2023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：2022年8月18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

（1）関数$A(x) = \frac{e^x - 1 - x}{x^2}$における変数$x$が限りなく0に近づく場合について考える。

（ア）e^xをマクローリン展開し，x^4の項まで記述せよ。

（イ）（ア）で得られた解を用いて，$\lim_{x \to 0} A(x)$を求めよ。

（2）ベクトル$\boldsymbol{a} = \begin{pmatrix} 2 \\ k \\ 3 \end{pmatrix}$, $\boldsymbol{b} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ k \end{pmatrix}$, $\boldsymbol{c} = \begin{pmatrix} -2 \\ 2 \\ -k \end{pmatrix}$を三辺とする平行六面体について考える。ただし，$k$は実数とする。

（ア）$\boldsymbol{a} \cdot (\boldsymbol{b} \times \boldsymbol{c})$を求めよ。

（イ）（ア）で得られた解を用いて，平行六面体の体積$|\boldsymbol{a} \cdot (\boldsymbol{b} \times \boldsymbol{c})|$が2となる$k$を求めよ。その際，体積は絶対値である点を考慮すること。

2023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

受験番号

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）

2

絶縁体における熱伝導について以下の問に答えよ。

（１） 絶縁体において熱伝導を担う粒子（準粒子も含む）の名称を答えよ。

（２） 絶縁体の熱伝導度 κ [W/(m·K)] について以下の問（ア），（イ）に答えよ。

（ア） 上問の粒子に関する３つのパラメータを以下に示す。これらのパラメータに対して κ はどのように変化するか。解答欄に示す選択肢のうちで正しいものを線で囲め。「その他」を選んだ場合にはカッコ内に具体的な依存性を記入せよ（例：二乗に比例する）。

(a) 平均の速度
(b) 平均自由行路（平均自由行程）
(c) 単位体積当たりの熱容量

（イ） 低温域と高温域において κ はそれぞれ温度の 3 乗と–1 乗に比例して変化する。その温度依存性の由来を，問（ア）で挙げたパラメータの温度変化に基づいて説明せよ。

（３） ドープされていないダイヤモンドは絶縁体であり，その用途の一つとしてパワー半導体の積載用基板への実用化が進められている。その理由をダイヤモンドの特性に基づいて説明せよ。

2023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

受験番号

物理/応用物理分野（選択問題）　☐ 選択する。　☐ 選択しない。

2

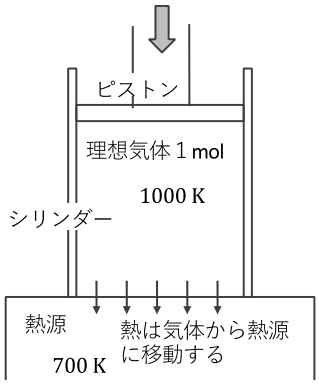
<table>
<tr><td>（1）</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="5">（2）</td><td rowspan="3">（ア）</td><td>(a)</td><td>比例する・反比例する・不変である・その他（　　）</td></tr>
<tr><td>(b)</td><td>比例する・反比例する・不変である・その他（　　）</td></tr>
<tr><td>(c)</td><td>比例する・反比例する・不変である・その他（　　）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">（イ）</td><td>低温域</td><td></td></tr>
<tr><td>高温域</td><td></td></tr>
<tr><td>（3）</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

☐ 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

化学/応用化学分野
（選択問題）

3



図のように 1000 K の理想気体 1 mol が入ったピストンシリンダーが 700 K の熱源に接している。ピストンを押し下げて体積を $0.040\ \mathrm{m^3}$ から $0.025\ \mathrm{m^3}$ まで不可逆的に減少させ，気体の温度を測定したところ，温度は1000 K のままであった。また，ピストンを押し下げ，気体にした仕事量は，等温可逆過程で同様に変化させた場合の 1.2 倍であった。この変化でシリンダー － 熱源間のみで熱の出入りがあるとして, 気体, 熱源およびトータルのエントロピー変化をそれぞれ求めよ。熱源は熱の出入りに伴って温度変化しない理想的な物質であるとする。

理想気体 1 モルの状態方程式は $PV = RT$

P：圧力 (Pa)，V：体積 ($\mathrm{m^3}$)，T：温度 (K)，$R = 8.31\ \mathrm{J/(K \cdot mol)}$

エントロピー S の微小変化の式は $dS = \delta Q_r/T$ で与えられる。ここで，添字「r」は可逆過程を示している。問題の過程は不可逆過程であるので注意すること。

2023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

受験番号

化学/応用化学分野（選択問題）　☐ 選択する。　☐ 選択しない。

3

（気体のエントロピー変化）

（熱源のエントロピー変化）

（トータルのエントロピー変化）

☐ 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

材料力学/構造力学分野
（選択問題）

4

（1） 図１に示す全長 l の片持ちはりに対して，剛体壁から a 離れた箇所に集中荷重 P が作用している。はりの曲げ剛性を EI とするとき，剛体壁からの距離 x におけるたわみ w を求めよ。

（2） 図２は弾性体のある点における応力状態を示しており，x 方向垂直応力 $\sigma_x = 10$ MPa，y 方向垂直応力 $\sigma_y = -2$ MPa, xy 方向せん断応力 $\tau_{xy} = \tau_{yx} = 8$ MPa が作用している。この状態における主応力と主せん断応力の大きさを求めよ。

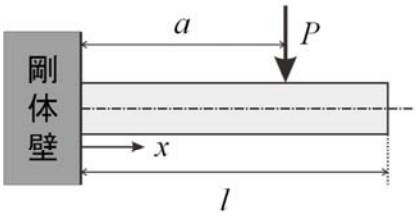


図1

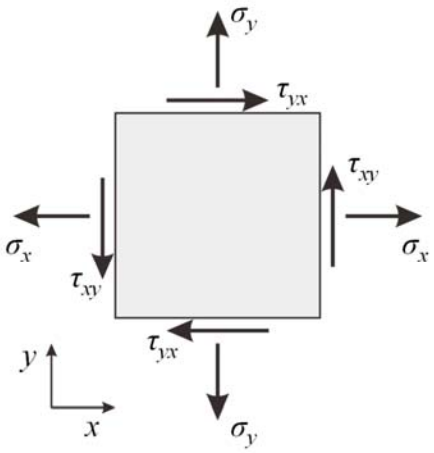


図2

2023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

受験番号

材料力学/構造力学分野（選択問題）　☐ 選択する。　☐ 選択しない。

4

(1)

(2)

☐ 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

材料工学分野
（選択問題）

5

（１） 面心立方構造（fcc），体心立方構造（bcc）および最密六方構造（hcp）を有する結晶について，次の問に答えよ。ただし，hcp の格子定数の軸比（c/a）は理想比（1.633）とする。

（ア） 解答紙の空間格子中にすべり面とすべり方向の組み合わせを 1 組ずつ図示し，fcc および bcc の場合はミラー指数を，hcp の場合はミラー・ブラベー指数を用いて示せ。ただし，すべり方向はすべり面上にのるように描くこと。

（イ） （ア）で示した fcc および bcc のすべり面とすべり方向を解答紙の(001)標準投影図に示せ。ただし，面は実線で，方向は◆で，できるだけ正確に描くこと。

（ウ） bcc 金属の塑性の特徴について fcc 金属の塑性と比較して説明せよ。ただし，説明には次の語句をすべて使用すること。「パイエルス力」,「臨界分解せん断応力」,「温度依存性」,「変形速度」,「侵入型」,「波状すべり線」,「刃状転位」,「異方性」

（２） 材料の破壊について説明した次の文章を空欄を埋めることで完成させよ。

材料の破壊形態には大きく分けて（ア）破壊と（イ）破壊があり，それぞれ最終破断までの塑性変形の大小によって分類することができる。

（ア）破壊は，ガラス，セラミックスに代表される破壊形態である。（ア）破壊の代表的な破壊様式は，（ウ）破壊と（エ）破壊である。（エ）破壊はある特定の結晶面が分離することによって生じ，破面には（オ）と呼ばれる「すじ状」の模様が観察される。

一方，（イ）破壊は，焼鈍した軟鋼やオーステナイト系ステンレス鋼などの破壊に代表される破壊形態であり，最終破断以前に局部的な（カ）が生じる。（カ）が生じてから破断までの過程は次のように考えられる。まず，介在物や析出物などを起点に，その界面が（キ）したり，介在物や析出物自体が割れたりすることにより（ク）が形成される。次に，このようにして形成された（ク）同士が結合することにより最終破断へと到達する。このときの破面は，マクロ的には（ケ）状を示し，ミクロ的には（コ）と呼ばれるくぼみが認められる。

2023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

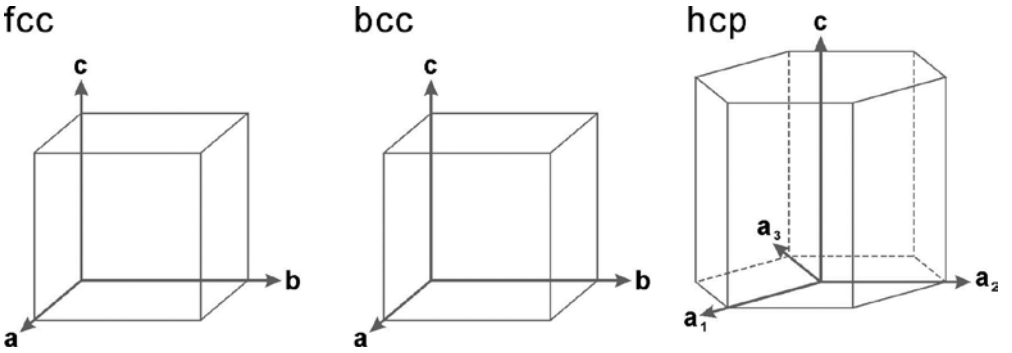
受験番号

材料・応用化学専攻 物質材料工学教育プログラム
専　門

材料工学分野（選択問題）　□ 選択する。　□ 選択しない。

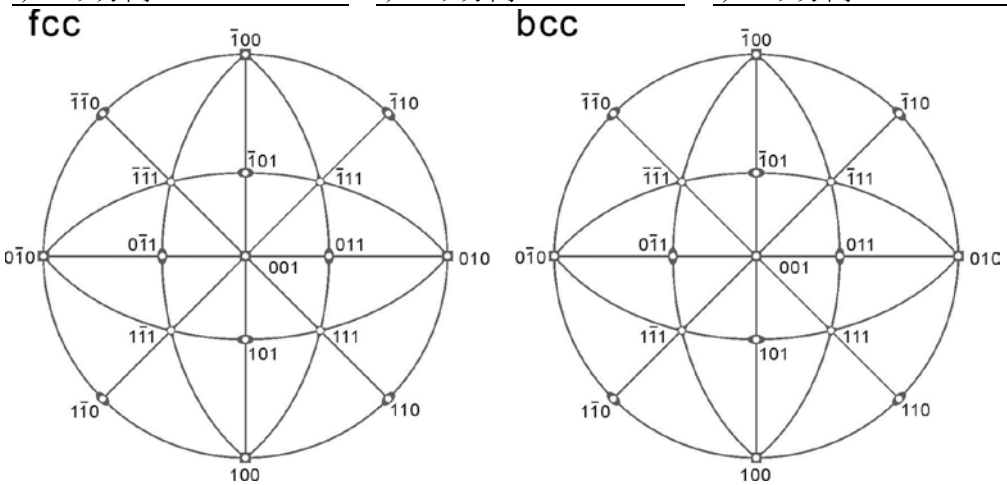
5　（1）

（ア）



fcc	bcc	hcp
すべり面	すべり面	すべり面
すべり方向	すべり方向	すべり方向

（イ）



（ウ）

（2）

（ア）	（イ）	（ウ）	（エ）
（オ）		（カ）	（キ）
（ク）	（ケ）		（コ）

□ 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