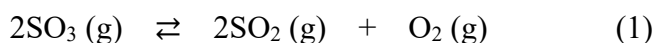


表 298 K における標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ(298 \text{ K})$ と
標準生成ギブズエネルギー $\Delta_f G^\circ(298 \text{ K})$ の値

物質	$\Delta_f H^\circ(298 \text{ K}) / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta_f G^\circ(298 \text{ K}) / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{SO}_3(\text{g})$	-396	-371
$\text{SO}_2(\text{g})$	-297	-300

a) 上の表の値から, 298 K における(1)式の分解反応の標準反応エンタルピー $-\Delta_r H^\circ(298 \text{ K})$ と 標準反応ギブズエネルギー $-\Delta_r G^\circ(298 \text{ K})$ を有効数字3桁で求めよ。答えのみでなく, 計算過程も示せ。

(次頁に続く)

- b) 絶対温度 T における (1)式の分解反応の標準反応ギブズエネルギー $\Delta_r G^\circ(T)$ と平衡定数 $K(T)$ の関係を表す式を記せ。なお、気体定数は R とする。
- c) 298 K における(1)式の平衡定数 $K(298 \text{ K})$ を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、気体定数 $R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。答えのみでなく、計算過程も示せ。
- d) (1)式の分解反応の標準反応エンタルピー $\Delta_r H^\circ$ が温度に依存しないと仮定したとき、絶対温度 T' における平衡定数 K' と絶対温度 T における平衡定数 K の関係は次の式(2)で表される。このとき、3つの空欄 , , にあてはまる記号を記せ。なお、気体定数は R とする。

$$\ln K' = \ln K + \frac{\text{エ}}{R} \left(\frac{1}{\text{オ}} - \frac{1}{\text{カ}} \right) \quad (2)$$

材料科学 I

3. 無機化学

第 4 周期・11 族の元素である銅 Cu について，次の各問に答えよ。

1) Cu 原子，Cu⁺イオン，Cu²⁺イオンの基底状態の電子配置を，例にならってそれぞれ記せ。

例) C : [He] 2s² 2p²

2) Cu⁺と Cu²⁺では，どちらのイオン半径が大きいか，理由とともに記せ。

3) 水溶液中で Cu⁺ が Cu と Cu²⁺ に不均化する反応を化学反応式で記せ。

4) 3) の反応は標準状態で熱力学的に（自発的に）進行する反応か，次の値を用いて理由とともに記せ。

- Cu⁺/Cu 系の標準電位 +0.52 V
- Cu²⁺/Cu⁺ 系の標準電位 +0.16 V

材料科学 II

4. 材料力学

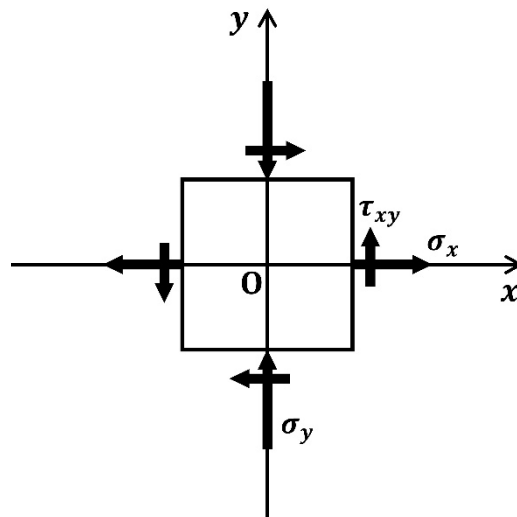
次の各問に答えよ。

1) 直径 10.0 mm で長さ 1.00 m の丸棒を 20.0 kN の力で長手方向に引張るとき、次の値を有効数字 3 桁で求めよ。ただし丸棒の材料定数は、縦弾性係数 $E = 200 \text{ GPa}$ 、ポアソン比 $\nu = 0.280$ とする。

- a) 丸棒に生じる応力
- b) 丸棒の長手方向のひずみ
- c) 丸棒の伸び
- d) 直径の変化量

2) 下図のような平面応力状態を考える。 x 軸に垂直な面に引張応力 $\sigma_x = 40.0 \text{ MPa}$ 、 y 軸に垂直な面に圧縮応力 $\sigma_y = -50.0 \text{ MPa}$ 、 x 軸に垂直な面にせん断応力 $\tau_{xy} = 30.0 \text{ MPa}$ がそれぞれ作用している。次の問に答えよ。

- a) モールの応力円を描け。ただし、 τ 軸は下向きを正とする。
- b) 主応力の大きさを有効数字 3 桁で求めよ。
- c) 最大せん断応力を有効数字 3 桁で求めよ。



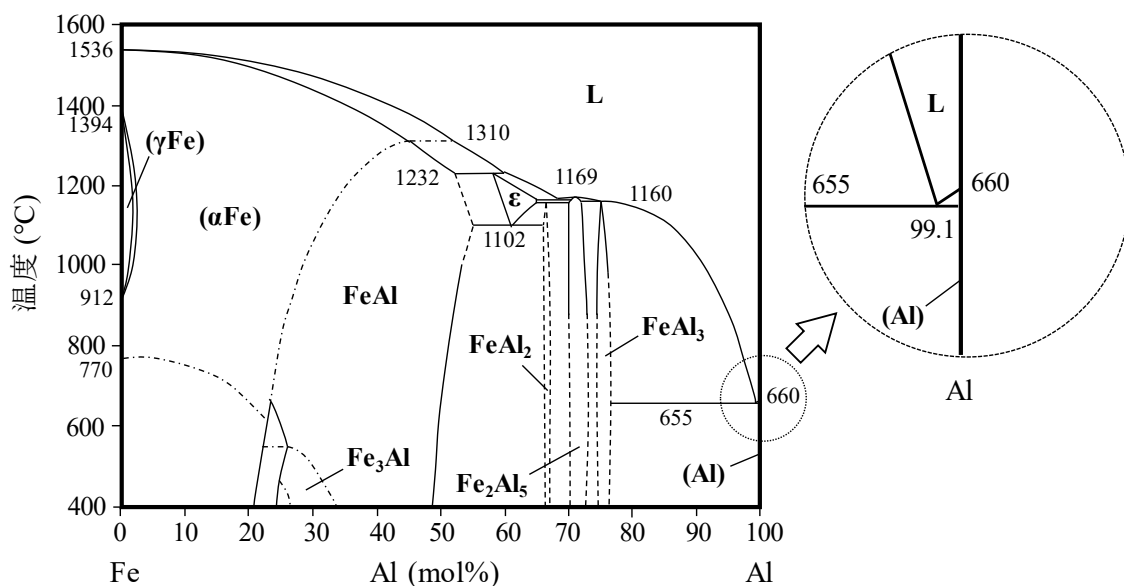
材料科学Ⅱ

5. 金属材料学

次の各問に答えよ。

- 1) 体心立方格子(bcc)の結晶構造について、次の問に答えよ。
 - a) 最密面および最密方向を、それぞれ $\{hkl\}$ および $\langle uvw \rangle$ で記せ。
 - b) 配位数を記せ。
 - c) 単位胞中の原子の数を記せ。
 - d) 格子定数を a 、原子半径を r とするとき、 a を r で記せ。
 - e) 充填率を有効数字2桁で求めよ。

- 2) 下の図は鉄 Fe-アルミニウム Al 系の平衡状態図を示している。次の問に答えよ。
 - a) 純 Al および純 Fe の融点をそれぞれ答えよ。
 - b) 655°Cの共晶反応によって生じる相を答えよ。
 - c) (α Fe)相は、原子レベルでどのような状態になっているか説明せよ。
 - d) Fe_3Al , FeAl , FeAl_2 , Fe_2Al_5 および FeAl_3 は、Fe 原子と Al 原子が規則正しく配列した構造を有する。このような規則構造を有する物質は一般的に何と呼ばれるか答えよ。
 - e) 次の①～③の温度および組成において熱平衡状態で生成する相をそれぞれ答えよ。
 - ① 1000°C, Fe-40 mol%Al ② 600°C, Fe-60 mol%Al
 - ③ 400°C, Al-10 mol%Fe



材料科学 III

6. 高分子化学

次の各問に答えよ。

1) 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

1920年に H. Staudinger によって提唱された a 高分子説 が様々な研究によって証明されたことで、現在の高分子の概念が確立した。そのような研究の一つとして、1935年に W. H. Carothers が発明した b ナイロン 66 の合成がある。これは、逐次重合に分類される【①】による高分子合成の先駆的研究である。

- 下線部 a の高分子説で提唱された内容を説明せよ。
- 下線部 b について、ジカルボン酸とジアミンからのナイロン 66 の生成反応式を示せ。
- 【①】に入る高分子重合様式を答えよ。

2) 逐次重合により生成する高分子の数平均重合度について、次の問に答えよ。ただし、モノマーおよび反応途中に生成するオリゴマーの反応性基（重合反応に関与する官能基）はすべて同じ反応性であり同じ確率で反応するものとする。また、環化物は生成しないものとする。

- 次の文章の空欄 ~ に当てはまる最も適切な式を記せ。

N_0 個のモノマーが重合して分子の数が N 個に減少した。このとき、生成物の数平均重合度 (x_n) は N_0/N と表すことができる。重合前に存在している反応性基（重合反応に関与する官能基）の濃度 c_0 と重合した後に残っている反応性基の濃度 c を用いて、 x_n は と表すことができる。また、この重合の反応度 p ($0 \leq p \leq 1$) は、 c_0 と c を用いて と表すことができる。したがって、反応度 p における生成物の x_n は p を用いて と表すことができる。

- モノマーに含まれる反応性基の 99.0% が反応したときに生成する高分子の数平均重合度 x_n を有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も併せて記せ。

(次頁に続く)

3) 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

小分子の理想希薄溶液の浸透圧は、(1)式で表される。

$$\frac{\Pi}{c} = \frac{RT}{M} \quad (1)$$

ただし、 Π は浸透圧、 c は溶液の重量濃度、 R は気体定数、 T は絶対温度、 M は溶質のモル質量である。

一方、高分子の希薄溶液の浸透圧は、(2)式のようなビリアル展開で表される。

$$\frac{\Pi}{c} = RT \left(\frac{1}{M} + A_2c + A_3c^2 + \dots \right) \quad (2)$$

ここで、 A_2 および A_3 はそれぞれ第二および第三ビリアル係数である。

無熱溶液（混合のエンタルピー変化： $\Delta_{\text{mix}}H=0$ ）を仮定して混合エントロピーを求めた上で浸透圧を計算し、ビリアル展開から第二ビリアル係数を求めると、

$$A_2 = \frac{N_A u}{2M^2} \quad (3)$$

となる。ただし、 u は高分子の排除体積、 N_A はアボガドロ定数である。

ここで、半径 a の剛体球高分子を考える。この剛体球の体積は である。この高分子の単位質量あたりの体積（比容）を v とすると、剛体球の質量は、 と v を用いることにより と表すことができる。また、高分子のモル質量 M と N_A を用いると、剛体球高分子 1 個の質量は M/N_A と与えられる。

と M/N_A が等しいことを用いると、

$$a = \text{ } \quad (4)$$

と表すことができる。

剛体球高分子の排除体積 u は a を用いて

$$u = \frac{4\pi}{3} (2a)^3 \quad (5)$$

(次頁に続く)

と計算される。さらに、(4)式を(5)式に代入すると、排除体積 u は、

$$u = \boxed{\text{エ}} \quad (6)$$

と表すことができる。(6)式を(3)式に代入することにより、

$$A_2 = \boxed{\text{オ}} \quad (7)$$

と表すことができる。

このように、剛体球高分子の直径 $2a$ は M の $\boxed{\text{カ}}$ 乗、第二ビリアル係数 A_2 は M の $\boxed{\text{キ}}$ 乗のべき乗則が成り立つことが示される。

- a) 下線部について、高分子の希薄溶液の浸透圧が(1)式にならない理由を述べよ。
- b) 空欄 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{オ}}$ に当てはまる数式を記せ。
- c) 空欄 $\boxed{\text{カ}}$ と $\boxed{\text{キ}}$ に当てはまる整数または分数を記せ。

材料科学Ⅲ

7. 固体化学, 無機材料学

次の各問に答えよ。

1) 結晶に関する次の問に答えよ。

- a) 次の文章を読み, 文中の空欄 にあてまはる数字および空欄 にあてはまる用語を記せ。また, 空欄 ~ にあてはまる格子の種類を P, F, I, C の中から選び, 記号で記せ。

結晶は, その対称性によって 7 つの結晶系に分類される。また, 空間格子は単位格子の中の格子点の位置の違いによって, 単純格子 P, 面心格子 F, 体心格子 I, 底心格子 C の 4 つに分類される。これらの組み合わせによって 種類の異なる空間格子をつくることができ, これらは と呼ばれる。結晶系により, 取りうる格子の種類は異なっている。例えば, 立方晶系では , , の 3 種類の格子があるが, 六方晶系では の 1 種類だけである。

- b) 格子定数が次の値である結晶 ①~④ について, それぞれの結晶系を記せ。

① $a = 562.8 \text{ pm}, b = 562.8 \text{ pm}, c = 562.8 \text{ pm}, \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 90^\circ$

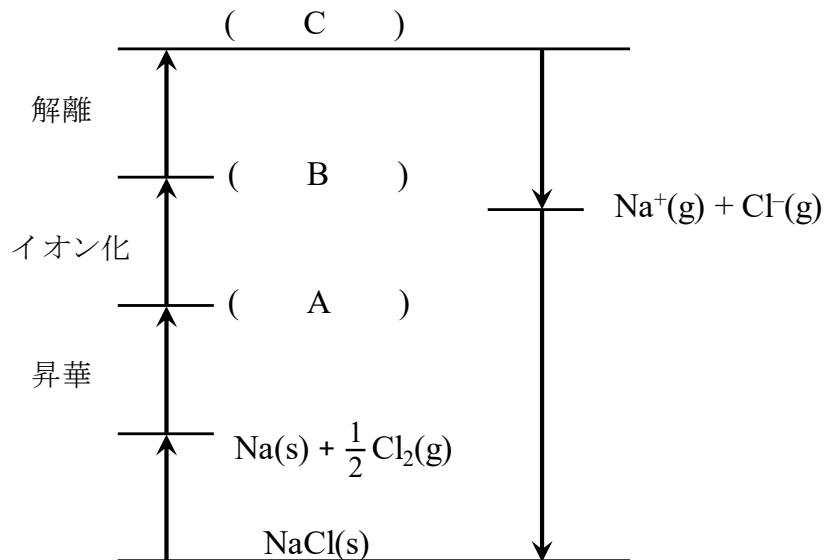
② $a = 378.5 \text{ pm}, b = 378.5 \text{ pm}, c = 951.4 \text{ pm}, \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 90^\circ$

③ $a = 544.1 \text{ pm}, b = 764.4 \text{ pm}, c = 538.1 \text{ pm}, \alpha = 90^\circ, \beta = 90^\circ, \gamma = 90^\circ$

④ $a = 514.9 \text{ pm}, b = 521.2 \text{ pm}, c = 531.5 \text{ pm}, \alpha = 90^\circ, \beta = 99.2^\circ, \gamma = 90^\circ$

(次頁に続く)

- c) 下の図は、塩化ナトリウム NaCl の Born-Haber サイクルを示す。図中の A~C に入る適当な化学式を記せ。また、下表の数値を用いて NaCl 結晶の格子エンタルピー $\Delta_L H^\circ$ を求めよ。計算過程も記せ。



	エンタルピー変化 $\Delta H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
Cl(g)への電子付加	-349
Cl ₂ (g)の解離	+244
Na(g)のイオン化	+494
Na(s)の昇華	+108
Na(s)と Cl ₂ (g)からの NaCl(s)の生成	-411

- 2) ミクロ孔が発達した代表的な無機系多孔体材料 2 つを名称で記せ。
- 3) 逆スピネル型構造のフェライト NiFe₂O₄ について次の問に答えよ。
- a) 室温下における NiFe₂O₄ が示す磁性として最も適切なものを次の中から選び記せ。
- 常磁性, 反磁性, 強磁性, 反強磁性, フェリ磁性
- b) NiFe₂O₄ に正スピネル型構造のフェライト ZnFe₂O₄ を少量固溶させると磁気モーメントが増加する。この理由を説明せよ。なお, Zn²⁺, Ni²⁺, Fe³⁺ の磁気モーメントは, それぞれ 0, 2, 5 μ_B とする。

電卓の設定及び動作確認を、以下のように行ってください。

1. 電卓右上の[ON]を押して電源をオンにして下さい（約10分で電源は自動的にオフになります）。
2. [SHIFT]を押すと各キーは黄色文字で書かれた機能になります。
3. 電卓のふた裏側のクイックリファレンスの一番上を見て、初期状態にして下さい。

キー操作は、

[SHIFT] [MODE(CLR)] [2(MODE)] [=] です。

“-----”という表示が出たら OK です。

4. 動作を確認し、操作に慣れるために、下記の計算を行い、答えを確認してください。

キー操作

- | | |
|--|---|
| 1) $\log 20 = 1.30 \dots$ | [log] [20] [=] “1.30 ...” |
| 2) $\ln 20 = 2.995 \dots$ | [ln] [20] [=] “2.995 ...” |
| 3) $e^{-2} = 0.135 \dots$ (e の-2 乗) | [SHIFT] [ln(e ^x)] [-] [2] [=] “0.135 ...” |
| 4) $10^{2.5} = 316.2 \dots$ (10 の 2.5 乗) | [10] [^] [2.5] [=] “316.2 ...” |
| 5) $\cos(180) = -1$ | [cos] [180] [=] “-1” |
| 6) $23^5 \div 25 = 257,453.72$ | [23] [^] [5] [÷] [25] [=] “257,453.72”
(カンマと小数点の違いに注意) |
| 7) $23^{(5 \div 25)} = 1.872 \dots$ | [23] [^] [(] [5] [÷] [25] [)] [=] “1.872 ...” |