

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験問題

材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム

専 門

試 験 日：2025年8月19日

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 試験終了時まで退出できません。途中で気分が悪くなった場合などには、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 試験中にこの問題冊子または解答紙にページの落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 試験問題は、必須問題（数学）と選択問題（物理/応用物理分野，化学/応用化学分野，材料力学/構造力学分野，材料工学分野から各1題出題）からなっています。必須問題と、選択問題の4分野から1題を選択して解答してください。
5. 解答紙には科目名と問題番号が記載されています。すべての解答紙に必ず受験番号を記入してください。選択した選択問題の解答紙には「 選択する」にチェックを入れ、選択しなかった選択問題の解答紙には「 選択しない」にチェックを入れてください。選択問題数に過不足がある場合には、選択問題すべての解答が採点されません。
6. 必ず指定された解答紙の所定の欄に解答を書いてください。指定された解答紙の所定の欄以外に解答を書いた場合、採点されません。
7. この問題冊子の余白等は適宜下書きに使用してもかまいません。
8. 試験終了後、解答紙は表紙と選択しなかった選択問題解答紙を含めすべて提出してください。持ち帰ってはいけません。
9. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。

(余 白)

数学
(必須問題)

1

(問1) xy 座標上の3点 $(0, 0)$, $(1, 5)$, $(3, 3)$ を頂点とする三角形で囲まれた閉領域を D とするとき, 重積分 $\iint_D xy dx dy$ の値を求めよ。

(問2) 次の行列 A が正則となるための条件を与えよ。また, A の余因子行列を求めて, 逆行列を求めよ。

$$A = \begin{bmatrix} a & b & c \\ 0 & d & e \\ 0 & 0 & a \end{bmatrix}$$

物理/応用物理分野 (選択問題)

2

原子および固体の電子状態に関する以下の問に答えよ。

- (問1) 原子の電子状態は、主量子数 n , 方位量子数 l , 磁気量子数 m_l , スピン量子数 m_s という4つの量子数の組で表される。これについて以下の小問(ア)~(オ)に答えよ。
- (ア) ある n に対して l が取り得る値を答えよ。
- (イ) ある l に対して m_l が取り得る値を答えよ。
- (ウ) 以下の(a)から(e)で指定された量子数の組に対応する原子軌道名を答えよ。
なお、量子数の組み合わせとして正しくない場合には解答欄に「存在しない」と記載せよ。
- (a) $n = 2, l = 1$ (b) $n = 2, l = 3$ (c) $n = 2, l = 0$
(d) $n = 2, l = 2$ (e) $n = 4, l = 2$
- (エ) 多電子原子では、 n, l, m_l の組で指定される一つの原子軌道に電子がスピンの向きをそろえて入ることはできない。この規則が由来している原理の名称を答えよ。
- (オ) 多電子原子の縮退した原子軌道にはスピンの向きができるだけそろうように電子が入る。縮退した原子軌道を電子が上記のように占有する規則の名称を答えよ。

(問2) 以下の文章の空欄(a)から(j)にあてはまる用語を答えよ。

典型金属の一つである Na 原子は、(a)軌道に1個の(b)を持つ。金属 Na ではこの(a)軌道が広がってエネルギーバンドを形成し、そのバンドの半分を(b)が占有する。このような不完全な占有状態のエネルギーバンドのことを(c)バンドと呼び、そのバンド内の電子は電気伝導に寄与するので(d)と呼ばれる。(c)バンドの電子が絶対零度において持つ最も高いエネルギーは(e)と呼ばれる。一方、Mg原子は(a)軌道に2個の(b)を持っているにもかかわらず、金属 Mg において(a)軌道由来のバンドは完全に占有されていない。それは、(a)軌道由来のバンドと(f)軌道由来のバンドとがエネルギー的に一部重なっているため、価電子の一部が(f)軌道由来のバンドに移るためである。その結果、(d)が生じて金属 Mg は電気伝導性を示す。

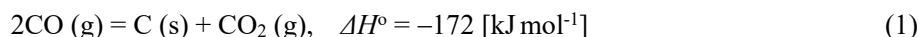
周期表で Sc から Ni までの遷移金属では(g)軌道が完全に占有される前に(h)軌道が先に占有される。その結果、遷移金属の(i)エネルギーは典型金属よりも大きくなり、それに伴って融点も典型金属よりも高くなる。また、(g)電子の配置の仕方によって異なる磁気的性質を示す。その一例として、室温においては Ti, V などほとんどの(g)遷移金属は常磁性を示す。ただし、例外として Fe, Co, Ni は(j)を示す。

化学/応用化学分野 (選択問題)

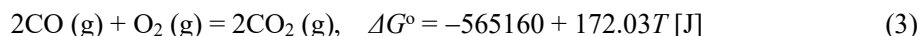
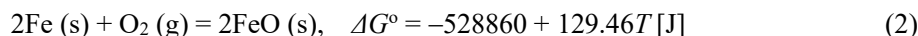
3

(問1) 現在, 広く用いられている溶鉱炉 (高炉) による製鉄法について問う。

- (ア) 固体炭素 (C) を還元剤として酸化鉄である鉄鉱石を還元する場合, 炭素は酸化されて一酸化炭素 (CO) や二酸化炭素 (CO₂) となる。これら三つの物質 (C, CO, CO₂) の間には式 (1) で表わされる化学反応が存在するが, これは何と呼ばれる反応か答えよ。



- (イ) 一酸化炭素の分圧 (P_{CO}) と二酸化炭素の分圧 (P_{CO_2}) の比が $P_{\text{CO}} : P_{\text{CO}_2} = 2 : 1$ となる雰囲気において, 酸化鉄 II (FeO) が鉄 (Fe) に還元され始める温度を有効数字 4 桁, 単位はケルビンで求めよ。但し, FeO および Fe は純粋な固体状態で存在するものとし, 計算には下記の熱力学的データを, 気体定数 R の値は $8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ を用いよ。



(問2) 電気化学の基礎知識を問う。

- (ア) 「交換電流密度」と「腐食電流密度」の違いを「単一電極反応」と「複合電極反応」という二つの用語を用いて説明せよ。

- (イ) マグネシウム単結晶から切出した (0001) 面のみが露出した電極試料と (10 $\bar{1}$ 0) 面のみが露出した電極試料をある濃度の塩水に浸漬して測定した分極曲線より, 右図のような模式的な内部分極曲線図が得られた。

- (a) 腐食速度が低く, 耐食性が高い結晶面はどちらかを理由を添えて答えよ。
- (b) この腐食はアノード反応とカソード反応のどちらに支配されているか理由を添えて答えよ。

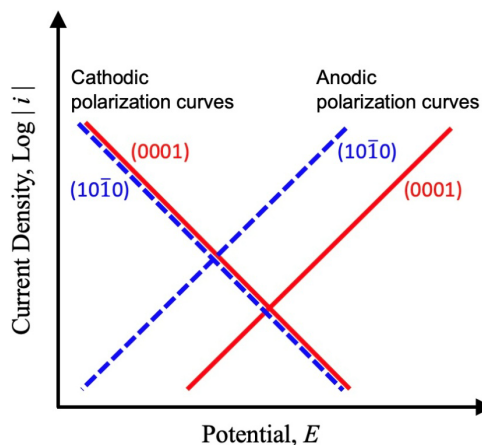


図 マグネシウム単結晶を塩水に浸漬した際に得られた内部分極曲線図。実線は(0001)面を, 破線は(10 $\bar{1}$ 0)面を浸漬した時の内部分極曲線を示す。(文献 "K. Hagihara *et al.*, *Corros. Sci.*, 109 (2016) 68-85."の図16より改変)

材料力学/構造力学分野
(選択問題)

4

図1のように、回転自由に結合された棒 **AB** および **AC** からなるトラスが剛体壁に取り付けられている。結合点 **A** に、水平右向きおよび鉛直下向きに荷重 P が作用している場合について、以下の間に答えよ。ただし、棒 **AB** および **AC** のヤング率を E 、断面積を A とし、棒 **AC** の長さを l とする。

(問1) 棒 **AB** に作用する軸力 P_{AB} および棒 **AC** に作用する軸力 P_{AC} を求めよ。

(問2) 結合点 **A** の水平方向変位 δ_H および鉛直方向変位 δ_V を求めよ。

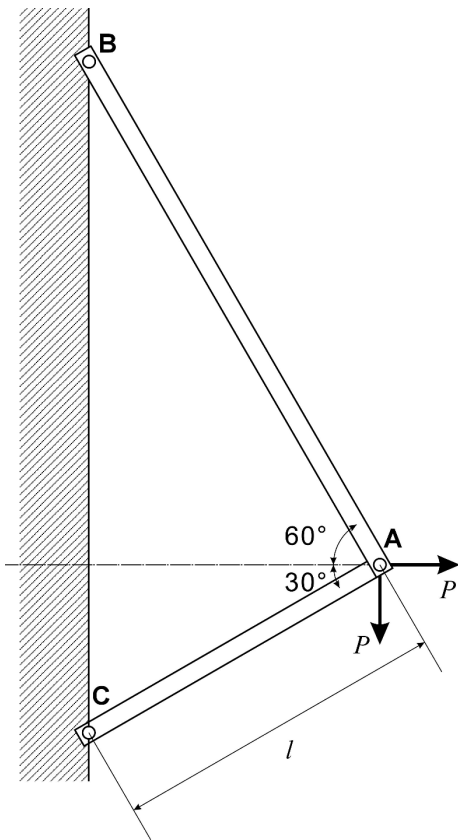


図1

材料工学分野 (選択問題)

5

固体内の拡散について以下の問に答えよ。

- (問1) Fick の第 1 法則を式で示せ。ただし、使用する記号がそれぞれ何を表すのか明記すること。
- (問2) ニッケルを固溶している面心立方構造の γ 鉄がある。試料表面におけるニッケル濃度が 10 at. %, 表面から 1 mm 内側では 8 at. %であった。このとき、試料表面から内側へ拡散するニッケル原子の数を測定したところ、 3.2×10^{14} 個/($\text{m}^2 \cdot \text{s}$)であった。 γ 鉄中におけるニッケルの拡散係数を求めよ。ただし、 γ 鉄の格子定数は、0.37 nm である。
- (問3) 図 1 はある金属の自己拡散係数 D を絶対温度の逆数 $1/T$ に対して片対数プロットしたものである。このグラフから拡散の活性化エネルギー Q を求めよ。なお、図 1 から読み取った 2 つの温度に対応する拡散係数 D と絶対温度の逆数 $1/T$ の組と、それらの値を用いた計算過程を解答用紙に記載すること。必要であれば、以下の定数を用いてもよい。
- 気体定数 $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
 - ボルツマン定数 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$,
 - $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- (問4) γ 鉄中におけるニッケルと炭素の拡散について、どちらの元素がより大きな拡散の活性化エネルギーを持つかを述べ、その理由を説明せよ。

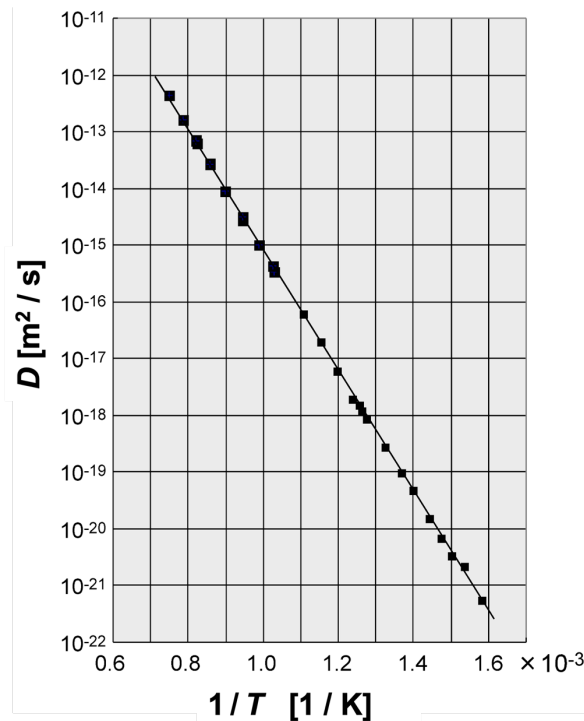


図 1 ある金属の自己拡散係数 D の温度依存性

2026年度

熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム

専 門

解答紙表紙

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、専門科目の解答紙を綴じたもので、表紙を含め6枚あります。
3. 試験開始後、表紙も含めすべての解答紙の受験番号記載欄に受験番号を記入してください。
4. 必須問題と、選択問題の4分野から1題を選択して解答してください。選択した選択問題の解答紙には「 選択する」にチェックを入れ、選択しなかった選択問題の解答紙には「 選択しない」にチェックを入れてください。選択問題数に過不足がある場合には、選択問題すべての解答が採点されません。
5. 解答紙には、科目と問題番号が記載されています。解答は、必ず指定された解答紙の所定の欄に記入してください。違う問題番号の解答紙に解答を書いた場合には、採点されません。
6. 試験終了後、すべての解答紙を問題番号順に揃えて、配布時と同じように左上をクリップで止めてください。解答紙は表紙も含めてすべて回収します。

受験番号

2026年度熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

受験番号

材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム
専 門

数学（必須問題）

1

- 裏面を使う場合は左の□にチェック(レ)をしてください。
チェックがない場合は、裏面を採点の対象としません。

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点

物理/応用物理分野（選択問題） 選択する 選択しない

2

(問1)	(ア)						
	(イ)						
	(ウ)	(a)		(b)		(c)	
		(d)		(e)			
	(エ)						
	(オ)						

(問2)	(a)		(b)		(c)	
	(d)		(e)		(f)	
	(g)		(h)		(i)	
	(j)					

裏面を使う場合は左の□にチェック(レ)をしてください。
チェックがない場合は、裏面を採点の対象としません。

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点

2026年度熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

受験番号

材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム
専 門

化学/応用化学分野（選択問題） 選択する 選択しない

3

裏面を使う場合は左の□にチェック(レ)をしてください。
チェックがない場合は、裏面を採点の対象としません。

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点

2026年度熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

受験番号

材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム
専 門

材料力学/構造力学分野（選択問題） 選択する 選択しない

4

裏面を使う場合は左の□にチェック(レ)をしてください。
チェックがない場合は、裏面を採点の対象としません。

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点

材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム
専 門

材料工学分野（選択問題） 選択する 選択しない

5

（問 1）

（問 2）

（問 3）

① 図 1 より読み取った値

温度(1/T) _____ (1/K) 拡散係数 (D) _____ (m²/s)

温度(1/T) _____ (1/K) 拡散係数 (D) _____ (m²/s)

② 拡散の活性化エネルギーの計算過程

裏面を使う場合は左の□にチェック(レ)をしてください。
チェックがない場合は、裏面を採点の対象としません。

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点

2026年度熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

受験番号

材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム

専 門

(問3) ②つづき

(問4)

裏面を使う場合は左の□にチェック(レ)をしてください。
チェックがない場合は、裏面を採点の対象としません。

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点