

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
応用生命化学教育プログラム
応用物質化学教育プログラム

専門科目 I

試験日：2025年8月19日（火）

試験時間：90分（10：00～11：30）

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. 問題冊子には「問題1」、「問題2」、「問題3」、「問題4」の4つの問題が掲載されていますので、3つの問題を選択し解答してください。
4. 試験時間終了までに、選択した3つの問題を解答紙表紙の「選択問題の申告」欄に○で示してください。○が正しく付けられていない場合には、採点されません。
5. 問題冊子は、表紙および余白を含めて全部で10ページです。
6. 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。
7. 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、この問題冊子は持ち帰ってください。

(余 白)

問題 1 < その 1 >

化学式に続く(g)は気体を示す。原子量 C: 12, O: 16, S: 32

273 K = 0 °C, 気体定数 $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, Boltzmann 定数 $k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$,

Planck 定数 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$, 光速 $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

1 次の文中の空欄 (ア) ~ (ス) に入る適当な数値もしくは語句を答えなさい。ただし、解答紙に計算欄がある場合には計算過程も記しなさい。

SO₂のような非直線型三原子分子について三次元空間における運動の自由度は全部で(ア)個ある。このうち、並進および回転がそれぞれ(イ)個、(ウ)個の自由度をもつので、振動の自由度は(エ)個になる。振動を無視するとSO₂分子の25 °Cにおける熱エネルギーは1 molあたり(オ)kJになり、これはCO₂のような直線型三原子分子の値の(カ)倍である。一方、並進についてSO₂の根平均二乗速度はCO₂の(キ)倍である。

SO₂分子の対称伸縮振動は $2.289 \times 10^{-20} \text{ J}$ のエネルギー間隔($\Delta \epsilon_{\text{vib}}$)をもち、これは吸収する赤外線波数の波数に換算すると(ク)cm⁻¹に相当する。式(1)によると25 °Cにおける振動の分配関数 q_{vib} の値は(ケ)となるため、ほとんどの分子は(コ)の振動準位にあることを意味する。

25 °CにおいてSO₂(g)とO₂(g)の反応によってSO₃(g)を生成する場合、反応のエンタルピー変化 ΔH° を表1に示す熱力学データを用いて計算すると、(サ)kJ mol⁻¹となり、(シ)熱反応であることが分かる。また、反応前後の気体のモル数変化から判断して、SO₃(g)生成反応のlog K (K: 平衡定数)の値は温度が高いほど(ス)する。

表1 エントロピーおよび標準生成自由エネルギーの値 (25 °C)

| | S° (J mol ⁻¹ K ⁻¹) | ΔG_f° (kJ mol ⁻¹) |
|---------------------|--|--|
| SO ₂ (g) | 248 | -300 |
| O ₂ (g) | 205 | 0 |
| SO ₃ (g) | 257 | -371 |

$$q_{\text{vib}} = \frac{1}{1 - \exp[-\Delta \epsilon_{\text{vib}} / (kT)]} \quad (1)$$

問題 1 < その 2 >

2 以下の問いに答えなさい。

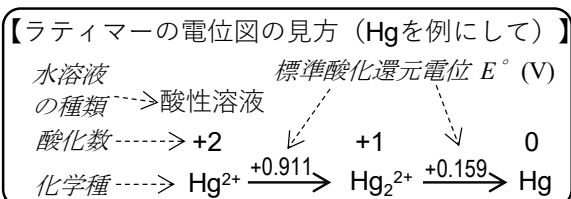
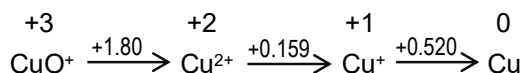
- (問 1) 固体材料の中の電子の状態を自由電子モデルで記述できるとする。自由電子とはどのような電子であるか、説明しなさい。
- (問 2) 一次元空間の自由電子モデルにおいて、電子の質量 m が増加するとした場合、その電子エネルギー E_k がどのように変化するのか、理由とともに説明しなさい。ここで、 k は電子の波数を意味する。
- (問 3) 幅 L 、深さが無限大の一次元の井戸にある電子の状態を表す波動関数の特徴を説明しなさい。
- (問 4) シュレーディンガー方程式を解いて等核二原子分子の分子軌道を計算すると、原子間の結合の形成に関わる 2 種類の分子軌道が求められる。それらの名称を記しなさい。
- (問 5) 原子間の電子的相互作用 β の絶対値 $|\beta|$ が大きくなるとともに、問 4 の 2 種類の分子軌道の間エネルギー差がどのように変化するのか、説明しなさい。
- (問 6) 水素原子の電子状態のエネルギー E_n は、eV 単位では
- $$E_n = -\frac{13.6}{n^2}$$
- となる。ここで、 n は主量子数を意味する。この式を用いて、水素原子の基底状態と第一励起状態の間のエネルギー差 ΔE を計算しなさい。

問 題 2

1 銅に関する以下の問いに答えなさい。なお、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ である。

- (問 1) 0 価の Cu の基底状態での電子配置を示しなさい。Cu の原子番号は 29 である。
 (問 2) $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ は、ゆがんだ八面体構造をとる。この理由を説明しなさい。
 (問 3) $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ の名称を答えなさい。
 (問 4) $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ には 2 種類の立体構造がある。2 種類の立体構造の違いが区別できるように構造式を 3 次元的に描きなさい。
 (問 5) 25 °C, 酸性溶液中での Cu のラティマーの電位図 (Latimer diagram) を以下に示す。
 Hg を例にしたラティマーの電位図の見方を参考にして、以下の問いに答えなさい。

酸性溶液



- (1) 不均化反応を起こす化学種を選び、その不均化反応の反応式を示しなさい。
 (2) Cu^{2+} から Cu に還元されるとき標準酸化還元電位 (E°) とギブス自由エネルギー変化 (ΔG°) を求めなさい。なお、計算過程を記し、答えには単位を付けること。

2 以下の問いに答えなさい。

- (問 1) 解答欄の NO 分子の分子軌道エネルギー準位に、電子を満たして基底状態の電子配置を完成させなさい。ただし、電子のスピン状態は矢印 (\uparrow , \downarrow) で区別して描きなさい。また、NO 分子は常磁性と反磁性のどちらの性質を示すか解答欄に記載の一方を丸で囲いなさい。
 (問 2) 絶縁体であるダイヤモンドにホウ素をドーブすると、室温で高い電気伝導性を示す p 型半導体になる。このときの伝導帯、価電子帯、アクセプター準位の相対的な位置を示したエネルギーバンドの模式図を描き、なぜホウ素ドーブにより室温で高い電気伝導性が得られるかを説明しなさい。
 (問 3) 固体物質からレーザー光を発振させるためには、反転分布をつくる必要がある。反転分布とは何かを説明しなさい。
 (問 4) 真性半導体のコンダクタンス G は、温度 T によって変化し、 $G = G_0 \exp(-E_g / 2kT)$ という関係式で表すことができる。ここで E_g はバンドギャップ、 G_0 は定数である。ある半導体のコンダクタンスが以下のような温度変化を示したとき、その E_g を eV の単位で答えなさい。ただし、 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ 、電気素量 = $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

| | | | |
|------------------------------|------|------|------|
| $T / \text{ }^\circ\text{C}$ | 0 | 100 | 200 |
| G / S | 0.08 | 0.30 | 0.70 |

問 題 3 < その 1 >

L はリットル，M は モル濃度 (mol/L)， K_a は酸解離定数を表す。計算問題に関しては計算過程も採点の対象となり，計算過程が記されていない場合は採点されない。

- 1 弱酸 HX とその塩 NaX を用いて pH 5.00 の緩衝溶液 500 mL を調製したい。次の問いに答えなさい。ただし，HX の pK_a は 5.26，Na および HX の原子量，分子量はそれぞれ 23.0，50.0 とする。

(問 1) 緩衝溶液の調製に必要な NaX と HX の量比 (モル比，NaX/HX) を求めなさい。

(問 2) 緩衝液濃度 ($= [HX] + [X^-]$) を 0.500 M にしたい。HX と NaX をそれぞれ何グラム使う必要があるか求めなさい。

- 2 金属錯体 MY を 1.0×10^{-2} M となるように (a) pH 1.0，および (b) pH 9.0 の溶液に溶解した。次の問いに答えなさい。ただし，HY の pK_a は 5.0，MY の絶対安定度定数 K_{abs} は 10^{10} ，さらに錯体の溶解によって溶液の pH は変化しないものとする。

(問 1) (a)，(b) それぞれの溶液中での条件 (有効) 安定度定数 K_{eff} を求めなさい。

(問 2) (a)，(b) それぞれの溶液中において，MY が解離して生じる配位子 Y の分析濃度 C_Y を求めなさい。

- 3 弱酸 HZ ($pK_a = 6.5$) の水溶液 (分析濃度 $C_{HZ} = 0.100$ mM) を調製した。光路長 1 cm のセルを用い，この溶液の波長 500 nm における吸光度 A_{500} を様々な pH において測定した。結果は下表のとおりである。以下の問いに答えなさい。

(問 1) 波長 500 nm における HZ のモル吸光係数 ϵ_{HZ} を求めなさい。

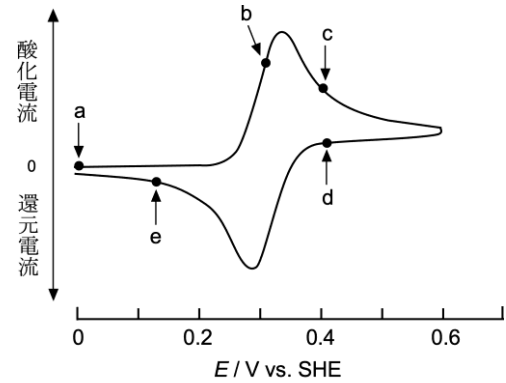
(問 2) 波長 500 nm における Z^- のモル吸光係数 ϵ_{Z^-} を求めなさい。

| | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|
| pH | 1.0 | 1.5 | ... | 6.0 | 6.5 | 7.0 | ... |
| A_{500} | 0.050 | 0.050 | ... | 0.153 | 0.265 | 0.377 | ... |

問題 3 < その 2 >

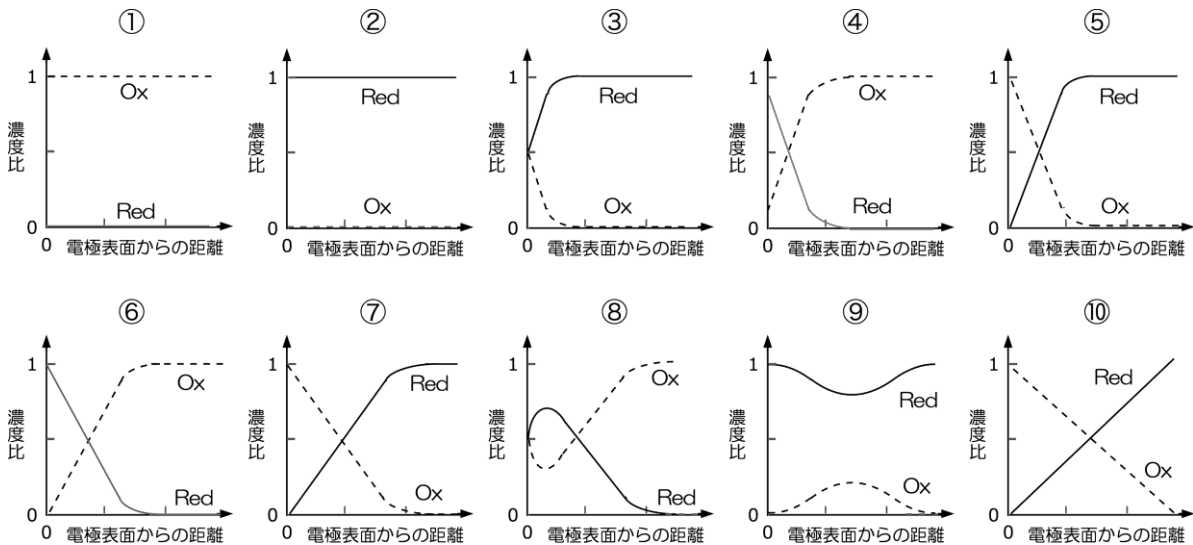
4 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

1 mMのフェロセン誘導体が溶解した支持電解質溶液中で、動作電極 W を標準水素電極 (SHE) に対して 0 から 0.6 V 間で走査したところ、右図に示す可逆な電流-電位曲線が得られた。ピーク分離幅はおよそ 60 mV であり、種々の走査速度における酸化ピーク電流値および還元ピーク電流値は走査速度の平方根に比例した。なお、フェロセン誘導体は 0 V では 100% 還元体として存在するものとする。



(問 1) 酸化ピーク電位 (E_{pa})、還元ピーク電位 (E_{pc})、酸化ピーク電流 (I_{pa})、還元ピーク電流 (I_{pc}) を、解答紙の電流-電位曲線にそれぞれ図示しなさい。

(問 2) 図中の「a」～「e」各点における電極近傍での還元体 (Red: 実線) と酸化体 (Ox: 破線) の濃度プロファイルは以下のいずれが適切な状態を示しているか、それぞれ番号で答えなさい。ただし、横軸は電極表面からの距離、縦軸は還元体と酸化体の濃度比を示し、b 点は中間電位 ($(E_{pa} + E_{pc}) / 2$) とする。



(問 3) 本文中の下線について、この表現から読み取れる電極反応の特徴を端的に述べなさい。

問題 4 < その 1 >

解答紙に計算もしくは導出過程を記す欄がある場合は、計算もしくは導出過程を記さなければ採点されない。

1 次の問いに答えなさい。

(問1) $A \rightarrow B$ で表される液相一次反応を連続槽型反応器にて行う。反応器内の液容積を V [L], 空間時間を τ [min], 体積流量を v_0 [L min⁻¹], 成分 A の入口モル流量を F_{A0} [mol min⁻¹], A の入口濃度を C_{A0} [mol L⁻¹], 反応率を x_A , 反応速度を $-r_A$ とする。

(1) この反応器の設計方程式として正しいものを選び、解答欄に記号を答えなさい。

$$\text{a) } \tau = \frac{V}{v_0} = C_{A0} \frac{x_A}{-r_A} \qquad \text{b) } \tau = \frac{V}{v_0} = C_{A0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{-r_A}$$

(2) $F_{A0} = 15 \text{ mol min}^{-1}$, $C_{A0} = 3.0 \text{ mol L}^{-1}$, 反応速度定数 $k_1 = 0.050 \text{ min}^{-1}$ とする。出口における x_A を 0.75 とするために必要な V の値を求めなさい。また、このときの反応器内の空間時間 τ_m を求めなさい。

(問2) $A \rightarrow 2B$ で表される気相一次反応 ($-r_A = k_2 C_A$) について、次の問いに答えなさい。

(1) 反応開始時には A のみが含まれるとした場合の体積増加率 ε_A を答えなさい。ただし、この反応を等温、定圧下で行うものとする。

(2) この反応をプラグフロー型反応器で行う。反応器出口の x_A を 0.90 とするのに必要な空間時間 τ_p を求めなさい。ただし、 $k_2 = 0.10 \text{ s}^{-1}$ とする。

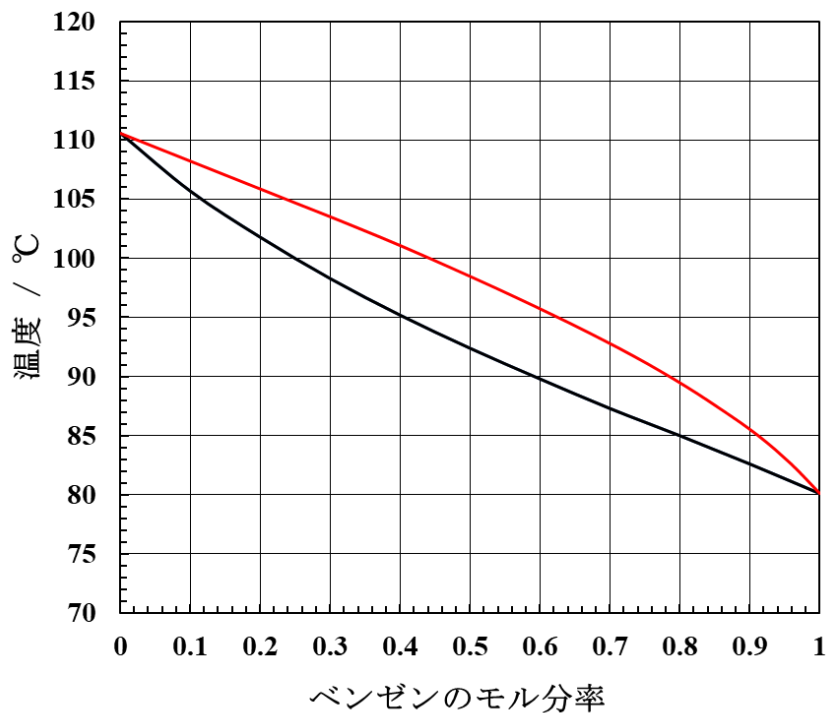
問題 4 < その 2 >

解答紙に計算もしくは導出過程を記す欄がある場合は、計算もしくは導出過程を記さなければ採点されない。

2 ベンゼン-トルエン 2 成分系相図 (全圧 1 atm) を用いて蒸留を行う。以下の問いに答えなさい。

- (問 1) 純粋なベンゼンとトルエンの沸点を相図から読み取りなさい。
- (問 2) 50 mol%のベンゼンを含む混合液を 95 °C に加熱したところ、液相と気相が平衡になった。解答欄の相図の作図により、液相のベンゼン組成 (x) と気相のベンゼン組成 (y) を読み取りなさい。
- (問 3) 50 mol%のベンゼンを含む 100 mol の混合液を単蒸留する。76.5 mol の留出液を得た時点で、残存液のベンゼン組成が 20 mol%となった。留出液の平均組成を計算しなさい。
- (問 4) 10 mol%のベンゼンを含む混合液を連続蒸留して、85 mol%以上のベンゼンを含む留出液を製造したい。解答欄の相図の作図により最小蒸留回数を決定しなさい。

ベンゼン-トルエン系の温度-組成線図



(余 白)

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
応用生命化学教育プログラム
応用物質化学教育プログラム

専門科目 I

解答紙表紙

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この表紙を開いてはいけません。
2. この冊子は、専門科目 I の解答紙を綴じたもので、表紙を含め9枚あります。
3. 試験中に、解答紙に落丁・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. 試験開始後、表紙も含め全ての解答紙の受験番号記載欄に受験番号を記載して下さい。
5. 試験時間終了までに、選択した3つの問題を「選択問題の申告」欄に○で示してください。○が正しく付けられていない場合には、採点されません。
6. 解答紙には、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載して下さい。
7. 試験終了後、表紙および選択しなかった問題の解答紙も含め、全解答紙を問題番号順に回収しますので、番号順に重ねて机の上に置いてください。

受験番号

選択問題の申告

| 問題 | 問題 1 | 問題 2 | 問題 3 | 問題 4 |
|------|------|------|------|------|
| 選択問題 | | | | |

※試験終了までに、選択した問題の欄に○を記入してください。

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 応用生命化学／応用物質化学教育プログラム

受験番号

問題 1 < その 1 >

1

| ア | イ | ウ | エ |
|---|------|---|---|
| オ | 計算過程 | | 答 |
| カ | 計算過程 | | 答 |
| キ | 計算過程 | | 答 |
| ク | 計算過程 | | 答 |
| ケ | 計算過程 | | 答 |
| コ | | | |
| サ | 計算過程 | | 答 |
| シ | | ス | |

※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
材料・応用化学専攻 応用生命化学／応用物質化学教育プログラム

受験番号

問題 1 < その 2 >

2

| | |
|------|----------------------------|
| (問1) | |
| (問2) | |
| (問3) | |
| (問4) | |
| (問5) | |
| (問6) | 計算過程 答 $\Delta E =$ |

※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
材料・応用化学専攻 応用生命化学／応用物質化学教育プログラム

受験番号

問題 2 < その 1 >

1

| | | | |
|------|-----|---------------------------|--------------------------------------|
| (問1) | | | |
| (問2) | | | |
| (問3) | | | |
| (問4) | | | |
| (問5) | (1) | 化学種 | 反応式 |
| | (2) | 計算過程（標準酸化還元電位 E° ） | 計算過程（ギブス自由エネルギー変化 ΔG° ） |
| | | 答 E° | 答 ΔG° |

※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
 材料・応用化学専攻 応用生命化学／応用物質化学教育プログラム

| |
|------|
| 受験番号 |
| |

問題 2 < その 2 >

2

| (問 1) | (問 2) |
|---|-------|
| <p style="text-align: center;"> N 原子 NO 分子 O 原子 ----- 常磁性 反磁性 </p> | |
| (問 3) | |
| (問 4) | |

| |
|----------------------|
| ※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
材料・応用化学専攻 応用生命化学／応用物質化学教育プログラム

受験番号

問題 3 < その 1 >

1

| | | | |
|------|------|------|------------|
| (問1) | 計算過程 | (問2) | 計算過程 |
| | 答 | | 答 NaX: HX: |

2

| | |
|------|-----------|
| (問1) | 計算過程 |
| | 答 (a) (b) |
| (問2) | 計算過程 |
| | 答 (a) (b) |

3

| | |
|------|------|
| (問1) | 計算過程 |
| | 答 |
| (問2) | 計算過程 |
| | 答 |

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点

2026年度

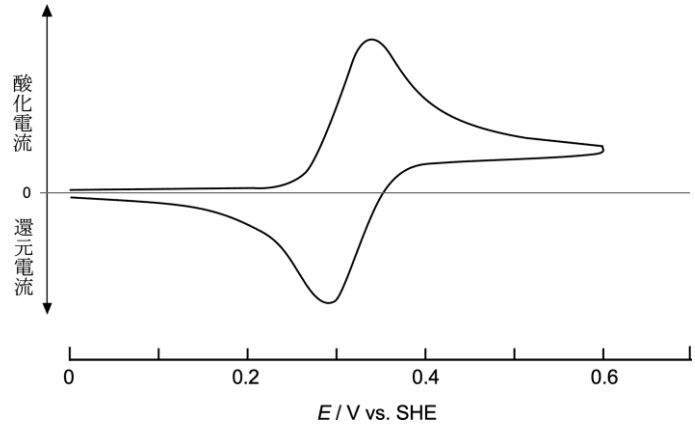
熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

材料・応用化学専攻 応用生命化学／応用物質化学教育プログラム

受験番号

問題 3 < その 2 >

4

| | | | | | | | | | |
|------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|
| (問1) |  | | | | | | | | |
| (問2) | a | | b | | c | | d | | e |
| (問3) | | | | | | | | | |

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点

2026年度

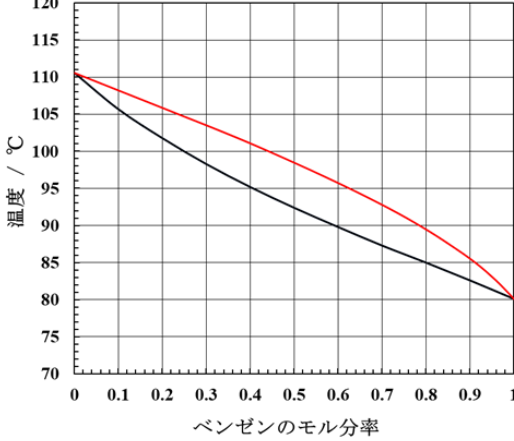
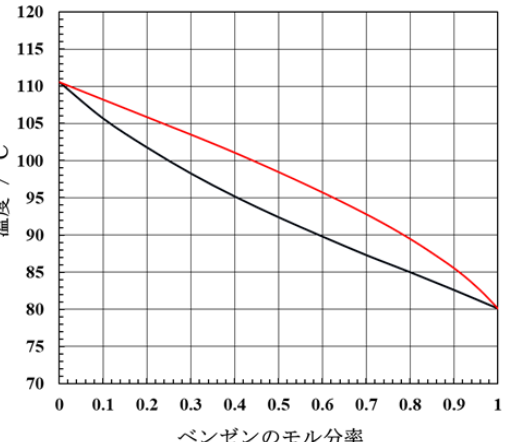
熊本大学大学院自然科学教育部（博士前期課程）入学試験

材料・応用化学専攻 応用生命化学／応用物質化学教育プログラム

受験番号

問題 4 < その 2 >

2

| | |
|------|--|
| (問1) | |
| (問2) | <p>答 $x =$ $y =$</p>  |
| (問3) | <p>導出過程</p> <p>答 $x_D =$</p> |
| (問4) | <p>答 回</p>  |

※受験者はこの欄に
記入しないこと

点